



BUNGA RAMPAI

FUTURE JAKARTA

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN KEBIJAKAN INOVATIF
UNTUK KOTA PINTAR**

TRANSPORTASI, ENERGI, HUKUM, PERTAHANAN, KEAMANAN,
TATA KELOLA PEMERINTAHAN



JILID 1
2024

BUNGA RAMPAI FUTURE JAKARTA

**Artificial Intelligence dan Kebijakan Inovatif Untuk Kota Pintar
Transportasi, Energi, Hukum, Pertahanan, Keamanan, Tata
Kelola Pemerintahan**

JILID 1

Prof. Dr. Juneman Abraham, S.Psi., M.Si., C.W.P., C.I.R.R.

Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, M.T., M.M., I.P.I., ASEAN Eng.

Prof. Dr. Andi Adriansyah., S.T. M.Eng.

Prof. Dr. Hj. Endang Purwaningsih, S.H., M.Hum., M.Kn.

Prof. Dr. Andriansyah, S.Sos., M.Si.

Dr. Lucky Nugroho, S.E., M.M., M.Ak., M.Sc

Yananto Mihadi Putra, S.E., M.Si

Adhy Purnama, S.E., MM.

Penerbit:

PT. Bina Cendikia Academy

BUNGA RAMPAI FUTURE JAKARTA

Artificial Intelligence dan Kebijakan Inovatif Untuk Kota Pintar

Transportasi, Energi, Hukum, Pertahanan, Keamanan, Tata Kelola Pemerintahan

JILID 1

Copyright/Hak Cipta* © 2025

Penulis:

Agus Trihandoyo, Alex Iskandar Munaf, Aryani Widyakusuma, Basri Fahriza, Ben Rahman, dkk

Editor:

Prof. Dr. Juneman Abraham, S.Psi., M.Si., C.W.P., C.I.R.R.

Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, M.T., M.M., I.P.I., ASEAN Eng.

Prof. Dr. Andi Adriansyah., S.T. M.Eng.

Prof. Dr. Hj. Endang Purwaningsih, S.H., M.Hum., M.Kn.

Prof. Dr. Andriansyah, S.Sos., M.Si.

Dr. Lucky Nugroho, S.E., M.M., M.Ak., M.Sc

Yananto Mihadi Putra, S.E., M.Si

Adhy Purnama, S.E., MM.

Desain Sampul:

Andika Hegar Syahbowo

Rani Utami

Vianty Rahayu

Sekretariat:

Andika Hegar Syahbowo,

Latisha Nazahira Kubebity

ISBN : 978-623-10-7182-8

Cetakan Pertama, 2024

Ukuran: 15,5 x 23 cm; vii + 838

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta Republik Indonesia, dilarang menduplikasi, memfotokopi, dan memperbanyak sebagian atau seluruh bagian buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.

Penerbit:

PT. Bina Cendikia Academy

The Manhattan Square, Floor 12th, Jl. TB Simatupang, RT.3/RW.3, East Cilandak, Pasar Minggu, South Jakarta, Jakarta

Telp. +62 851-7957-7876 (WhatsApp)

contact@bacadulu.net

<https://publisher.bacadulu.net/>

Diterbitkan oleh **PT. Bina Cendikia Academy** bekerjasama dengan **Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III**

BUNGA RAMPAI FUTURE JAKARTA

Artificial Intelligence dan Kebijakan Inovatif Untuk Kota Pintar Transportasi, Energi, Hukum, Pertahanan, Keamanan, Tata Kelola Pemerintahan JILID 1

Disclaimer

Nama tokoh, tempat dan kejadian yang ada dalam buku ini merupakan rekaan. Jika ada kesamaan pada kehidupan nyata, hal ini hanya kebetulan. Adapun penulisan nama tokoh, tempat, dan kejadian yang berhubungan dengan sejarah dan ilmu pengetahuan faktual lainnya, sesuai dengan referensi yang kami rujuk.

KETENTUAN PIDANA SANKSI PELANGGARAN

Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014

Tentang Hak Cipta

Pasal 8

Hak ekonomi termasuk hak eksklusif pencipta untuk mendapatkan hak ekonomi atas ciptaannya

Pasal 9

- (1) Pencipta atau Pemegang Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 memiliki hak ekonomi untuk melakukan:
 - a. penerbitan Ciptaan;
 - b. Penggandaan Ciptaan dalam segala bentuknya;
 - c. penerjemahan Ciptaan;
 - d. pengadaptasian, pengaransemenan, atau pentransformasian Ciptaan;
 - e. Pendistribusian Ciptaan atau salinannya;
 - f. pertunjukan Ciptaan;
 - g. Pengumuman Ciptaan;
 - h. Komunikasi Ciptaan; dan
 - i. penyewaan Ciptaan.
- (2) Setiap Orang yang melaksanakan hak ekonomi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib mendapatkan izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta

Pasal 113

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Dalam rangka meningkatkan mutu buku, masyarakat sebagai pengguna buku diharapkan dapat memberikan masukan kepada alamat penulis dan/atau penerbit atau melalui email : publisher@bacadulu.net

***Isi diluar tanggung jawab penerbit**

SAMBUTAN

Dengan mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, LLDIKTI Wilayah III dengan bangga mempersembahkan bunga rampai yang berjudul "**Future Jakarta: Artificial Intelligence dan Kebijakan Inovatif Untuk Kota Pintar**". Buku ini merupakan hasil kerja keras dan kolaborasi dosen dari berbagai perguruan tinggi di wilayah III, dan berbagai pihak yang memiliki komitmen untuk menjadikan Jakarta sebagai kota pintar yang inovatif dan berkelanjutan.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat telah membawa kita ke era baru di mana kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) memainkan peran yang semakin penting dalam berbagai aspek kehidupan. Di tengah tantangan urbanisasi yang kompleks, konsep *Smart City* atau Kota Pintar menjadi solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, efisiensi pemerintahan, serta keberlanjutan lingkungan.

Jakarta, sebagai ibu kota negara dan pusat ekonomi Indonesia, menghadapi berbagai tantangan besar seperti kemacetan lalu lintas, polusi udara, pengelolaan sampah, dan kebutuhan akan layanan publik yang lebih efisien. Implementasi teknologi kecerdasan buatan dalam kerangka *Smart City* menawarkan peluang untuk mengatasi tantangan-tantangan ini dengan cara yang inovatif dan efektif.

Bab dalam buku ini menyajikan berbagai perspektif tentang penerapan AI di Jakarta, mulai dari analisis data lalu lintas untuk mengurangi kemacetan, penggunaan sensor pintar untuk monitoring kualitas udara, hingga penerapan chatbot dan sistem AI dalam layanan publik untuk meningkatkan interaksi antara pemerintah dan warga. Setiap bab ditulis oleh para ahli yang memiliki pemahaman mendalam tentang teknologi AI dan penerapannya di lingkungan perkotaan.



Kami berharap, buku ini dapat memberikan wawasan yang mendalam dan inspirasi bagi pembuat kebijakan, peneliti, dan praktisi di bidang teknologi informasi dan manajemen kota. Kami juga berharap bahwa buku ini dapat mendorong lebih banyak inisiatif dan kolaborasi untuk mengembangkan Jakarta menjadi kota yang lebih pintar, lebih hijau, dan lebih manusiawi. Tidak lupa, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua penulis, tim editor, sekretariat dan kontributor yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pemikirannya dalam penyusunan buku ini. Kami juga berterima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung penerbitan buku ini. Akhir kata, semoga buku ini dapat bermanfaat dan menjadi kontribusi nyata dalam perjalanan Jakarta menuju Smart City yang sesungguhnya.

Prof. Dr. Toni Toharudin, S.Si., M.Sc

KATA PENGANTAR

Kebutuhan akan kecerdasan buatan (AI) dalam pembangunan sebuah kota menunjukkan aspirasi manusia untuk menciptakan lingkungan yang lebih harmonis. Sejalan dengan perkembangan peradaban, manusia senantiasa mencari cara baru untuk mengoptimalkan kehidupan bersama dalam masyarakat dengan menjembatani keterbatasan kemampuan individu dan kolektif. Dalam konteks ini, AI dapat kita pandang sebagai perpanjangan dari kemampuan manusia untuk memahami, meramalkan, dan mengendalikan kompleksitas kehidupan perkotaan.

AI juga mencerminkan keinginan manusia untuk mengatasi keterbatasannya, baik dalam hal kapasitas kognitif maupun waktu. Dengan menganalisis data pada saat itu juga (*real-time*) dan memberikan solusi cerdas, AI memungkinkan kita untuk menanggapi berbagai perubahan dan tantangan dengan cara yang lebih cepat dan efektif. Tidak hanya itu, penerapan AI dalam kota mengindikasikan upaya untuk mencapai keseimbangan antara kemajuan teknologi dan etika serta antara efisiensi dan keberlanjutan. Kita hendak menciptakan masyarakat yang lebih adil dan berdaya, di mana teknologi tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan kenyamanan, tetapi juga memperkuat nilai-nilai kemanusiaan dan etika dalam kehidupan sehari-hari.

Secara operasional, AI memiliki peran penting dalam pembangunan kota modern di berbagai sektor yang diuraikan dalam buku ini. Dalam sektor transportasi, misalnya, AI dapat membantu mengoptimalkan lalu lintas dan mendukung pengembangan kendaraan otonom, mengurangi kemacetan dan meningkatkan keselamatan.

Pada sektor energi, AI memfasilitasi pengelolaan jaringan listrik dan penggunaan energi terbarukan secara tepat guna, mengurangi risiko pemadaman dan emisi karbon. AI mempercepat analisis dokumen hukum dan membantu prediksi putusan pada sektor hukum. AI digunakan untuk pengawasan, deteksi ancaman, dan respons cepat terhadap insiden keamanan dalam bidang hankam. Dalam tata laksana pemerintahan, AI mendukung pengambilan keputusan yang lebih responsif dan efektif pada layanan publik. Teknologi ini memungkinkan otomatisasi berbagai layanan, seperti administrasi dokumen, serta pengelolaan kota cerdas melalui optimasi infrastruktur dan sumber daya.

Pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) dalam pembangunan kota memang memiliki potensi besar, sebagaimana terungkap sebagian kecil di atas, tetapi juga menghadirkan tantangan tersendiri. Privasi data menjadi isu sentral. Implementasi AI memerlukan akses data yang luas, namun hal ini menimbulkan kecemasan tentang privasi warga kota. Pemerintah dan aktor-aktor yang mengimplementasikan AI perlu memastikan perlindungan data yang memadai. Demikian pula, keandalan algoritma menjadi pertimbangan penting. Sebaik-baiknya AI hanyalah sebatas algoritma yang mendasarinya. Ketidakakuratan atau bias dalam algoritma dapat menghasilkan keputusan yang merugikan bagi warga kota.

Lebih lanjut, integrasi AI dengan kebijakan pemerintah perlu diperhatikan. Tidak semua

keputusan dapat diotomatisasi, dan kita perlu bernavigasi antara keterpukauan dan hasrat menggunakan teknologi terkini dan apresiasi terhadap kebijakan "konvensional/tradisional". Partisipasi masyarakat pun menjadi faktor kunci. Pembangunan kota yang berkelanjutan jelas memerlukan partisipasi aktif warga. Penggunaan AI wajib melibatkan masyarakat agar solusi yang dihasilkan lebih relevan dan berterima.

Buku yang ditulis oleh para dosen dan peneliti dari perguruan tinggi di lingkungan LLDikti Wilayah 3 ini memberikan legasi penting dalam konteks ilmiah dan praktis. Buku ini merupakan sumber pengetahuan yang kredibel dan terperinci, memberikan pemahaman mendalam tentang konsep-konsep, teknologi, dan tantangan yang terkait dengan AI. Dengan menghadirkan informasi berdasarkan penelitian terbaru dan pengalaman praktis, buku ini membantu pembaca mengurai kompleksitas, potensi, dan sisi-sisi tak terduga dari teknologi AI.

Buku ini juga berfungsi sebagai jembatan antara dunia akademis dan praktisi. Para penulis buku ini secara antusias menyampaikan temuan berbagai kajian maupun riset lapangan ke pembaca dan pengguna yang lebih luas, termasuk pembuat kebijakan, praktisi industri, dan masyarakat umum.

Isi buku ini secara umum membantu dalam membangun *mindset* bersama tentang paradoks AI. Yakni bagaimana AI dapat bermanfaat untuk mengatasi tantangan perkotaan, meningkatkan efisiensi, dan menciptakan kota yang lebih inklusif; dengan sekaligus menyadari bahwa ketergantungan yang terlalu besar pada teknologi ini berisiko mengabaikan pengetahuan lokal dan kebijakan yang lebih luas. Paradoks ini mendorong kita semua, khususnya yang berkiprah di wilayah kebijakan publik, untuk memastikan keseimbangan antara manfaat dan risiko AI untuk mencapai pembangunan kota yang berkelanjutan

Selaku penyunting buku ini, saya lebih-lebih berharap agar buku ini mendorong diskusi kritis dan refleksi etis tentang dampak sosial, ekonomi, dan politik dari teknologi AI, dan sebagai implikasinya, memberikan landasan untuk dialog dan pengambilan keputusan yang lebih berbasis bukti di masyarakat – yang kini mulai terasa langka di era populisme dan pascakebenaran (*post-truth*) ini.

Selamat menikmati buku ini!

Jakarta, Agustus 2024
Prof. Dr. Juneman Abraham
Penyunting



DAFTAR ISI

Future Jakarta: Artificial Intelligence dan Kebijakan Inovatif untuk Kota Pintar

KLASTER TRANSPORTASI & ENERGI

- 1. REVITALISASI JAKARTA: ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN DIGITAL TWIN UNTUK PENGELOLAAN LALU LINTAS DAN TRANSPORTASI EFISIEN**
Agus Trihandoyo*, Nita Marlina 18-30
- 2. MEMACU PERUBAHAN: MEMANFAATKAN AI UNTUK MENGATASI TANTANGAN TRANSPORTASI JAKARTA DARI PERSPEKTIF SUMBER DAYA & REGULASI**
Alex Iskandar Munaf*, Deddy Mahyarto K 31-40
- 3. MEMBUAT BANGUNAN PINTAR MENJADI LEBIH PINTAR DENGAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE**
Aryani Widyakusuma* 41-55
- 4. EFISIENSI ENERGI PADA BANGUNAN MELALUI OTOMATISASI SISTEM PENDINGIN BERBASIS AI**
Aryani Widyakusuma* 56-69
- 5. MENINGKATKAN EFISIENSI DAN PENGALAMAN PENUMPANG DALAM TRANSPORTASI PUBLIK JAKARTA MELALUI PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN**
Basri Fahriza*, Ahmad Faisal, Intan Maesti 70-78
- 6. PENERAPAN IOT DALAM MENGATASI KEMACETAN LALU LINTAS PADA PUTAR BALIK JALAN RAYA**
Ben Rahman*, Septi Andryana, Aris Gunaryarti 79-67
- 7. REVOLUSI SMART PARKING SYSTEM DI JAKARTA**
Yulius Denny Prabowo*, Dina Fitria Murad, Maria Loura C 89-106
- 8. ANALISIS OPINI MASYARAKAT TERHADAP PENERAPAN ELECTRONIC ROAD PRICING MENGGUNAKAN MODEL BIDIRECTIONAL ENCODER REPRESENTATIONS FROM TRANSFORMERS**
Elly Gautama*, Lucia Sri Istiyowati, M. Isnin Faried, Agnes Novita 107-129
- 9. MODEL LALU LINTAS CERDAS BERBASIS KOMUNIKASI V2V TANPA MEMBANGUN INFRASTRUKTUR ROAD SIDE UNIT (STUDI KASUS KOTA JAKARTA)**
Ketut Bayu Yogha*, Tri Kuntoro P, Yaddarabullah 130-146

- 10. TRANSFORMASI PARKIR PINTAR DENGAN IMPLEMENTASI TITIK TERDEKAT MENUJU SMART CITY JAKARTA**
Luthfi Atikah*, Dwi Diana W., Rosa Eliviani, Fahriel Dwi Faldi 147-169
- 11. PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM SISTEM PANDUAN PERJALANAN WARGA SUBURBAN MENUJU JAKARTA**
M. Isnin Faried*, Elliana Gautama, Agnes Novita I.S 170-179
- 12. INTEGRASI KECERDASAN BUATAN DALAM TRANSPORTASI UMUM JAKARTA MENUJU EFISIENSI, KEANDALAN, DAN PENURUNAN POLUSI**
Mochammad Kresna Noer * 180-191
- 13. PEMBANGUNAN KOTA JAKARTA YANG BERKELANJUTAN MELALUI INTEGRASI AI DALAM SEKTOR ENERGI DAN TRANSPORTASI**
Mustika Sari*, Indriyati, Lut Mafrudoh 192-205
- 14. IMPLEMENTASI SMART PARKING BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN PARKIR DI DKI JAKARTA**
Nita Merlina *, Agus Trihandoyo, Nissa Almira M., Daning Nur S.s 206-216
- 15. AI SEBAGAI PENDETEKSI KAPASITAS PENUMPANG TRANSPORTASI UMUM YANG NYAMAN DAN AMAN DI JAKARTA**
Paulus Raga*, Muhammad Fahmi Arsyad, Rudy Max Damara Gugat 217-227
- 16. DELIVERY DRONE SEBAGAI SUBSTITUSI OJOL DALAM MENGURANGI KEMACETAN KECELAKAAN DAN POLUSI UDARA DI JAKARTA**
Paulus Raga*, Eddy Miyanto, Veronica 228-238
- 17. TRANSFORMASI SMART TRANSPORTATION DI JAKARTA: PRAKTIK, TANTANGAN, DAN PELUANG**
Rosa Eliviani*, Dwi Diana, Luthfi Atikah, Fahriel Dwifaldi 239-258
- 18. TRANSPORTASI AMAN: PENERAPAN INTEGRASI AI UNTUK KESELAMATAN PENUMPANG DI JAKARTA**
Siska Amonalisa S*, Veronica, Yulianti Keke 259-243
- 19. IKHTISAR SOLUSI ENERGI DAN TRANSPORTASI MASA DEPAN UNTUK JAKARTA YANG LEBIH SMART DAN BERKELANJUTAN**
Wynd Rizaldy*, Lis Lesmini, Abdullah Ade S. 277-295
- 20. ENERGI BARU, KOTA BARU: TRANSFORMASI MENUJU SMART CITY JAKARTA**
Dian Samodrawati*, Agus Kiswantono, Saidah 296-313

21. PENERAPAN PLAFON DIGITAL BERBASIS AI UNTUK PENGEMBANGAN KOTA CERDAS YANG BERKELANJUTAN	
Toto Widyanto*, Ravie Kurnia Laday, Purwanto	314-342
22. TEKNOLOGI HAND SENSOR DI HALTE UNTUK EFISIENSI WAKTU TUNGGU PENUMPANG DI HALTE BUS JAKARTA	
Ida Deliyarti Agustina *	343-354
23. MODEL PREDIKSI TINGKAT KEAUSAN KOMPONEN MOBIL BUS DAN TRUK MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING	
Ilvico Sonata*, Cuk Tho	355-364
24. MACHINE VISION UNTUK INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM: PRAKTIK, TANTANGAN, DAN PELUANG UNTUK KOTA JAKARTA	
Indra Setiawan*, Neilinda Novita Aisa, Pramana Sidik, Deni Nur Faizin	365-375
25. STRATEGI DATA MINING UNTUK KETAHANAN ENERGI DAN AIR DI JAKARTA	
Luky Fabrianto*, Novianti Madhona Faizah, Johan Hendri Prasetyo, Gani Wiharso	376-385
26. TEKNOLOGI JAKET BOAT: GERBANG MENUJU SURGA KEPULAUAN SERIBU DALAM GENGGMAN	
Primadi Candra Susanto*, Sarinah Sihombing, Irwan Chairuddin, Euis Saribanon	386-364
27. PENERAPAN PERANGKAT LUNAK BARU BERUPA AUTOMATION TRAFFIC LIGHT DAN IDENTIFIKASI LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)	
Wiwiek Mardawiyah Daryanto*, Yoel Mego Hastomo	399-406
28. POINT TO POINT AUTONOMOUS DRONE MENGGUNAKAN MODUL 5G SEBAGAI SOLUSI LOGISTIK KOTA PINTAR	
Radix Rascalía*, Muhammad Hanif A., Prabowo Larasakti	407-416
29. STRATEGI PENURUNAN BEBAN BIAYA LISTRIK SEKTOR PENDIDIKAN MELALUI IMPLEMENTASI PROGRAM MANAJEMEN ENERGI SEKOLAH (MES) BERKELANJUTAN	
Reza Abdu Rahman*, Adi Wahyu Pribadi, Aulia Keiko H.	417-438
30. SISTEM PENERANGAN ADAPTIF UNTUK HEMAT ENERGI PADA RUANG GEDUNG MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING	
Robby Kurniawan Harahap*, Antonius Irianto Sukowati, Widyastuti, Raden Ayu Sekar Ciptaning Anindya	439-452
31. OPTIMALISASI TRANSPORTASI PUBLIK DI DKI JAKARTA DENGAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
Bertinus Simanihuruk*, Hikma Dewita, Herlina Trisnawati, Jihaan Jamilah	453-467

32. TANTANGAN ENERGI DAN TRANSPORTASI KOTA JAKARTA CERDAS BERKELANJUTAN BERBASIS AI

Siti Maemunah*, Yuliantini, Lira Agusinta, M. Rafi Casey S.

468-487

33. PENGARUH PENAMBAHAN LAPISAN AKTIF PADA STRUKTUR SEL SURYA A-Si:H TERHADAP EFISIENSI MENGGUNAKAN RF-PECVD

Soni Prayogi*

488-467

34. PEMANTAUAN ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN ESP32, NODE-RED, INFLUXDB: STUDI KASUS

Waluyo Nugroho*, Afianto, Mada Jimmy Fonda Arifianto, Syahril Ardi

502-512

35. SISTEM MONITORING STASIUN PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK UMUM BERBASIS KECERDASAN BUATAN UNTUK MEMBANGUN EKOSISTEM KENDARAAN LISTRIK

Yohanes Climacus S*, Rusdi Febriyanto, Afitro Adam N, Jeremi E. S.

513-493

**KLASTER HUKUM, PERTAHANAN & KEAMANAN,
TATA KELOLA PEMERINTAHAN**

36. AI DALAM KOMUNIKASI SMART CITY: TRANSFORMASI KOMUNIKASI MASYARAKAT DENGAN PEMERINTAH DI ERA DIGITAL

Aan Widodo*, Diah Ayu Permatasari

528-535

37. NORMA DAN ETIKA KECERDASAN BUATAN DALAM PEMBANGUNAN KOTA PINTAR

Arif R. Dwiyanto*, Nurfiyah, Yoana Nurul Asri

536-543

38. REGULASI & KONTRIBUSI AI: MEWUJUDKAN INKLUSIVITAS TEKNOLOGI DALAM TRANSPORTASI JAKLINGKO UNTUK PENYANDANG DISABILITAS

Firman*, Wagiman

545-562

39. PERSPEKTIF ETIS KEBIJAKAN PUBLIC SECURITY BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DI JAKARTA

Simon P. Wenehenubun*, Adrianus Meliala, Ferry Doringin

563-574

40. MENGOPTIMALKAN POTENSI ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENYARING UJARAN KEBENCIAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NAIVE BAYES

Dwi Atmodjo, Winny Purbaratri*, Dandan Dwi, Pratiwi

575-585

41. DECISION INTELLIGENCE: KLASIFIKASI PENGADUAN BERBASIS MACHINE LEARNING UNTUK MENINGKATKAN LAYANAN MASYARAKAT SECARA BERKELANJUTAN

Evaristus Didik M*, Hendro Nindito, Debri Pristinella

586-595

- 42. ANALISIS DAMPAK PENERAPAN TEKNOLOGI KECERDASAN BUATAN PADA MANAJEMEN LAYANAN PUBLIK DI DKI JAKARTA**
Franky*, Budiharjo, T. Herry Rachmatsyah, Watriningsih 596-602
- 43. MENDORONG IMPLEMENTASI KEBIJAKAN SATU DATA MENGGUNAKAN AI UNTUK TATA KELOLA PEMERINTAHAN TERINTEGRASI BERBASIS SMART CITY**
Imelda*, Elizabeth Nurmiyati Tamatjita, Aditya Wikan Mahastama 603-610
- 44. ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM TRANSFORMASI TATA KELOLA PEMERINTAH YANG INKLUSIF**
Muhammad Lukman Hakim*, Nita Aribah Hanif 611-602
- 45. MODEL HUKUM CYBER SECURITY UNTUK PENINGKATAN KEAMANAN DIGITALISASI TANDA TANGAN DI INDONESIA**
Tri Ginanjar Laksana*, Prio Kustanto, Wowon Priatna. Asep Ramdhani Mahbub 637-656
- 46. SELF-SERVICE ANALYTICS UNTUK PELAYANAN PUBLIK PEMPROV JAKARTA YANG LEBIH BAIK: POTENSI DAN TANTANGAN**
Akhmad Unggul Priantoro*, Achmad Solichin, Mufti, Handri Santoso 657-670
- 47. MEMBANGUN PROFIL KRIMINAL DENGAN TEKNOLOGI AI**
Anggriani Wau M. H.* 671-650
- 48. SOLUSI UNGGUL BERBASIS KECERDASAN BUATAN, KOMPRESI DATA DAN COMPUTER VISION UNTUK JAKARTA SMART CITY**
Mauritz Panggabean* 685-704
- 49. PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) PADA KONSEP PEMBANGUNAN JAKARTA MENUJU SMART CITY DALAM PERSPEKTIF SOSIOLOGI HUKUM**
St. Laksanto Utomo*, Fajar Hidayat, Gatot Rambli Hastoro 705-716
- 50. TREND TEKNOLOGI SIBER MASA DEPAN UNTUK PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN SMART CITY JAKARTA**
Ucuk Darusalam1*, Ratih Anggoro Wilis, Novi D. Nathasia, Cian R Hassolthine 717-739
- 51. FORMULASI KEBIJAKAN PEMERINTAH & KESIAPAN PERANGKAT HUKUM DALAM MENANGGULANGI KEJAHATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)**
Wahyu Nugroho*, Fahririn 740-719

**52. MANFAAT TEKNOLOGI AI DALAM PENGEMBANGAN SMART CITY JAKARTA
MENJADI KARYA NUSANTARA**

Taufiqurokhman*, Lira Agusinta, Djoni Gunanto, Dida Nurhaida

755-785

**53. KEAMANAN WILAYAH DALAM ERA DIGITAL: PEMANFAATAN AI UNTUK ANALISIS
DATA DAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM KAJIAN KEAMANAN DI JAKARTA**

Syahrul Awal*, Arsenius Wisnu Aji Patria Perkasa

786-797

**54. PEMANFAATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PROSES PEMBERDAYAAN
HUKUM UNTUK PERTAHANAN DIRI DAN KEAMANAN KOMUNITAS**

Syahrul Awal*, Agung Permadi

798-808

**55. PERENCANAAN DAN ZONASI WILAYAH BERKELANJUTAN DENGAN
PEMANFAATAN SEGMENTASI SEMANTIK PENUTUP LAHAN BERBASIS DEEP
LEARNING**

Herlawati*, Yaya Heryadi, Haryono Soeparno, Rahmadya Trias Handayanto

809-819

56. PENDETEKSIAN KORUPSI DENGAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Haryono Umar, Markonah*, Annathasia Puji Erasashanti,
Hikmah Abdul Rachman

820-857

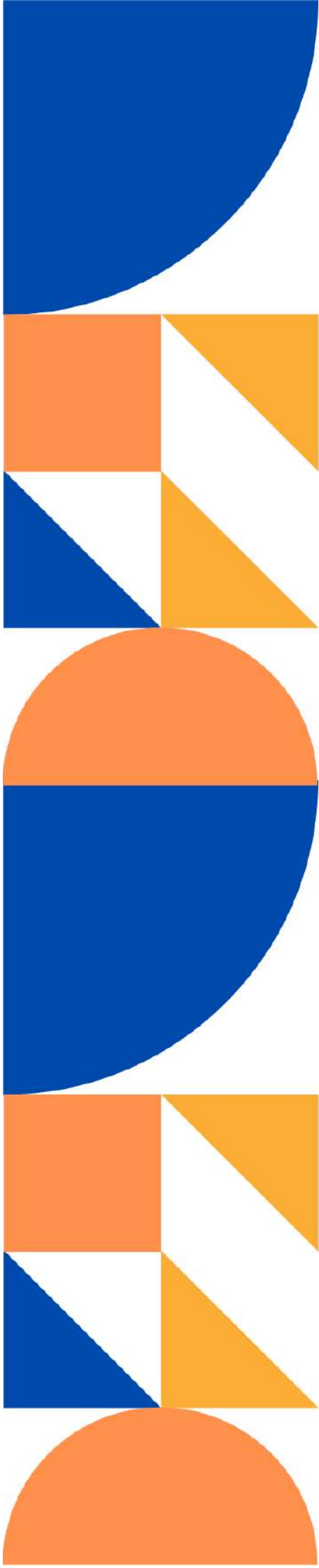
SINOPSIS

Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pemimpin dalam pengembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) di Asia Tenggara. Peluang ini didukung oleh keunggulan Indonesia dalam penerapan AI di sektor publik dan bisnis, potensi pasar yang besar bagi investasi pengembangan AI dalam negeri, serta tingginya hasil riset tentang AI. Sebagai ibu kota dan pusat ekonomi Indonesia, Jakarta berada di garis depan dalam menghadapi tantangan urbanisasi yang kompleks, seperti kemacetan lalu lintas, polusi udara, pengelolaan sampah, dan kebutuhan layanan publik yang efisien.



Buku ini mengeksplorasi secara komprehensif bagaimana AI dapat menjadi solusi inovatif untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat Jakarta. Dalam konteks Revolusi Industri 4.0, penggunaan AI menawarkan peluang besar namun juga menghadirkan tantangan dinamis, termasuk dalam hal regulasi, privasi data, dan integrasi teknologi dengan infrastruktur yang ada. Para penulis buku ini adalah dosen-dosen di lingkungan LLDikti Wilayah III yang berkompeten di

bidangnya masing-masing. Mereka berupaya untuk menyusun kajian-kajian mendalam yang tidak hanya menggambarkan potensi AI, tetapi juga menawarkan usulan kebijakan yang dapat diterapkan oleh pemerintah DKI Jakarta. Melalui pendekatan yang bersifat citizen-centric, buku ini memberikan rekomendasi tentang bagaimana AI dapat digunakan untuk mempercepat dan meningkatkan kualitas pelayanan publik. Dengan mengedepankan pengambilan keputusan berbasis data yang relevan dengan perkembangan teknologi terkini, diharapkan kebijakan yang disusun dapat berkontribusi pada pembangunan Jakarta sebagai Smart City yang tangguh dan responsif terhadap kebutuhan warganya. Buku ini diharapkan menjadi referensi penting bagi pengambil kebijakan, akademisi, dan praktisi yang terlibat dalam pengembangan AI di kota-kota besar, khususnya dalam upaya menjadikan Jakarta sebagai contoh utama penerapan teknologi cerdas di Asia Tenggara.



REVITALISASI JAKARTA: ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN DIGITAL TWIN UNTUK PENGELOLAAN LALU LINTAS DAN TRANSPORTASI EFISIEN

Agus Trihandoyo^{1*}, Nita Merlina²

¹ Universitas Siber Indonesia Jakarta

² Universitas Nusa Mandiri Jakarta

e-mail: agus.trihandoyo@cyber-univ.ac.id

PENDAHULUAN

Jakarta adalah kota yang dinamis dan berkembang pesat. Sebagai pusat ekonomi, Jakarta merupakan rumah bagi lebih dari 10 juta warga dan terus bertambah dengan laju pertumbuhan tahunan sekitar 0,92% (Badan Pusat Statistik, 2020). Urbanisasi yang terlalu cepat telah menyebabkan berbagai permasalahan, terutama kemacetan lalu lintas yang parah sehingga mengakibatkan kerugian ekonomi hingga 100 triliun Rupiah per tahun (CNBC Indonesia [Internet], 2024). Kemacetan lalu lintas bukanlah masalah yang berdiri sendiri, melainkan salah satu gejala dari tantangan urbanisasi yang lebih besar. Pertumbuhan dan urbanisasi yang cepat telah menimbulkan tantangan sosial ekonomi di banyak sektor, termasuk transportasi. Kemacetan lalu lintas berkontribusi pada peningkatan polusi dan pemborosan energi. Situasi ini membutuhkan solusi yang mendesak dan inovatif. Dalam beberapa tahun terakhir, konsep *smart city* diusulkan sebagai solusi potensial untuk mengatasi masalah perkotaan. *Smart city* memanfaatkan teknologi dan data digital untuk meningkatkan kualitas pelayanan perkotaan, mengurangi biaya, dan menghubungkan warga (Gracias, Parnell, Specking, Pohl, & Buchanan, 2023; Sharifi, Allam, Bibri, & Khavarian-Garmsir, 2024). Pemerintah daerah DKI Jakarta telah memulai proyek Jakarta Smart City (Syalianda & Kusumastuti, 2021) yang bertujuan untuk mentransformasi kota menjadi model *smart city* yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, integrasi teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dan *Digital Twin* (DT) berpotensi mengubah Jakarta menjadi model yang diinginkan. Integrasi AI dan DT dalam perencanaan kota dan manajemen lalu lintas telah menjadi bidang penting penelitian dan pengembangan secara global, didorong oleh kebutuhan untuk mengatasi kompleksitas urbanisasi dan meningkatnya tuntutan pada infrastruktur perkotaan. Penelitian terkini menekankan pentingnya AI dan DT dalam perencanaan serta manajemen kota. Penerapan AI dan DT sangat efektif dalam mengatasi permasalahan lalu lintas perkotaan. Sistem manajemen lalu lintas berbasis AI mampu menganalisis data lalu lintas secara *real-time* untuk mengoptimalkan lamanya waktu lampu lalu lintas, menyediakan informasi kepada pengemudi tentang prediksi lalu lintas, kecelakaan, atau penyumbatan jalan, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja dan efisiensi jaringan jalan secara keseluruhan (Hämäläinen, 2020b). Sistem AI ini memanfaatkan kemampuan *machine learning* (ML) untuk menganalisis *big data* dari berbagai sumber, termasuk sensor, kamera, dan kendaraan yang terhubung (Calvio, Jindal, Bujari, Aujla, & Foschini, 2023). ML memungkinkan sistem secara dinamis menyesuaikan waktu lampu lalu lintas berdasarkan kondisi lalu lintas, memastikan waktu yang optimal untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi kemacetan. ML "belajar" dari pola lalu lintas, perilaku pejalan kaki, dan pengalaman lainnya, secara terus-menerus menyempurnakan modelnya dan, pada akhirnya, meningkatkan keselamatan jalan raya.

Area lain di mana AI mengubah manajemen lalu lintas adalah di bidang pemantauan dan analisis lalu lintas secara *real-time*. Model AI dapat dirancang untuk menjalankan analisis berdasarkan data lalu lintas historis dan *real-time*, mengkonsolidasikan data untuk memahami pola dan tren arus lalu lintas. Analisis prediktif ini digunakan untuk meramalkan kondisi masa depan, memungkinkan alokasi sumber daya yang lebih efektif dan optimalisasi rute untuk meminimalkan kemacetan lalu lintas. Integrasi AI juga memungkinkan pengembangan sistem kontrol sinyal lalu lintas adaptif. Sistem ini dapat mengidentifikasi kondisi permintaan puncak dan menyesuaikan waktunya, mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan dengan menempatkan prioritas pada jalan dengan lalu lintas tinggi. Pemanfaatan AI dalam manajemen lalu lintas tidak terbatas pada pengoptimalan waktu sinyal lalu lintas. AI juga dapat digunakan untuk deteksi dan manajemen insiden, di mana sistem berbasis AI dapat

mengidentifikasi dan mendeteksi insiden lalu lintas seperti kecelakaan, deteksi pengemudi yang salah arah, kelebihan kecepatan, atau penyumbatan jalan. Informasi ini dapat digunakan untuk segera mengirim personil ke lokasi dan memastikan respons yang cepat, serta untuk mempercepat tindakan tambahan seperti mengubah rute lalu lintas dari area tersebut.

Sementara, DT merupakan replika digital dari infrastruktur fisik kota, yang memungkinkan perencanaan dan analisis skenario lalu lintas (Deren, Wenbo, & Zhenfeng, 2021). DT dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario lalu lintas, memungkinkan prediksi dampak strategi manajemen yang berbeda sebelum diterapkan secara fisik (Kusumawati, Setiawan, & Suryanegara, 2017). Teknologi ini mendapatkan popularitas di bidang manajemen transportasi, khususnya dalam rangka mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan. Salah satu artikel membahas integrasi DT dengan *Game Engine* dan alat simulasi lalu lintas untuk memodelkan kondisi lalu lintas dunia perkotaan (Wang, Han, & Tiwari, 2021). Kerangka kerja ini, yang mencakup penggunaan SUMO (Simulasi Mobilitas Perkotaan), alat simulasi lalu lintas multi-modal *open source*, portabel, mikroskopis dan berkelanjutan yang dirancang untuk menangani jaringan besar (Calvio et al., 2023) dan *Game Engine* Unity (Wang et al., 2021), engine lintas platform, memungkinkan untuk penciptaan lingkungan virtual yang secara akurat mereplikasi dinamika lalu lintas kota. Simulasi ini kemudian digunakan untuk menguji strategi manajemen lalu lintas, seperti menyesuaikan waktu lampu lalu lintas atau menerapkan sistem manajemen jalur, sebelum diterapkan secara fisik. Pendekatan ini memungkinkan perencana untuk memprediksi dampak dari strategi baru pada arus lalu lintas dan kemacetan, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat.

Integrasi teknologi AI dan DT telah diterapkan di berbagai kota di dunia dan menunjukkan potensinya untuk memperbaiki kondisi lalu lintas dan meningkatkan kualitas hidup warga (Mehmood et al., 2017). Tulisan ini bertujuan untuk mengeksplorasi kemampuan dari teknologi ini, mengidentifikasi peluang untuk penerapannya, dan mendiskusikan strategi untuk keberhasilan implementasinya dalam konteks kota Jakarta. Kita akan mengkaji konsep AI dan DT, aplikasinya dalam pengelolaan lalu lintas dan transportasi umum, serta tantangan dan peluang yang terkait dengan implementasinya. Makalah ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi perencana kota, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan lainnya yang terlibat dalam upaya revitalisasi kota.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah merangkum literatur mutakhir tentang pemanfaatan teknologi AI dan DT dalam manajemen lalu lintas perkotaan dan daftar artikel terpilih serta kontribusi utamanya. Ringkasan literatur disediakan dalam Tabel 1, yang mencakup dua kolom: (a) Referensi, yang berisi tautan ke pustaka dan (b) Kontribusi Utama, yang memberikan ringkasan singkat tentang kontribusi utama publikasi tersebut. Tujuan utama meringkas literatur yang relevan adalah untuk menilik kontribusi akademis dan industri terhadap pemanfaatan teknologi AI dan DT dalam manajemen lalu lintas perkotaan.

Dalam menyusun ringkasan ini, pencarian sistematis dilakukan pada publikasi yang relevan menggunakan berbagai mesin pencari literatur, seperti Google Scholar, Semantic Scholar, dan ResearchGate. Pencarian ini, yang dilakukan pada April - Mei 2024, menghasilkan beberapa publikasi, yang diyakini mewakili keadaan terkini di bidang ini.

Tabel 1. Ringkasan Artikel Pemanfaatan AI dan DT pada Manajemen Lalu Lintas Perkotaan.

Referensi	Kontribusi Utama
(Nikitas, Michalakopoulou, Njoya, & Karampatzakis, 2020)	Makalah ini menawarkan kerangka kerja konseptual komprehensif yang mengintegrasikan persimpangan antara AI, transportasi, dan <i>Smart City</i> . Konsep teknologi yang muncul menciptakan dasar <i>smart city</i> yang AI-sentris, terutama pada solusi mobilitas cerdas seperti Connected and Autonomous Vehicles (CAVs), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), dan Mobility-as-a-Service (MaaS)
(Luusua, Ylipulli, Foth, & Aurigi, 2023)	Artikel ini memperkenalkan konsep "AI perkotaan," yang mengacu pada integrasi teknologi AI ke dalam pengaturan perkotaan, yang mencakup lingkungan, infrastruktur, dan praktik sehari-hari warga perkotaan. Penulis menekankan perlunya pendekatan interdisipliner untuk memahami fenomena ini sepenuhnya.
(Maisonobe, 2022)	Makalah ini mengkaji dinamika penelitian perkotaan dalam konteks Big Data dan AI, serta dampak transformatif dari teknologi ini pada manajemen perkotaan, khususnya di bidang transportasi dan sistem air. Dengan menggunakan metodologi campuran yang mencakup analisis bibliometrik dan wawancara dengan akademisi, penelitian ini mengidentifikasi tren dan perbedaan signifikan dalam bagaimana AI dan Big Data diintegrasikan ke dalam penelitian perkotaan.
(Ouallane, Bahnasse, Bakali, & Talea, 2021)	Artikel ini memberikan <i>review</i> tentang solusi manajemen lalu lintas yang memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), dan Big Data. Penulis mengklasifikasikan solusi tersebut ke dalam beberapa kategori, seperti mekanisme perutean, manajemen lampu lalu lintas, dan manajemen jaringan lalu lintas.
(Kadkhodayi, Jabeli, Aghdam, & Mirbakhsh, 2023)	Artikel ini memberikan kontribusi pada manajemen lalu lintas perkotaan dengan mengintegrasikan teknik AI dan IoT dalam arsitektur multi-agen terdistribusi. Strategi ini mengatasi keterbatasan model lalu lintas tradisional dengan mengelola skenario lalu lintas yang kompleks dan terdistribusi secara lebih efektif.
(Faliagka et al., 2024)	Artikel ini menguraikan pengembangan Arsitektur METACITIES untuk mobilitas cerdas, yang merupakan bagian dari <i>Open Digital Twin Framework</i> yang dirancang untuk mengubah kota pintar menjadi metacities. Dengan memanfaatkan teknologi DT, inisiatif METACITIES bertujuan untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih efisien, aman, dan berkelanjutan. Pendekatan ini menekankan pentingnya pengujian dalam skala kecil sebelum implementasi skala besar.
(Kušić, Schumann, & Ivanjko, 2023)	Kontribusi artikel ini adalah dalam pengembangan dan implementasi model <i>Digital Twin</i> tersinkronisasi run-time untuk jalan raya di kota Jenewa, Swiss (DT-GM). Model ini mengintegrasikan data lalu lintas real-time dengan simulasi lalu lintas mikroskopis menggunakan simulator SUMO.
(Marai, Taleb, & Song, 2021)	Artikel ini mempresentasikan pengembangan arsitektur sistem untuk menciptakan DT infrastruktur jalan. DT ini mengintegrasikan berbagai perangkat IoT dan <i>edge computing</i> untuk menyediakan model sistem jalan yang komprehensif dan cerdas. Arsitekturnya

Referensi	Kontribusi Utama
	mencakup pengumpulan data real-time melalui kamera 360°, GPS, dan sensor lingkungan, yang diproses dan disimpan di cloud untuk berbagai aplikasi seperti keamanan, transportasi, dan pariwisata. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kecerdasan manajemen jalan perkotaan, mendukung visi kota pintar yang lebih luas dengan memungkinkan peningkatan pengambilan keputusan dan optimalisasi operasi perkotaan.
(Xu et al., 2023)	Artikel ini memperkenalkan Ctwin, platform DT komprehensif yang dikembangkan untuk manajemen mobilitas perkotaan, menawarkan kemampuan canggih untuk pemantauan, kontrol, dan analisis sistem transportasi perkotaan secara real-time.
(Van Den Berghe, 2021)	Artikel ini mengusulkan arsitektur pemrosesan Smart City untuk manajemen sistem kota yang aktif dan real-time melalui DT, pemrosesan data real-time, dan pemodelan prediktif, menyoroti potensi manfaat bagi masyarakat.

Publikasi mutakhir tentang pemanfaatan AI dan DT pada transportasi perkotaan diatas menunjukkan transformasi yang signifikan dan beragam. AI menjadi elemen sentral dalam solusi mobilitas cerdas seperti kendaraan otonom dan layanan mobilitas yang terhubung, serta memerlukan pendekatan interdisipliner untuk memahami dampaknya secara menyeluruh. Big Data dan AI secara kolektif mengubah manajemen perkotaan, terutama dalam bidang transportasi, dengan identifikasi tren dan integrasi teknologi yang berbeda. Solusi manajemen lalu lintas berbasis AI dan IoT menawarkan peningkatan efisiensi melalui mekanisme perutean dan manajemen lampu lalu lintas. Integrasi AI dalam arsitektur multi-agen memperbaiki pengelolaan skenario lalu lintas yang kompleks. Pengembangan arsitektur METACITIES dan model DT lainnya menunjukkan bahwa penggunaan DT dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan lingkungan perkotaan. Platform DT komprehensif menyediakan kemampuan pemantauan dan analisis *real-time*, mendukung keputusan operasional yang lebih baik dan optimalisasi *smart city*. Secara keseluruhan, integrasi AI dan DT mendorong inovasi dalam transportasi perkotaan, menawarkan solusi yang lebih terintegrasi, efisien, dan adaptif terhadap dinamika perkotaan yang berkembang.

PEMBAHASAN

Pada bagian ini, beberapa aspek penting dan konsep kunci yang diperlukan untuk keberhasilan penerapan teknologi AI dan DT dalam manajemen lalu lintas perkotaan akan dibahas. Latar belakang sejarah teknologi AI dan DT, serta implikasi potensial dari teknologi AI dan DT pada berbagai aspek sistem lalu lintas perkotaan. Selanjutnya, dampak teknologi AI dan DT terhadap efisiensi dan efektivitas manajemen lalu lintas perkotaan.

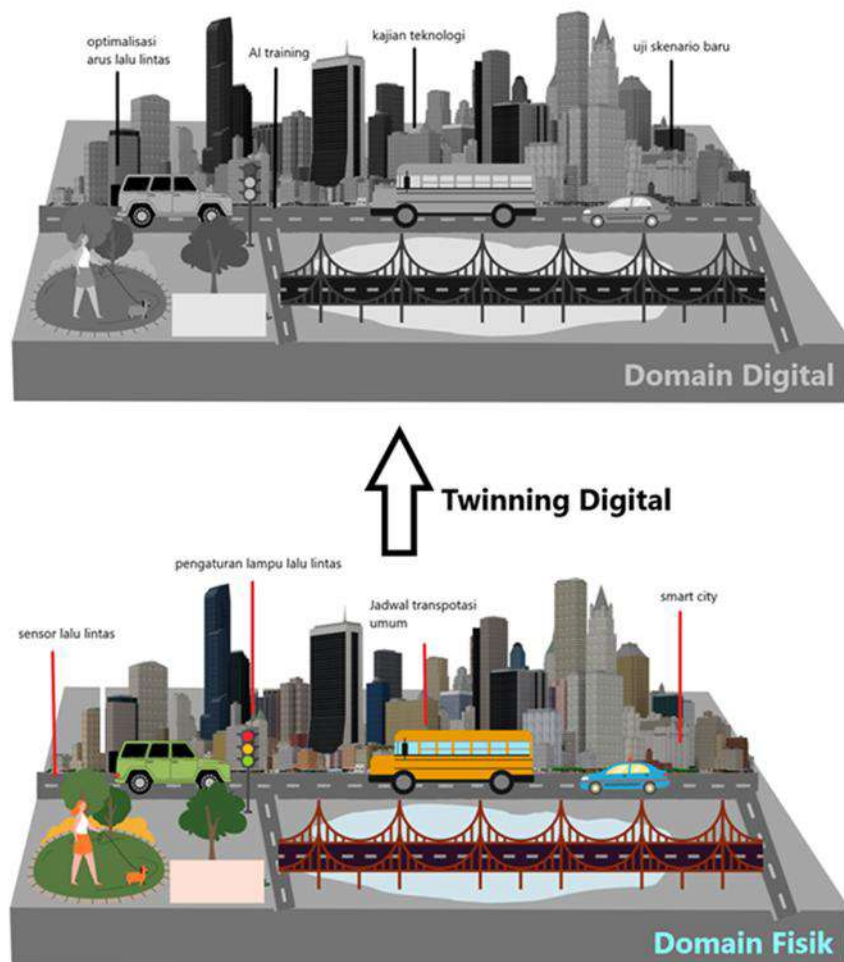
AI dalam Perencanaan Kota dan Pengelolaan Lalu Lintas

AI semakin banyak diterapkan dalam perencanaan kota dan manajemen lalu lintas untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas infrastruktur perkotaan. Algoritma AI dapat menganalisis sejumlah besar data dari berbagai sumber, seperti sensor, kamera, dan media sosial, untuk mengidentifikasi pola dan tren yang dapat menginformasikan pengambilan keputusan dalam perencanaan kota dan manajemen lalu lintas. Misalnya, sistem pengelolaan

lalu lintas berbasis AI dapat menganalisis data lalu lintas *real-time* untuk mengoptimalkan waktu sinyal lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan arus lalu lintas. AI juga dapat digunakan untuk memprediksi pola lalu lintas dan mengoptimalkan rute lalu lintas, mengurangi waktu perjalanan dan meningkatkan kualitas udara.

Digital Twin dalam Perencanaan Kota dan Pengelolaan Lalu Lintas

Teknologi DT telah mendapatkan perhatian dalam perencanaan kota dan manajemen lalu lintas, khususnya dalam konteks *smart city*. Konsep menciptakan replika digital dari sistem fisik, yang dikenal sebagai Digital Twin (DT), seperti diilustrasikan pada gambar 1, telah ada selama beberapa dekade.



Gambar 1. Layanan baru potensial, skenario masa depan dan kemampuan DT untuk manajemen lalu lintas perkotaan

Meskipun awalnya digunakan untuk desain produk, teknologi DT telah menjadi semakin penting di berbagai industri. Ide replikasi sistem fisik dengan model komputerisasi muncul pada awal 1990-an. Namun, formalisasi konsep dan penerapannya di bidang manufaktur datang kemudian, pada awal 2000-an. Sejak itu, DT telah mendapatkan daya tarik di berbagai sektor seperti penerbangan, perawatan kesehatan, dan *smart city*. Sejak 2012, DT telah muncul sebagai teknologi kunci untuk *smart city*. Dengan membuat replika virtual dari jaringan lalu lintas perkotaan, termasuk jalan, persimpangan, lampu lalu lintas, dan bahkan kendaraan. DT memungkinkan peningkatan dalam manajemen lalu lintas.

Manfaat DT untuk Pengelolaan Lalu Lintas

Bayangkan sebuah kota virtual di mana simulasi lalu lintas dapat dijalankan untuk memprediksi kemacetan, menganalisis dampak kecelakaan atau penutupan jalan, dan menguji efektivitas penyesuaian lampu lalu lintas. Berikut beberapa manfaat yang diperoleh:

- **Prediksi lalu lintas dan mitigasi kemacetan:** Dengan menganalisis data *real-time* dari sensor dan kamera, DT dapat memprediksi pola lalu lintas dan mengidentifikasi potensi kemacetan. Hal ini memungkinkan otoritas lalu lintas untuk secara proaktif menerapkan langkah-langkah seperti penerapan lampu lalu lintas dinamis atau pengaturan ulang rute untuk mencegah kemacetan.
- **Mengoptimalkan arus lalu lintas:** DT dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario, seperti perubahan rute angkutan umum, pembangunan jalan baru, atau penerapan kebijakan baru untuk mengurangi kemacetan. Hal ini memungkinkan keputusan berdasarkan data untuk mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi waktu perjalanan.
- **Peningkatan tanggap darurat:** Data *real-time* dari DT dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute kendaraan darurat dan meminimalkan waktu penanganan saat terjadi kecelakaan atau gangguan lainnya.

Digital Twin Mengarahkan Arus Lalu Lintas di *Smart City*

Tujuan manajemen lalu lintas perkotaan adalah untuk meningkatkan kapasitas secara signifikan, mengurangi kemacetan, mendukung sistem transit yang efisien, dan mengatasi tantangan sosial yang muncul melalui penggunaan teknologi dan desain infrastruktur yang inovatif. Untuk mencapai tujuan ini, sistem lalu lintas perkotaan harus mengatasi berbagai tantangan, termasuk yang terkait dengan kinerja, operasi, infrastruktur, dan biaya. Pemanfaatan teknologi DT memainkan peran penting dalam mengatasi tantangan ini dengan memvisualisasikan seluruh ekosistem lalu lintas perkotaan dan lingkungan operasional. Hal ini memungkinkan pengelolaan layanan dan sumber daya lalu lintas secara otonom, serta analisis perilaku kendaraan dan pejalan kaki secara *real-time*. Mempertimbangkan kompleksitas dan skala infrastruktur perkotaan, semua elemen, termasuk jalan, sinyal lalu lintas, jaringan transportasi umum, aset fisik dan digital terkait, dapat dikembangkan secara digital. Replikasi digital ini memungkinkan perencanaan kota untuk memantau, menganalisis, mengendalikan, dan mengoptimalkan sistem lalu lintas dengan cara yang lebih efisien dan hemat biaya dibandingkan dengan alat perencanaan dan manajemen tradisional.

Untuk mengilustrasikan dampak teknologi DT pada manajemen lalu lintas perkotaan, pertimbangkan dua DT berbeda yang dapat dibuat oleh perencana: satu untuk lapisan infrastruktur yang mendasarinya dan satu lagi untuk pengguna akhir. Mitra virtual ini dapat digunakan secara independen atau bersama-sama. Dalam kedua kasus, penting untuk menjaga isolasi yang kuat di antara mereka untuk mencegah data dari satu DT terpapar ke yang lain. DT ini memungkinkan perencana kota untuk melakukan pengujian sistem virtual sebelum menerapkan perubahan di dunia nyata. Pelajaran yang dipetik dari lingkungan virtual dapat sangat berharga untuk mengoptimalkan kinerja dan pengoperasian sistem lalu lintas fisik. DT dari lapisan infrastruktur yang mendasarinya dapat memvisualisasikan komponen fisik dari sistem lalu lintas perkotaan, untuk mengelola semua elemen dan sumber daya yang terlibat secara mandiri. Kembaran digital infrastruktur ini dapat dicapai melalui beberapa fase. Misalnya, beberapa DT untuk jaringan jalan, sinyal lalu lintas, dan sistem transportasi umum dapat dibuat dan kemudian digabungkan untuk membentuk DT terintegrasi untuk seluruh

infrastruktur lalu lintas perkotaan. Contoh spesifik adalah DT jaringan jalan, yang dapat dibuat untuk memfasilitasi pengelolaan jalan perkotaan yang efektif. DT ini meliputi berbagai sumber daya fisik seperti sinyal lalu lintas, kamera pengintai, sensor jalan, dan rambu-rambu lalu lintas. Fungsi manajemen jaringan jalan mengumpulkan data yang terkait dengan kinerja, fungsionalitas, dan operasi, yang dapat dianalisis menggunakan algoritma *machine learning* dan dimasukkan ke dalam DT. Melihat DT jaringan jalan sebagai replika komponen ini memungkinkan pengelola lalu lintas untuk melakukan pemeliharaan prediktif, meningkatkan kinerja, dan mengoptimalkan operasi, termasuk arus lalu lintas, manajemen kemacetan, dan respons insiden.

DT untuk pengguna akhir dapat mensimulasikan area cakupan, mengantisipasi kualitas layanan dan kualitas pengalaman yang diperlukan untuk komuter dan pejalan kaki secara *real-time*, memberikan pembaruan status yang akurat tentang keadaan operasional lalu lintas saat ini, dan mencegah kemacetan. Misalnya, DT untuk komuter perkotaan dapat memvisualisasikan data demografis, pola lalu lintas, dan mobilitas pengguna, memungkinkan perencana untuk memodelkan dan memprediksi lingkungan operasi dengan akurasi tinggi. Demikian pula, DT untuk pengguna akhir ini dapat memvisualisasikan jaringan jalan, sinyal lalu lintas, batas kecepatan, jam sibuk, dan pengukuran lainnya. Karakteristik DT untuk pengguna akhir ini membantu meningkatkan manajemen lalu lintas, meningkatkan penyampaian layanan kepada pengguna, dan mengoptimalkan operasi di wilayah perkotaan tertentu. Untuk memungkinkan perencana kota merancang dan mengimplementasikan DT ini atau jenis DT lainnya untuk manajemen lalu lintas, beberapa persyaratan harus dipenuhi. Pertama, setiap DT harus secara akurat mereplikasi perilaku objek fisik dengan menangkap konfigurasi lalu lintas, infrastruktur jaringan jalan, volume lalu lintas, dan dinamikanya. Kedua, perangkat lunak dan alat untuk kembar digital harus dapat secara otomatis menciptakan, mengelola, dan menghentikan DTs secara efisien. Ketiga, DT harus mampu terkoneksi dengan model perangkat lunak kembar digital lainnya untuk mengevaluasi skenario operasional yang masuk akal secara *real time*. Keempat, DT harus menggunakan teknik simulasi untuk mencapai kecepatan eksekusi lebih cepat daripada *real-time*. Akhirnya, DT harus menyediakan piranti untuk memvisualisasikan data lalu lintas, infrastruktur, dan aktivitas pengguna secara efisien, memungkinkan analis dan perencana untuk mendapatkan wawasan mendalam tentang operasi sistem lalu lintas perkotaan. Selain itu, piranti tersebut harus menghasilkan statistik terperinci dan laporan tepat waktu untuk membandingkan berbagai opsi skenario.

Masa Depan Mobilitas Perkotaan

AI dan DT memiliki potensi besar untuk mengubah manajemen lalu lintas perkotaan. Dengan berbasiskan pada pengambilan keputusan berbasis data, simulasi berbagai skenario, dan pemantauan lalu lintas *real-time*, AI dan DT membuka jalan bagi arus lalu lintas yang lebih lancar, mengurangi kemacetan, dan pada akhirnya, sistem transportasi perkotaan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Beberapa implementasi DT yang berhasil, diantaranya Singapura, Melbourne, Dubai, London, Barcelona, Helsinki dan Amsterdam. Singapura telah secara efektif menerapkan teknologi DT untuk membuat replika virtual yang disebut Virtual Singapore (Ignatius, Wong, Martin, & Chen, 2019). DT mereplikasi semua bangunan, jalan, utilitas, serta data lalu lintas lingkungan dan manusia, dan terus diperbarui untuk mencerminkan perubahan kota. DT membantu pihak berwenang dalam perencanaan kota, manajemen bencana, dan alokasi sumber daya, yang

pada akhirnya meningkatkan keberlanjutan sambil mengakomodir pertumbuhan populasi di ruang terbatas. Melbourne memanfaatkan teknologi DT untuk meningkatkan sistem transportasi umum (Allan, Rajabifard, & Foliente, 2024). DT dari jaringan kereta mensimulasikan skenario lalu lintas dan mengoptimalkan jadwal kereta. Dubai menggunakan teknologi DT untuk meningkatkan efisiensi infrastruktur energi (Dulaimi, Hamida, Naser, & Mawed, 2022). DT dari jaringan listrik mensimulasikan skenario bencana dan mengidentifikasi kerentanan. London menggunakan teknologi DT untuk mengoptimalkan sistem pengelolaan limbahnya. DT melacak aliran limbah, mengidentifikasi kemacetan, dan mengoptimalkan rute pengumpulan (Marin, 2024). Barcelona memanfaatkan teknologi DT untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya air. Jaringan air DT kota melacak penggunaan, mengidentifikasi kebocoran, dan mengoptimalkan sistem distribusi (Argota Sánchez-Vaquerizo, 2022). Helsinki menggunakan teknologi DT untuk meningkatkan manajemen sistem lalu lintas (Hämäläinen, 2020a). DT mensimulasikan berbagai skenario lalu lintas dan mengoptimalkan arus lalu lintas. Amsterdam menggunakan teknologi DT untuk mengelola sistem energinya. DT melacak konsumsi energi, mengidentifikasi inefisiensi, dan mengoptimalkan distribusi energi. Contoh-contoh kasus ini menggambarkan beragam aplikasi teknologi DT dalam perencanaan dan pengelolaan kota dan lalu lintas, menekankan potensinya untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan ketahanan kota di seluruh dunia.

KESIMPULAN

Sebagai pusat ekonomi, Jakarta menghadapi tantangan urbanisasi yang semakin kompleks. Dengan populasi lebih dari 10 juta jiwa dan pertumbuhan tahunan penduduk sekitar 0,92%, kota ini berjuang melawan kemacetan parah yang berdampak pada kerugian ekonomi hingga 100 triliun Rupiah per tahun. Artikel ini mengkaji pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dan Digital Twin (DT) sebagai solusi untuk meningkatkan manajemen lalu lintas dan efisiensi transportasi publik di Jakarta. DT merupakan replikasi digital dari infrastruktur fisik kota yang memungkinkan perencanaan dan analisis skenario lalu lintas dengan akurasi tinggi, memprediksi dampak dari berbagai strategi pengelolaan sebelum diterapkan secara fisik. Selain itu, AI dengan kemampuannya mengolah dan menganalisis data berperan penting dalam mengoptimalkan arus lalu lintas dan pengaturan jadwal transportasi publik, menyesuaikan rute berdasarkan kondisi lalu lintas, dan meminimalkan waktu tunggu pengguna transportasi publik. Kajian ini mengidentifikasi peluang aplikasi AI dan DT dalam menyusun solusi untuk mengatasi permasalahan lalu lintas di Jakarta, dari pengelolaan arus kendaraan hingga optimasi layanan transportasi publik. Integrasi AI dan DT diharapkan tidak hanya akan memperbaiki kondisi lalu lintas, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup, serta membuka peluang bagi peningkatan sosial dan ekonomi warga. Keberhasilan implementasi teknologi ini di Jakarta dapat dijadikan model bagi kota-kota lain di Indonesia dalam menghadapi tantangan urbanisasi serupa. Dengan strategi yang jelas dan implementasi yang tepat, Jakarta berpotensi besar untuk mewujudkan visinya sebagai kota pintar global yang memprioritaskan kesejahteraan warganya, memacu pertumbuhan ekonomi, dan menjaga keberlanjutan lingkungan untuk generasi yang akan datang.

Kemajuan teknologi AI dan DT memberikan pendekatan inovatif untuk perencanaan transportasi perkotaan, memungkinkan simulasi, analisis, dan optimasi sistem secara akurat. Teknologi ini menciptakan model virtual jaringan transportasi yang membantu pemangku kepentingan memahami sistem secara komprehensif, mengeksplorasi skenario,

dan menguji intervensi dalam lingkungan virtual. Studi kasus menunjukkan bahwa AI dan DT dapat meningkatkan perencanaan, keterlibatan pemangku kepentingan, dan kolaborasi antar departemen, serta pengambilan keputusan berbasis data. Meskipun AI dan DT memiliki potensi besar untuk menciptakan sistem transportasi cerdas dan solusi mobilitas yang efisien dan berkelanjutan, terdapat tantangan terkait privasi data, pendanaan, dan ketersediaan sumber daya manusia. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi kendala ini dan mengoptimalkan potensi AI dan DT dalam transformasi sistem transportasi perkotaan.

Pertanyaan dan Diskusi

Beberapa pertanyaan sebagai bahan diskusi dan kajian lebih lanjut untuk refleksi.

1. Potensi Keuntungan:

- Bagaimana AI dan DT dapat meningkatkan proses pengambilan keputusan dalam perencanaan transportasi perkotaan?
- Bagaimana AI dan DT dapat memfasilitasi keterlibatan pemangku kepentingan dan kolaborasi antar departemen?

2. Tantangan dan Keterbatasan:

- Apa kekhawatiran utama terkait dengan penggunaan teknologi AI dan DT, seperti pengumpulan data dan masalah privasi?
- Bagaimana kota dapat mengatasi tantangan yang terkait dengan peningkatan berkelanjutan, pemeliharaan, dan ketersediaan sumber daya manusia?

3. Penelitian dan Pengembangan Masa Depan:

- Bidang penelitian lebih lanjut apa yang penting untuk membuka potensi penuh AI dan DT dalam perencanaan transportasi perkotaan?
- Bagaimana kota dapat menyeimbangkan investasi dalam teknologi AI dan DT dengan manfaat jangka panjang yang diharapkan?

4. Analisis Komparatif:

- Bagaimana pengalaman kota-kota di dunia dengan AI dan DT memberikan pelajaran bagi Jakarta dalam mempertimbangkan teknologi ini?
- Faktor apa yang berkontribusi terhadap keberhasilan atau tantangan yang dihadapi oleh kota-kota ini dalam menerapkan AI dan DT?

5. Dampak pada Mobilitas Perkotaan:

- Bagaimana AI dan DT dapat berkontribusi dalam menciptakan solusi mobilitas perkotaan yang lebih efisien dan berkelanjutan?
- Dengan cara apa AI dan DT dapat mendukung pengembangan sistem transportasi ramah lingkungan?

6. Keterlibatan Pemangku Kepentingan:

- Bagaimana sifat interaktif AI dan DT dapat memberdayakan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, bisnis, dan masyarakat, untuk berpartisipasi dalam perencanaan transportasi?
- Strategi apa yang dapat digunakan untuk memastikan keterlibatan pemangku kepentingan yang aktif dan bermakna?

SARAN

Untuk mengatasi kemacetan, inefisiensi, dan polusi lalu lintas, berikut beberapa rekomendasi kebijakan dalam mengadopsi teknologi AI dan DT untuk simulasi, analisis, dan optimasi

sistem transportasi di Jakarta:

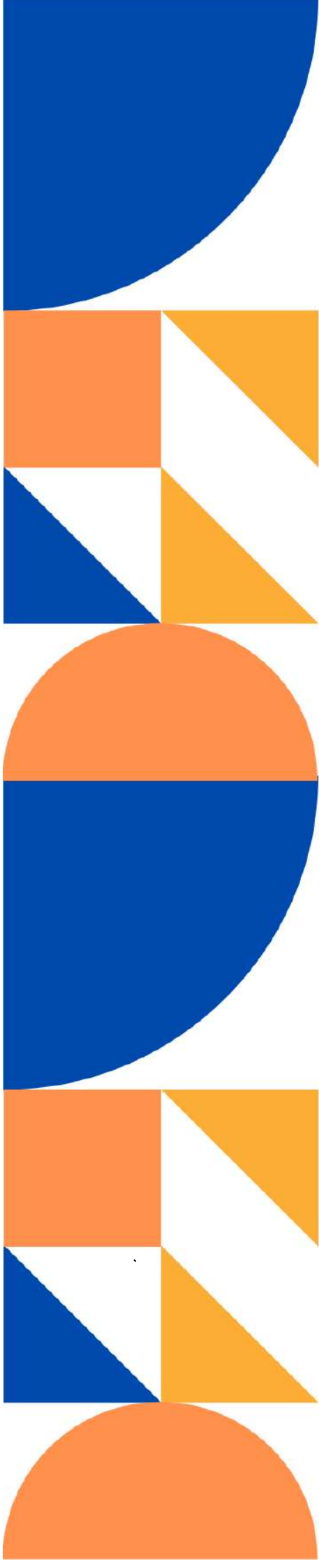
1. Membuat Strategi AI dan DT yang Komprehensif:
2. Membentuk *task force* untuk kajian implementasi AI dan DT.
3. Kolaborasi dengan penyedia teknologi dan perguruan tinggi.
4. Investasi dalam Infrastruktur dan Teknologi:
5. Pasang sensor IoT dan sistem pengumpulan data di seluruh jaringan transportasi.
6. Terapkan analitik big data dan AI untuk pemrosesan data real-time.
7. Tata Kelola dan Keamanan Data:
8. Pastikan privasi dan keamanan data.
9. Kembangkan kebijakan berbagi data dan integrasi antar pemangku kepentingan.
10. Proyek Percontohan dan Penerapan Skala Besar:
11. Lakukan proyek percontohan di beberapa lokasi.
12. Terapkan pada skala besar berdasarkan hasil yang sukses.
13. Sosialisasi dan Keterlibatan Publik:
14. Sosialisasikan manfaat AI dan DT.
15. Libatkan warga dalam perencanaan melalui platform interaktif.
16. Sumber Pendanaan dan Kemitraan.
17. Jajaki pendanaan dari sumber nasional dan internasional.
18. Bentuk kemitraan dengan sektor swasta dan kota-kota internasional yang sukses.

Dengan memanfaatkan AI dan DT, Jakarta diharapkan menjadi model mobilitas perkotaan yang cerdas dan berkelanjutan, menjadikannya kota yang modern dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, M., Rajabifard, A., & Foliente, G. (2024). Urban regeneration and placemaking: a Digital Twin enhanced performance-based framework for Melbourne's Greenline Project? *Australian Planner*. <https://doi.org/10.1080/07293682.2024.2342793>
- Argota Sánchez-Vaquerizo, J. (2022). Getting Real: The Challenge of Building and Validating a Large-Scale Digital Twin of Barcelona's Traffic with Empirical Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/ijgi11010024>
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Hasil Sensus Penduduk 2020 Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta. Retrieved from <https://jakarta.bps.go.id/pressrelease/2021/01/22/541/jumlah-penduduk-hasil-sp2020-provinsi-dki-jakarta-sebesar-10-56-juta-jiwa.html>
- Calvio, A., Jindal, A., Bujari, A., Auja, G. S., & Foschini, L. (2023). A Simulation-based Decision Support System for Urban Traffic Management. *IEEE International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks, CAMAD*, 128–133. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CAMAD59638.2023.10478428>
- CNBC Indonesia [Internet]. (2024). Jokowi Ungkap Kemacetan Jabodetabek Bikin Rugi Rp 100 Triliun. Retrieved May 17, 2024, from www.cnbcindonesia.com website: <https://cnbcindonesia.com/news/20240203152506-4-511441/jokowi-ungkap-kemacetan-jabodetabek-bikin-rugi-rp-100-triliun>
- Deren, L., Wenbo, Y., & Zhenfeng, S. (2021). Smart city based on digital twins. *Computational Urban Science*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s43762-021-00005-y>
- Dulaimi, A., Hamida, R., Naser, M., & Mawed, M. (2022). Digital Twin Solution Implemented on Energy Hub to Foster Sustainable Smart Energy City, Case Study of Sustainable Smart Energy Hub. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W3-2022), 41–48. Copernicus Publications. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W3-2022-41-2022>
- Faliagka, E., Christopoulou, E., Ringas, D., Politi, T., Kostis, N., Leonardos, D., ... Voros, N. (2024). Trends in Digital Twin Framework Architectures for Smart Cities: A Case Study in Smart Mobility. *Sensors*, 24(5). <https://doi.org/10.3390/s24051665>
- Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023, August 1). Smart Cities—A Structured Literature Review. *Smart Cities*, Vol. 6, pp. 1719–1743. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/smartcities6040080>
- Hämäläinen, M. (2020a). A Framework for a Smart City Design: Digital Transformation in the Helsinki Smart City. In *Contributions to Management Science* (pp. 63–86). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23604-5_5
- Hämäläinen, M. (2020b). Smart City Development with Digital Twin Technology. *Proceedings - 33rd BLED EConference, Enabling Technology for a Sustainable Society*. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-362-3.20>
- Ignatius, M., Wong, N. H., Martin, M., & Chen, S. (2019). Virtual Singapore integration with energy simulation and canopy modelling for climate assessment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 294(1). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/294/1/012018>
- Kadkhodayi, A., Jabeli, M., Aghdam, H., & Mirbakhsh, S. (2023). Artificial Intelligence-Based Real-Time Traffic Management. *J Electrical Electron Eng*, 2(4), 368–373.
- Kušić, K., Schumann, R., & Ivanjko, E. (2023). A digital twin in transportation: Real-time synergy of traffic data streams and simulation for virtualizing motorway dynamics. *Advanced Engineering Informatics*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101858>

- Kusumawati, D., Setiawan, D., & Suryanegara, M. (2017). Spectrum Requirement for IoT Services: A Case of Jakarta Smart City. *IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat)*, 12–25.
- Luusua, A., Ylipulli, J., Foth, M., & Aurigi, A. (2023, June 1). Urban AI: understanding the emerging role of artificial intelligence in smart cities. *AI and Society*, Vol. 38, pp. 1039–1044. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01537-5>
- Maisonobe, M. (2022). The future of urban models in the Big Data and AI era: a bibliometric analysis (2000–2019). *AI and Society*, 37(1), 177–194. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01166-4>
- Marai, O. El, Taleb, T., & Song, J. (2021). Roads Infrastructure Digital Twin: A Step Toward Smarter Cities Realization. *IEEE Network*, 35(2), 136–143. <https://doi.org/10.1109/MNET.011.2000398>
- Marin, G. G. (2024). Digital Twin: an Emerging Tool for Urban Planning and Design. *Urbanism. Architecture. Constructions*, 15(1), 1–26.
- Mehmood, Y., Ahmad, F., Yaqoob, I., Adnane, A., Imran, M., & Guizani, S. (2017). Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55(9), 16–24. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600514>
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njaya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12072789>
- Ouallane, A. A., Bahnasse, A., Bakali, A., & Talea, M. (2021). Overview of Road Traffic Management Solutions based on IoT and AI. *Procedia Computer Science*, 198, 518–523. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.279>
- Sharifi, A., Allam, Z., Bibri, S. E., & Khavarian-Garmsir, A. R. (2024). Smart cities and sustainable development goals (SDGs): A systematic literature review of co-benefits and trade-offs. *Cities*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104659>
- Syalianda, S. I., & Kusumastuti, R. D. (2021). Implementation of smart city concept: A case of Jakarta Smart City, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012128>
- Van Den Berghe, S. (2021). A processing architecture for real-time predictive smart city digital twins. *Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2021*, 2867–2874. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/BigData52589.2021.9671660>
- Wang, Z., Han, K., & Tiwari, P. (2021). Digital twin simulation of connected and automated vehicles with the unity game engine. *Proceedings 2021 IEEE 1st International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence, DTPI 2021*, 180–183. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/DTPI52967.2021.9540074>
- Xu, H., Berres, A., Yoganath, S. B., Sorensen, H., Nugent, P. J., Severino, J., ... Sanyal, J. (2023). Smart Mobility in the Cloud: Enabling Real-Time Situational Awareness and Cyber-Physical Control Through a Digital Twin for Traffic. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(3), 3145–3156. <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3226746>



MEMACU PERUBAHAN: MEMANFAATKAN AI UNTUK MENGATASI TANTANGAN TRANSPORTASI JAKARTA DARI PERSPEKTIF SUMBER DAYA & REGULASI

**Alex Iskandar Munaf^{1*}, Deddy Mahyarto
Kresnoputro²**

^{1,2} Sekolah Tinggi Manajemen IPMI Jakarta

e-mail: deddy.kresnoputro@ipmi.ac.id

PENDAHULUAN

Kita memasuki era dimana revolusi digital berkembang secara terus menerus. Dalam hal ini, Jakarta telah mengambil langkah yang besar dalam penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) untuk optimalisasi pengelolaan sektor transportasi. Kepadatan penduduk yang tinggi tentunya memicu pergerakan lalu lintas yang tinggi pula, dan hal tersebut telah membuat Jakarta menjadi “kelinci percobaan” dalam mengukur berbagai inovasi AI di bidang transportasi. Bunga Rampai ini akan membahas kondisi persiapan sumber daya dan regulasi saat ini di Jakarta, serta menggarisbawahi prioritas strategis dalam penerapan AI di sektor transportasi selama lima tahun mendatang. Saat ini, Jakarta telah mengimplementasikan beberapa inovasi dalam memanfaatkan teknologi AI untuk meningkatkan kinerja sistem transportasi. Beberapa inisiatif yang telah dilakukan oleh pemerintah dan perusahaan swasta termasuk penerapan sistem pengendali lalu lintas berbasis AI dan penggunaan data terbuka untuk memperkirakan arus lalu lintas. Namun, masih banyak tantangan yang harus dihadapi dalam memastikan penerapan AI yang efektif dan berkelanjutan. Prioritas strategis yang akan diuraikan dalam Bunga Rampai ini meliputi:

- Pengembangan sumber daya manusia yang berpengalaman dalam bidang AI dan transportasi.
- Memperluas akses dan penggunaan data terbuka untuk mendukung model AI dalam pengambilan keputusan transportasi.
- Memperkuat kerjasama antara pemerintah, perusahaan swasta, dan institusi pendidikan untuk membangun ekosistem AI yang kuat.
- Memperkenalkan regulasi yang jelas dan berorientasi pada inovasi untuk memastikan penerapan AI yang bertanggung jawab dan efektif.
- Melakukan investasi strategis dalam infrastruktur dan teknologi yang diperlukan untuk mendukung penerapan AI dalam transportasi.

Dalam lima tahun mendatang, penerapan AI di sektor transportasi Jakarta diharapkan membawa perubahan besar dalam meningkatkan kinerja sistem transportasi dan mengurangi beban lalu lintas. Dengan memanfaatkan sumber daya dan regulasi yang tepat, Jakarta bisa menjadi model bagi penerapan AI di sektor transportasi di seluruh dunia.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah masih minimnya pembahasan terkait regulasi dan sumber daya yang dibutuhkan dalam penerapan AI, khususnya dalam bidang Transportasi. Prof. Ramli (2023) menuliskan bahwa Uni Eropa menjadi yang pertama dalam merumuskan undang-undang terkait dengan penggunaan AI. Undang-undang tersebut diharapkan dapat melindungi hak-hak sipil dan kemanusiaan, namun di sisi lain juga diharapkan dapat mendorong inovasi dan ekonomi mengikuti perubahan jaman dengan berkembangnya transformasi digital. UU ini juga akan menjadi dasar bagi UU yang akan berlaku di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Sumber daya diangkat oleh penulis karena penulis ingin menyikapi sejauh mana Jakarta perlu mengembangkan sumber daya untuk dapat menerapkan penggunaan AI untuk pengelolaan transportasi. Menurut Herath dan Mittal (2022), kota-kota cerdas modern memanfaatkan berbagai macam teknologi dan mendukung perkembangan yang dapat membantu kota-kota tersebut mencapai tujuan sosial-ekonomi jangka panjang dan potensi.

PEMBAHASAN

PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA YANG BERPENGALAMAN DALAM BIDANG AI DAN TRANSPORTASI

Menurut Solihati dan Indriyani (2021), Penggunaan AI di sektor transportasi umum diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas layanan untuk meminimalkan penggunaan kendaraan pribadi dan mengurangi potensi kerugian lainnya. Tidak dipungkiri lagi bahwa AI dapat memberikan manfaat yang tak terhingga bagi bidang transportasi. Terutama di kota-kota besar dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dan kebutuhan transportasi yang meningkat cepat. Contohnya Jakarta dan Manila. Dengan tingkat kemacetan yang sudah tidak terkendali, tentunya AI dapat memberikan solusi yang baik. Tantangan yang cukup nyata untuk solusi ini adalah kesiapan dari sumber daya manusia. Seberapa jauh pemahaman warga di kota besar mengenai penggunaan dan manfaat dari AI itu sendiri. Kecerdasan Buatan (AI) hanyalah alat, sebuah penggerak. Keberhasilannya dalam mengubah cara kita melakukan bisnis sepenuhnya bergantung pada kemampuan Manusia (Gilonan & Meers, 2024). Untuk dapat membuat sumber daya manusia siap menggunakan AI, berikut beberapa hal yang perlu dilakukan:

1. Pengembangan/pelatihan keterampilan – mempelajari cara menggunakan AI, kesiapan data dan proses, serta penggunaan wawasan AI secara kolaboratif penting dalam keberhasilan implementasi AI.
2. Pengelolaan tuntutan (demand) – memiliki prioritas yang jelas tentang apa yang akan difokuskan dari AI.
3. Penyesuaian Sumber Daya – pastikan tersedianya sumber daya untuk mendukung implementasi AI.

Transportasi merupakan sarana utama pergerakan dan pertumbuhan ekonomi di Jakarta, sehingga tidak perlu diragukan sumber daya manusia yang memahami sektor transportasi sudah pasti tersedia. Tidak hanya dari kedinasan dan kementerian, pemerintah menggandeng perguruan tinggi untuk mencari solusi terbaik dalam penanganan transportasi di Jakarta. Untuk menuju *Smart City*, maka pemahaman akan potensi AI perlu ditingkatkan dan dikuasai oleh para implementor bidang transportasi. Dalam upaya mengatasi kemacetan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah menerapkan dua teknologi berbasis kecerdasan buatan (AI) yaitu *Electronic Traffic Law Enforcement* (ETLE) dan *Network Operation Centre* (NOC), *Intelligent Traffic Light System* (ITS). Masing-masing teknologi ini memiliki fungsi sebagai berikut:

1. *Electronic Traffic Law Enforcement* (ETLE):
 - Fungsi: ETLE digunakan untuk menegakkan peraturan lalu lintas secara elektronik. Kamera dan sensor AI dipasang di berbagai titik di jalanan untuk memantau pelanggaran lalu lintas seperti menerobos lampu merah, melanggar garis marka jalan, dan menggunakan ponsel saat berkendara.
 - Hasil: Dengan penerapan ETLE, pengendara menjadi lebih patuh terhadap peraturan lalu lintas karena mereka tahu bahwa setiap pelanggaran akan terdeteksi dan dikenai sanksi secara otomatis. Hal ini membantu mengurangi perilaku berkendara yang dapat menyebabkan kemacetan.
2. *Network Operation Centre* (NOC) *Intelligent Traffic Light System* (ITS):
 - Fungsi: NOC-ITS digunakan untuk mengendalikan lampu lalu lintas secara otomatis sesuai dengan lalu lintas yang diperoleh dari sensor dan kamera yang terhubung dengan pusat operasi. Sistem ini menganalisis data real-time tentang volume

kendaraan di berbagai persimpangan dan menyesuaikan durasi lampu hijau, kuning, dan merah secara dinamis untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas.

- Hasil: Dengan NOC-ITS, lampu lalu lintas dapat berubah sesuai kebutuhan berdasarkan kepadatan lalu lintas, sehingga mengurangi kemacetan di persimpangan yang padat dan memperlancar arus lalu lintas di seluruh kota.

Kedua teknologi ini dianggap berhasil mengurangi tingkat kemacetan di Jakarta dengan cara masing-masing: ETLE meningkatkan kepatuhan pengemudi terhadap peraturan lalu lintas, sementara NOC-ITS mengendalikan lampu lalu lintas dengan efisien sesuai dengan data kepadatan lalu lintas.

MEMPERLUAS AKSES DAN PENGGUNAAN DATA TERBUKA UNTUK MENDUKUNG MODEL AI DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN TRANSPORTASI

Dalam artikel yang ditulis setelah kunjungannya ke Shenzhen pada tahun 2018, Bintoro Agung menyatakan bahwa Huawei yakin AI mampu menekan biaya transportasi hingga 56 persen dan juga menekan angka kemacetan hingga 86 persen. Hal ini dapat tercapai jika akses data dibuat terbuka dan diintegrasikan melalui berbagai perangkat AI. William Xu, Chief Strategy Marketing Huawei, melakukan studi di sejumlah kota dunia. Di Yanbu, terjadi penghematan anggaran sebesar 20 persen untuk pemeliharaan jalan dan 30 persen untuk penerangan. Hasilnya, angka kecelakaan menurun drastis dan mendorong pertumbuhan investasi sebesar 16 persen pada tahun 2017.

Di Nairobi, Kenya, implementasi AI berhasil mengurangi angka kejahatan sampai 46 persen di tahun yang sama. Kuncinya adalah keterbukaan informasi yang diolah melalui multi-tools berbasis AI serta akses informasi bagi publik. Penerapan AI dalam memprediksi lalu lintas tidak akan efektif jika informasi tidak dapat diakses oleh masyarakat luas. Google menyediakan Google Maps yang dapat diakses secara bebas agar pengguna jalan dapat mengambil keputusan dalam berlalu lintas. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta juga menggunakan teknologi AI, antara lain untuk operasional lampu lalu lintas (traffic light). Jakarta telah menggunakan AI dalam pengelolaan lalu lintas selama beberapa tahun. Menurut Kepala Seksi Lalu Lintas Jalan Suku Dinas Perhubungan Jakarta Selatan, Prisno Jogiara, mereka memiliki program baru bernama Intelligent Transport System (ITS) Traffic Light berbasis AI. Program ini memungkinkan lampu lalu lintas menghitung sendiri jumlah kendaraan yang lewat.

Jogi menjelaskan bahwa sistem kecerdasan buatan ini dapat menghitung jumlah kendaraan dan mengatur antrian secara otomatis. Jadi, jika ada kemacetan di satu persimpangan, lampu lalu lintas di sana akan cepat berubah hijau untuk mengurai kemacetan.

Dengan teknologi AI ini, lalu lintas tidak perlu lagi diatur oleh petugas secara manual atau menggunakan pengeras suara di Area Traffic Control System (ATCS). Kepala Unit Pengelola Sistem Pengendalian Lalu Lintas Dinas Perhubungan (Dishub) Provinsi DKI Jakarta, Emanuel Kristanto, menyatakan bahwa penerapan teknologi AI ini adalah hasil kolaborasi dengan Google.

Mereka telah menandatangani nota kesepahaman pada November 2022 untuk proyek yang disebut Green Light. AI dari Google ini akan menganalisa kepadatan lalu lintas secara langsung atau real-time. Data dari analisis tersebut akan dikirim ke Dinas Perhubungan (Dishub) untuk mengatur waktu lampu lalu lintas di persimpangan. Data tersebut dikirim dan langsung diaplikasikan di lapangan. Dengan teknologi tersebut, durasi lampu lalu lintas akan

berbeda setiap jam, sesuai dengan kondisi kepadatan kendaraan yang melintas.

MEMPERKUAT KERJASAMA ANTARA PEMERINTAH, PERUSAHAAN SWASTA, DAN INSTITUSI PENDIDIKAN UNTUK MEMBANGUN EKOSISTEM AI YANG KUAT

AI merupakan hal yang sangat *powerful*, dan dianggap dapat mengatasi berbagai permasalahan di dunia ini. Namun untuk mendapatkan hasil yang optimal, tidak cukup hanya mengandalkan satu pihak. Dalam artikel di Bisnis.com, M. Faisal Nur Ikhsan menulis bahwa kerja sama dianggap menjadi hal yang paling penting untuk mempercepat AI di Indonesia. Diharapkan bahwa seluruh pemangku kepentingan untuk terlibat dalam upaya pengembangan AI yang bertanggung jawab di Indonesia.

Wakil Menteri Komunikasi dan Informatika, Nezar Patria, menyatakan bahwa AI tidak hanya memberikan manfaat, risiko seperti bias, halusinasi, dan potensi menggantikan peran manusia juga merupakan sesuatu yang harus dicermati. Seiring perkembangannya, AI telah mampu mengambil keputusan yang serupa dengan keputusan manusia, sehingga ada risiko bahwa peran manusia bisa tergantikan oleh AI. Ia mencontohkan banyaknya pesawat dan mobil yang sekarang dapat dikendalikan tanpa intervensi manusia. Mesin dan fitur kecerdasan buatan dalam peralatan tersebut sudah bisa mengambil keputusan seperti manusia. Karena kompleksitas ini, menurutnya, pengembangan AI di Indonesia harus dilakukan secara kolaboratif dan tidak bisa hanya oleh Kemenkominfo. Perguruan tinggi memiliki peran penting dalam mengembangkan sumber daya manusia (SDM) di bidang digital atau talenta digital untuk dapat memberikan dukungan dalam hal riset dan inovasi di bidang AI dan komputasi awan (*cloud computing*).

Pendidikan memiliki peran kunci dalam pengembangan transformasi digital. Hal ini dilakukan melalui transformasi pendidikan 4.0 yang mencakup seluruh jenjang pendidikan, mulai dari pendidikan dasar hingga pendidikan tinggi, serta pendidikan non-formal. Pernyataan tersebut dikatakan oleh Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Dirjen Dikti), Prof. Nizam. Dalam konteks ini, perguruan tinggi diharapkan dapat menyiapkan lulusan yang siap menghadapi tantangan dan peluang di era digital, dengan mengintegrasikan teknologi modern dan metodologi pembelajaran yang inovatif. Tujuannya adalah untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang mendukung pengembangan keterampilan dan pengetahuan yang relevan dengan kebutuhan industri dan masyarakat di era digital ini.

Pentingnya kolaborasi yang terpadu antara pemerintah, swasta, dan perguruan tinggi juga menjadi perhatian dari Presiden Joko Widodo dalam visi “Making Indonesia 4.0” yang digagas oleh beliau. Upaya penguatan kerja sama dengan sektor swasta dan universitas untuk menciptakan talenta berkualitas yang mampu bekerja di industri teknologi tinggi, seperti AI dan Cloud Computing Innovation Center dan Tokopedia AI Center of Excellence, menjadi salah satu inisiatif yang berdampak positif.

MEMPERKENALKAN REGULASI YANG JELAS DAN BERORIENTASI PADA INOVASI UNTUK MEMASTIKAN PENERAPAN AI YANG BERTANGGUNG JAWAB DAN EFEKTIF

Meskipun penggunaan AI dalam pengelolaan transportasi secara spesifik dan implementasi Smart City secara umum sudah dilakukan, namun belum ada regulasi yang jelas mengenai penggunaan AI ini. M. Irfan Dwi Putra (2024) menuliskan bahwa hingga hari ini, Indonesia belum memiliki peraturan khusus untuk AI. Pada tahun 2020, pemerintah Indonesia

menerbitkan Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial Indonesia (Stranas KA) yang juga mencakup mengenai etika dan kebijakan AI, pengembangan sumber daya manusia di bidang AI, dan juga ekosistem data serta infrastruktur pengembangan AI. Hanya saja, Stranas AI bukanlah dokumen hukum yang mengikat, melainkan hanya arah kebijakan nasional saja. Namun, ini tidak berarti bahwa pemerintah Indonesia tidak mengatur teknologi AI. Ada beberapa peraturan terkait pemanfaatan teknologi AI di Indonesia, seperti Permenkominfo Nomor 3 Tahun 2021 yang mengatur aspek perizinan bagi pelaku usaha yang menggunakan AI.

Selain itu, Indonesia juga memiliki UU ITE lengkap dengan aturan turunannya yang mengatur tentang AI dengan terminologi agen elektronik. Indonesia juga memiliki UU Pelindungan Data Pribadi yang mengatur pemanfaatan AI yang menyangkut pemrosesan data pribadi. Panduan etika pemanfaatan AI bagi pelaku usaha juga sudah dikeluarkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo). Hal ini tertuang dalam Surat Edaran Menkominfo Nomor 9 Tahun 2023 tentang Etika Kecerdasan Artifisial.

Melihat pesatnya perkembangan dan penerapan AI baik oleh pemerintah maupun masyarakat, khususnya di bidang transportasi, perlu dirumuskan aturan hukum yang jelas agar penerapan AI di bidang transportasi ini memiliki dasar hukum yang jelas dan tidak disalah gunakan oleh pihak-pihak tertentu. Adanya landasan hukum yang jelas juga akan mempercepat penerapan AI dalam pengelolaan transportasi dan Smart City, dimana para pelaku AI memahami hal-hal yang boleh dan tidak boleh dilakukan dalam pengembangan yang mereka lakukan.

MELAKUKAN INVESTASI STRATEGIS DALAM INFRASTRUKTUR DAN TEKNOLOGI YANG DIPERLUKAN UNTUK Mendukung Penerapan AI dalam Transportasi

Investasi menjadi kunci utama dalam pengembangan AI dalam transportasi di Jakarta. Bertumbuhnya berbagai startup di bidang AI dan perusahaan bidang teknologi yang mulai merambah AI menunjukkan bahwa minat masyarakat terhadap AI semakin tinggi. Bahkan beberapa ahli investasi mulai menyarankan investor untuk melakukan investasi di bidang-bidang terkait AI. Tidak hanya itu, beberapa perusahaan raksasa dunia yang bergerak di bidang teknologi juga mulai melirik Indonesia sebagai target investasi mereka untuk mengembangkan AI. Kristianti (2024) untuk Antara menuliskan bahwa Indonesia bakal memiliki Pusat Pengembangan kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI) bernama "Indonesia AI Nation" dengan investasi dari kolaborasi perusahaan teknologi senilai 200 juta dolar AS atau sekitar Rp3,1 triliun. Hal ini disampaikan oleh Menteri Komunikasi dan Informatika, Budi Arie Setiadi. Pusat Pengembangan AI ini akan dibangun di Solo Techno Park, dan akan di backing oleh NVIDIA dan Indosat Ooredoo Hutchison.

Akhir April lalu, Microsoft mengumumkan bahwa selama 4 tahun mendatang, perusahaan akan menginvestasikan US\$1,7 miliar untuk infrastruktur cloud dan AI baru di Indonesia, kesempatan pelatihan peningkatan keterampilan AI untuk 840.000 orang, dan berbagai bentuk dukungan bagi komunitas developer di Indonesia yang terus berkembang. Ini merupakan investasi tunggal terbesar dalam 29 tahun sejarah Microsoft di Indonesia. Memang untuk dapat menciptakan ekosistem yang tepat, investasi yang dibutuhkan tidaklah sedikit. Menurut Artificial Intelligence Center Indonesia (AiCI), biaya pengembangan AI tidak hanya mencakup perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga pengumpulan data,

pelatihan model, dan pemeliharaan sistem.

KESIMPULAN

Transportasi memainkan peran krusial dalam mendukung pertumbuhan sebuah kawasan, namun dengan pertumbuhan yang pesat sering kali muncul masalah yang kontra-produktif. Jakarta, sebagai salah satu kota metropolitan yang besar, menghadapi tantangan yang kompleks dalam sektor transportasinya. Dampak dari masalah transportasi ini meliputi pemborosan bahan bakar, peningkatan tingkat stres dan kelelahan, penurunan produktivitas, serta beragam permasalahan lainnya. Sebagaimana dilaporkan oleh CNBC Indonesia, Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI) mencatat kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu lintas di Kota Jakarta mencapai Rp 65 triliun per tahun. Meskipun telah dilakukan berbagai upaya, seperti peningkatan kenyamanan transportasi publik, pengenalan moda transportasi baru, rekayasa jam kerja, penerapan kebijakan ganjil genap, dan sebagainya, hingga akhir tahun 2023 belum terlihat hasil yang signifikan. Jakarta masuk dalam ranking 10 kota dengan tingkat kemacetan tertinggi di Indonesia. Bab ini bertujuan untuk mengulas potensi dan tantangan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam mengatasi kemacetan Jakarta, sesuai dengan semangat Jakarta Smart City, secara lebih efektif, baik dalam mendukung transportasi publik maupun mengatur kendaraan pribadi. Buku ini akan bermanfaat untuk memberikan gambaran tentang bagaimana penggunaan AI secara lebih luas untuk mengatasi tantangan transportasi seperti kemacetan dan pelanggaran lalu lintas dengan lebih signifikan. Metode penulisan bab ini adalah dengan menggunakan studi literatur sistematis (Systematic Literature Review) yang mencari database dari berbagai referensi, seperti jurnal penelitian, review jurnal, laporan tahunan, dan artikel-artikel baik dari artikel sains dan media massa, serta melalui diskusi interaktif yang dilakukan dengan para pengguna dan pengamat transportasi dan praktisi kecerdasan artifisial. Dalam upaya mengatasi kemacetan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah menerapkan Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE) dan Network Operation Centre (NOC) Intelligent Traffic Light System (ITS). Kedua teknologi tersebut dianggap berhasil mengurangi tingkat kemacetan, dengan ETLE membuat pengendara lebih patuh terhadap peraturan lalu lintas dan NOC-ITS mengatur lampu lalu lintas secara otomatis berdasarkan informasi kepadatan lalu lintas.

Di Indonesia, ada dorongan besar untuk mengintegrasikan kecerdasan buatan (AI) ke berbagai sektor, termasuk transportasi, guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan. Dinas Perhubungan Jakarta bekerja sama dengan Google untuk memasang 20 lampu lalu lintas bertenaga AI di seluruh kota, yang menggunakan AI untuk menganalisis durasi lampu hijau yang optimal berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati segmen jalan dan perkiraan waktu mereka mencapai persimpangan berikutnya. Inisiatif ini bertujuan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas, masalah yang kembali ke tingkat sebelum pandemi sejak pemerintah mencabut pembatasan aktivitas masyarakat terkait COVID-19. Dinas tersebut berencana untuk memperluas proyek ini dengan memasang lampu lalu lintas AI di 40 persimpangan lagi dalam tahun ini.

Pemerintah Indonesia juga mengambil langkah-langkah untuk memastikan AI digunakan secara bertanggung jawab dan menguntungkan semua pihak. Acara bertajuk “Making AI possible for all through pooling resources and regional collaboration” diadakan di Markas Besar PBB di New York pada 9 Mei 2024, yang menyoroti komitmen negara tersebut dalam mempromosikan pengembangan dan kolaborasi AI. Inisiatif-inisiatif ini mencerminkan tren

yang lebih luas dalam industri transportasi, di mana AI dianggap sebagai teknologi transformatif yang dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan dalam mobilitas perkotaan. Mulai dari mobil self-driving hingga taksi drone, AI menjanjikan revolusi dalam cara kita bergerak, menawarkan kemungkinan menarik untuk masa depan yang lebih efisien, aman, dan berkelanjutan.

SARAN

Berikut adalah beberapa rekomendasi kebijakan yang perlu dikembangkan untuk mempercepat implementasi AI di bidang pengelolaan transportasi:

1. **Pengembangan Infrastruktur Data:** Menyediakan infrastruktur data yang kuat dan terintegrasi untuk mendukung penggunaan AI dalam pengaturan transportasi. Ini meliputi penyediaan sumber daya data yang berkualitas dan kemudahan akses bagi peneliti dan pengembang sistem AI.
2. **Peningkatan Keterlibatan Sektor Swasta:** Memperluas partisipasi sektor swasta dalam pengembangan dan penggunaan teknologi AI untuk transportasi. Ini bisa melalui program kerjasama dan investasi yang menguntungkan bagi pihak swasta.
3. **Peningkatan Keterampilan dan Pengetahuan Tenaga Kerja:** Memastikan bahwa tenaga kerja terkait pengaturan transportasi memiliki pengetahuan dan keterampilan yang cukup dalam bidang AI. Ini bisa dilakukan melalui program pendidikan dan pelatihan yang terfokus pada teknologi AI.
4. **Pemantauan dan Evaluasi Terpadu:** Melakukan pemantauan dan evaluasi terpadu atas sistem AI yang digunakan dalam pengaturan transportasi. Ini akan membantu menemukan perbaikan potensial dan memastikan sistem berjalan secara efisien dan efektif.
5. **Kebijakan Regulasi yang Pro-Inovasi:** Menetapkan regulasi yang mendukung dan mempercepat pengembangan dan penggunaan teknologi AI dalam pengaturan transportasi. Ini bisa meliputi mekanisme percepatan proses lisensi dan sertifikasi untuk produk dan layanan berbasis AI.
6. **Kebijakan Transparansi dan Keamanan Data:** Menetapkan kebijakan yang menjamin keamanan data dan transparansi dalam pengumpulan dan penggunaan data. Ini sangat penting untuk membangun kepercayaan masyarakat terhadap sistem AI.
7. **Kebijakan Inklusi dan Kesejahteraan Masyarakat:** Memastikan bahwa penggunaan teknologi AI dalam pengaturan transportasi memperhatikan kepentingan masyarakat luas, terutama bagi mereka yang rentan atau memiliki akses terbatas terhadap transportasi.

Hal-hal tersebut di atas meliputi aspek keamanan, kenyamanan, dan kemudahan akses bagi pengguna transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Bintoro. 2018. Laporan dari Shenzhen: Transportasi dan Kota Pintar Jadi 'Makanan Empuk' AI. CNN Indonesia
- Artificial Intelligence Center Indonesia. 2024. Aplikasi AI dalam Transportasi: Masa Depan Transportasi dengan Kecerdasan Buatan. <https://aici-umq.com/article/aplikasi-ai-dalam-transportasi/>
- Cabinet Secretariat of the Republic of Indonesia. 2021. National Police Launch Electronic Traffic Law Enforcement System. <https://setkab.go.id>
- Expat Life Indonesia. 2023. Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE): Polri's High-Tech Solution to Traffic Violations. <https://expatlifeindonesia.com>
- Gilronan, Shawn, and Meers, Dan. 2024. Accelerating value with AI: Make your people AI-ready. <https://www.cohnreznick.com/insights/accelerating-value-make-your-people-ai-ready>
- H.M.K.K.M.B. Herath, Mamta Mittal, Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review, International Journal of Information Management Data Insights, Volume 2, Issue 1
- Ikhsan, M. Faisal Nur. 2024. Lanskap AI Kompleks, Kolaborasi Kunci Kembangkan Kecerdasan Buatan di RI. Bisnis Tekno. <https://teknologi.bisnis.com/read/20240308/84/1747863/lanskap-ai-kompleks-kolaborasi-kunci-kembangkan-kecerdasan-buatan-di-ri>
- Indonesia News Center. 2024. Microsoft umumkan investasi US\$1,7 miliar untuk dukung ambisi Cloud dan AI Indonesia. Microsoft News. <https://news.microsoft.com/id-id/2024/04/30/microsoft-umumkan-investasi-us17-miliar-untuk-dukung-ambisi-cloud-dan-ai-indonesia/>
- Kecerdasan Artifisial Indonesia. 2020. Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial Indonesia 2020 – 2045. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Kristianti, Livia. 2024. Pusat AI Indonesia bakal hadir dengan investasi sekitar Rp3,1 triliun. Antara. <https://www.antaranews.com/berita/4043289/pusat-ai-indonesia-bakal-hadir-dengan-investasi-sekitar-rp31-triliun>
- Nikitas, A.; Michalakopoulou, K.; Njoya, E.T.; Karampatzakis, D. Artificial Intelligence, Transport and the Smart City: Definitions and Dimensions of a New Mobility Era. Sustainability 2020, 12, 2789. <https://doi.org/10.3390/su12072789>
- Program Studi Matematika. 2023. Penerapan AI dan IoT dalam Smart City. Universitas Ahmad Dahlan. <https://tif.uad.ac.id/penerapan-ai-dan-iot-dalam-smart-city/>
- Putra, M. Irfan Dwi. 2024. Regulasi AI di Indonesia belum cukup, perlu aturan yang lebih spesifik. The Conversation. <https://theconversation.com/regulasi-ai-di-indonesia-belum-cukup-perlu-aturan-yang-lebih-spesifik-219827>
- Ramli, Ahmad M. 2023. UU Tentang Artificial Intelligence. Kompas.com. <https://www.kompas.com/tren/read/2023/05/13/071614165/uu-tentang-artificial-intelligence?page=all>
- Rapha, Albert Jehoshua. 2023. Momentum Pemanfaatan AI di Indonesia. Koran Tempo. <https://koran.tempo.co/read/ilmu-dan-teknologi/486084/momentum-pemanfaatan-ai-di-indonesia>
- Sachan, Alyssa. 2023. Teknologi AI Untuk Lalu Lintas Berhasil Kurangi Kemacetan Hingga 20 Persen. Metanesia by Telkom Indonesia. <https://metanesia.id/blog/teknologi-ai-untuk-lalu-lintas>
- Solihati, Keisha Dinya, and Indriyani, Dian, 2021, Managing Artificial Intelligence on Public Transportation (Case Study Jakarta City, Indonesia). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 717 012021
- Tambunan, Muhammad Fadli. 2024. Artificial Intelligence Terhadap Industri Transportasi. Fakultas Teknologi Maju dan Multidisiplin Universitas Airlangga. <https://ftmm.unair.ac.id/artificial-intelligence-terhadap-industri-transportasi/>

Waranggani, Arundati Swastika. 2022. Perguruan Tinggi Berperan Hadirkan SDM untuk Inovasi Cloud & AI. Cloud Computing Indonesia.
<https://www.cloudcomputing.id/berita/perguruan-tinggi-berperan-inovasi-cloud-ai>

**MEMBUAT BANGUNAN PINTAR MENJADI
LEBIH PINTAR DENGAN TEKNOLOGI
*ARTIFICIAL INTELLIGENCE***

Aryani Widyakusuma*
Universitas Borobudur Jakarta

e-mail: aryaniwidyakusuma@alumni.ui.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sedang mencapai era baru dalam hal konstruksi bangunan. Kantor tidak lagi cukup menyediakan ruang bagi pekerja untuk duduk di satu meja dan bekerja. Saat ini, berkat evolusi teknologi, sebuah bangunan dapat tidak hanya memberikan semua layanan yang dibutuhkan penghuninya, namun hal ini juga dapat dilakukan sambil membuat bangunan seefisien mungkin, meminimalkan biaya, dan meningkatkan penghematan energi sepanjang masa pakai bangunan. Era bangunan pintar telah tiba (Y. Strengers, 2017).

Bangunan pintar adalah struktur berteknologi maju yang menggabungkan berbagai sistem bangunan, termasuk HVAC, pencahayaan, alarm, dan keamanan, ke dalam satu infrastruktur jaringan yang dikelola oleh TI atau teknologi informasi. Bangunan pintar memanfaatkan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan efektivitas biaya sekaligus memprioritaskan keselamatan dan kenyamanan penghuni. Bangunan-bangunan ini memanfaatkan kombinasi teknologi yang ada dan dirancang atau dipasang sedemikian rupa sehingga memungkinkan integrasi kemajuan teknologi di masa depan. Elemen kunci yang biasa ditemukan pada bangunan pintar meliputi: 1. Sensor Internet of Things (IoT), 2. sistem manajemen bangunan, 3. kecerdasan buatan (AI), 4. Augmented reality (AR). Mekanisme ini, bersama dengan robotika, digunakan untuk mengontrol dan mengoptimalkan kinerja bangunan. Pada tulisan dalam penelitian ini, akan dijelaskan lebih dalam tentang apa itu bangunan pintar dan bagaimana bangunan tersebut digunakan di dunia modern saat ini untuk menjadikan hidup dan bekerja pada bangunan menjadi lebih efisien dan saling terhubung.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah bangunan yang menggunakan teknologi untuk memungkinkan penggunaan sumber daya secara efisien dan ekonomis, sekaligus menciptakan lingkungan yang aman dan nyaman bagi penghuninya. Bangunan pintar dapat menggunakan beragam teknologi yang ada dan dirancang atau dipasang sedemikian rupa sehingga memungkinkan integrasi perkembangan teknologi di masa depan. Sensor Internet of Things (IoT), sistem manajemen gedung, kecerdasan buatan (AI), dan augmented reality adalah beberapa mekanisme dan robotika yang dapat digunakan dalam bangunan pintar untuk mengontrol dan mengoptimalkan kinerja. Bangunan cerdas memanfaatkan kecerdasan untuk mengumpulkan data berharga dari perangkat pengguna, sensor, sistem, dan layanan di lokasinya.

PEMBAHASAN

TIPE-TIPE BANGUNAN PINTAR

Rumah pintar (*Smart Homes*)

Dirancang khusus untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan penghuninya sekaligus memberikan kemudahan dalam mengendalikan berbagai peralatan rumah tangga dari jarak jauh. Mereka menggabungkan otomatisasi untuk jadwal pemeliharaan rumah, pemantauan energi, dan pengendalian sistem keamanan. Inti dari pengembangan rumah pintar terletak pada konsep teknologi bantu, yang secara tradisional mengacu pada alat bantu seperti kursi roda yang bertujuan membantu individu penyandang disabilitas dalam kehidupan sehari-hari.

Di era Internet of Things (IoT), cakupan teknologi pendukung telah meluas. Misalnya, teknologi bantu di rumah pintar mencakup perangkat yang memungkinkan penjadwalan otomatis untuk menghidupkan atau mematikan peralatan seperti lampu dan mesin cuci.

Perangkat medis dan kesehatan pintar juga dianggap sebagai teknologi bantu dalam rumah pintar, yang memfasilitasi pemantauan jarak jauh terhadap warga lanjut usia atau orang sakit serta anak.

Sensor yang dapat dikenakan di rumah pintar memungkinkan pembukaan pintu otomatis, pemeliharaan suhu lingkungan, serta pemantauan dan analisis penggunaan energi. Dalam hal keamanan, rumah pintar menggunakan sensor yang dapat mendeteksi dan mengingatkan penghuni akan potensi kebocoran gas, kebocoran air, dan kerentanan keamanan. Sensor-sensor ini bertindak sebagai bagian integral dari infrastruktur keamanan, meningkatkan langkah-langkah keselamatan di dalam rumah (Gram-Hanssen, 2018).

Dengan menggabungkan teknologi dan sensor bantu tersebut, rumah pintar menawarkan solusi komprehensif untuk mengatasi masalah keamanan, meningkatkan kenyamanan, dan mengoptimalkan penggunaan energi. Selain itu untuk mengotomatisasi dan mengendalikan berbagai aspek kehidupan sehari-hari dari jarak jauh, rumah pintar memberdayakan penghuninya untuk menciptakan lingkungan hidup yang dipersonalisasi, nyaman, dan aman.

Kantor Pintar (*Smart Offices*)

Gedung perkantoran pintar atau kompleks komersial menawarkan kontrol otomatis dan terpusat atas berbagai aspek operasinya melalui jaringan IoT. Hal ini mencakup pengelolaan air dan listrik, pengendalian penerangan, sistem pemanas dan ventilasi, tindakan pengamanan, pengelolaan tempat parkir, pengelolaan limbah, pengoperasian lift, pintu keluar darurat, pengendalian akses ke sistem komputer, serta pemeliharaan taman dan peralatan.

Di industri ritel, penerapan sensor IoT di toko memungkinkan bisnis mengumpulkan data berharga seperti waktu masuk pelanggan, area minat, dan pola pembelian. Data ini membantu mengoptimalkan tata letak toko, mempertahankan tingkat stok yang sesuai, memantau perilaku staf, meningkatkan pelacakan produk (misalnya, tingkat pengembalian), mengukur waktu tunggu antrian dan lalu lintas pengunjung, serta memfasilitasi pembayaran otomatis. Solusi perdagangan cerdas berkontribusi pada strategi pemasaran dan produk yang lebih efisien.

Aplikasi IoT komersial diterapkan di berbagai lingkungan seperti supermarket, mall, hotel, fasilitas kesehatan, museum, pameran, dan kompleks rekreasi untuk meningkatkan pengalaman konsumen di luar batas rumah mereka. Aplikasi ini melibatkan pemantauan dan penyesuaian kualitas udara, pencahayaan, dan suhu di gedung-gedung publik untuk menciptakan lingkungan yang nyaman. Mereka juga mengelola kontrol akses dan keamanan, memantau inventaris toko ritel, mengumpulkan data tentang perilaku masyarakat di ruang publik, dan menyediakan layanan lokasi bagi pengunjung tempat perhotelan (Del Rio, 2020).

Tempat Kerja Pintar (*Smart Workplaces*)

Tempat kerja cerdas dilengkapi dengan solusi perangkat keras dan perangkat lunak canggih untuk meningkatkan komunikasi dan kolaborasi, dengan fitur seperti sistem konferensi video. Lingkungan cerdas ini memanfaatkan sensor untuk melacak dan mengelola aset bisnis, seperti laptop perusahaan, sehingga memastikan pemantauan dan keamanan yang tepat.

Salah satu manfaat utama tempat kerja cerdas adalah otomatisasi tugas dan proses. Misalnya, kerentanan keamanan TI dapat dipantau secara otomatis, dan manajemen jarak jauh terhadap karyawan dan kontraktor di luar lokasi menjadi lebih efisien. Tugas sehari-hari seperti menjadwalkan ruang konferensi atau mengatur katering untuk rapat dapat ditangani

secara efisien dari jarak jauh atau melalui asisten bisnis digital (McGuirk, 2019).

Tempat kerja cerdas juga memanfaatkan teknologi untuk memberikan pengalaman orientasi yang lancar bagi karyawan baru. Melalui pemberitahuan push, pendatang baru dapat menerima informasi dan panduan bermanfaat dalam lingkungan kantor baru mereka. Hal ini dapat mencakup pemberitahuan tentang lokasi mereka saat ini di dalam gedung atau izin keamanan yang diperlukan untuk mengakses kantor atau ruang perusahaan tertentu.

Integrasi sistem cerdas di tempat kerja memastikan pengoperasian yang lancar dan efisien. Mulai dari ketersediaan mesin penjual otomatis hingga toilet yang terawat baik dan pilihan parkir yang nyaman bagi pengunjung, lingkungan cerdas ini memprioritaskan kenyamanan dan kemudahan pengguna. Dengan memanfaatkan teknologi dan otomatisasi, tempat kerja cerdas bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang optimal bagi karyawan dan pengunjung.

Pabrik dan Gudang Cerdas (*Smart Factories & Warehouses*)

Di lingkungan industri, pabrik dan gudang cerdas dikelola secara efektif melalui pemanfaatan jaringan IoT industri (IIoT). IIoT mencakup pabrik pintar, gudang, rantai pasokan, sistem logistik, dan mesin industri yang saling terhubung, yang berpuncak pada ekosistem industri pintar yang komprehensif. Ilustrasi menonjol dari manajemen gedung pintar di bidang industri adalah integrasi robot di dalam pabrik dan gudang. Penerapan robotika dalam industri pintar ini sering disebut sebagai Internet of Robotic Things (IoRT).

KEGUNAAN UTAMA BANGUNAN PINTAR

Otomatisasi

Inti dari smart building terletak pada keterhubungan. Karakteristik mendasar dari bangunan pintar adalah integrasi sistem intinya yang berjalan lancar. Dengan menghubungkan teknologi canggih seperti sensor hunian IoT real time dan sistem manajemen gedung, informasi berharga dapat dibagikan dan dimanfaatkan untuk mengotomatisasi berbagai proses. Tidak terbatas pada fungsi seperti pemanas, ventilasi, penerangan, AC, dan keamanan. Esensi sebenarnya dari smart building terletak pada kemampuan memfasilitasi komunikasi dan interaksi antar sistem internal. Keterhubungan inilah yang mendefinisikan sebuah bangunan sebagai “pintar” yaitu kapasitas sistem untuk berkomunikasi dan berkolaborasi secara efektif satu sama lain.

Integrasi dengan Sistem Bangunan Lain yang Berbeda

Sinergi yang dicapai dengan berbagi dan mengintegrasikan data di antara sistem bangunan meningkatkan nilai keseluruhan bangunan pintar di luar komponen individualnya. Dengan mengintegrasikan data sensor hunian IoT ke dalam sistem pemesanan meja atau ruangan, organisasi dapat menyederhanakan proses manajemen dan menciptakan lingkungan cerdas bagi karyawan. Integrasi ini memungkinkan pemanfaatan aset secara efisien dengan memberikan informasi real-time mengenai ketersediaan, pemesanan, atau status hunian. Hasilnya, karyawan mendapatkan manfaat dari ruang kerja yang tanpa hambatan dan cerdas yang mengoptimalkan alokasi sumber daya dan meningkatkan produktivitas (Del Rio, 2021).

Optimasi Spasial

Mengelola pemanfaatan ruang secara efektif sangat penting bagi bisnis karena bangunan dan real estat sering kali menempati urutan kedua dalam biaya tertinggi setelah gaji dan karyawan. Untuk mencapai penggunaan yang optimal, bangunan pintar mengandalkan integrasi sensor yang berperan penting dalam mengumpulkan data untuk pengambilan keputusan terkait alokasi sumber daya. Dengan menggabungkan sensor hunian dalam infrastruktur gedung, wawasan berharga dapat diperoleh mengenai alokasi sumber daya. Misalnya saja, sensor-sensor ini menyediakan data mengenai tingkat hunian, sehingga memungkinkan dunia usaha menilai apakah fasilitas mereka cukup memenuhi kebutuhan staf mereka.

Analisis pola hunian dapat membantu mengidentifikasi beberapa faktor utama, antara lain: 1. Mengevaluasi kecukupan ruang pertemuan dari segi ukuran dan kuantitas, 2. Memahami popularitas atau kekurangan wilayah komunal, 3. Menilai kecukupan ruang kerja yang disediakan. Dengan memanfaatkan data dan analisis tingkat hunian, perusahaan dapat mengambil keputusan yang tepat untuk meningkatkan pemanfaatan ruang dan memastikan keselarasan dengan kebutuhan tenaga kerja mereka. Pendekatan berbasis data ini meningkatkan efisiensi, memaksimalkan nilai sumber daya yang tersedia, dan berkontribusi terhadap lingkungan kerja yang lebih produktif dan mudah beradaptasi (Zhang W., 2021).

Pemeliharaan Preventif

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) memungkinkan untuk mendeteksi kebutuhan pemeliharaan aset dengan mempelajari dan mengenali pola penggunaan yang tidak normal, serta memberi tahu ketika pola tersebut teridentifikasi. Melalui pengumpulan data yang akurat dari perangkat seperti sensor manusia, maka akan memperoleh pemahaman yang lebih akurat tentang frekuensi penggunaan fasilitas tertentu dalam bangunan. Hal ini akan memberdayakan untuk menerapkan pendekatan proaktif dalam mengelola pemeliharaan, pembersihan, penyetoran ulang, dan keausan secara keseluruhan, sehingga memperpanjang masa pakai peralatan, perabotan, dan peralatan. Dengan memanfaatkan wawasan berbasis AI juga dapat mengoptimalkan alokasi sumber daya secara efektif, meminimalkan waktu henti, dan memastikan pengoperasian aset bangunan secara efisien (Metallidou, 2020).

MANFAAT BANGUNAN PINTAR

Bangunan pintar menghasilkan sejumlah besar data berharga mengenai pola penggunaannya. Dengan menganalisis data ini dapat memperoleh wawasan tentang tren dan pola, sehingga memberdayakan untuk membuat keputusan tepat tentang cara tingkatkan efisiensi bangunan. Proses ini menawarkan beberapa keuntungan:

Peningkatan Produktivitas

Menciptakan ruang yang mendukung kualitas udara dalam ruangan yang baik, kenyamanan fisik, keamanan, kebersihan, pencahayaan yang efektif, proses yang efisien, dan ruang yang memadai untuk staf sangat penting dalam memungkinkan kinerja staf yang optimal. Untuk mencapai hal ini, penting untuk mengidentifikasi dan memahami bagaimana orang menavigasi dan memanfaatkan bangunan tersebut. Pengetahuan ini merupakan bagian integral dalam memperbaiki tata letak fisik, mengoptimalkan area yang sering dikunjungi, dan meminimalkan limbah. Misalnya, memperluas ruang sempit untuk pejalan kaki akan menjadi

langkah praktis untuk mencapai tujuan ini. Di bidang bangunan pintar, fokusnya tidak hanya pada pengurangan biaya dan efisiensi energi. Menjadi penting untuk beroperasi secara cerdas demi kepentingan staf. Menerapkan sistem cerdas seperti pemesanan ruang rapat dan meja dapat membantu meminimalkan waktu staf yang terbuang dan meningkatkan kecerdasan ruang keseluruhan.

Mengurangi Biaya Operasional

Sebuah bangunan cerdas memiliki kemampuan untuk memanfaatkan data yang dikumpulkan untuk mengoptimalkan operasinya. Misalnya saja, ia dapat menyesuaikan nuansa secara dinamis untuk memaksimalkan cahaya alami, sehingga mengurangi kebutuhan akan penerangan listrik. Manajemen pencahayaan yang efektif ini telah menunjukkan pengurangan konsumsi daya secara signifikan, membantu bangunan mencapai efisiensi energi yang lebih tinggi, dan memenuhi peraturan ketat terkait emisi gas rumah kaca (D. Marikyan, 2018).

Selain itu, data yang dikumpulkan oleh gedung pintar dapat memfasilitasi proses penjadwalan otomatis, mulai dari alokasi tempat parkir hingga penetapan ruang kerja dan reservasi ruang konferensi. Dengan memanfaatkan pendekatan berbasis data ini, bangunan dapat menyederhanakan dan mengoptimalkan alokasi sumber daya, meningkatkan efisiensi secara keseluruhan, dan memaksimalkan pemanfaatan ruang dan fasilitas yang tersedia.

Mengurangi Konsumsi Energi

Bangunan pintar menawarkan peluang untuk meningkatkan efisiensi energi dan selanjutnya mengurangi biaya energi. Dengan mengintegrasikan sensor Internet of Things (IoT) yang memantau hunian dengan sistem manajemen gedung dapat mengotomatiskan proses mematikan lampu dan sistem HVAC di ruangan atau ruang kosong. Pendekatan proaktif ini menghilangkan konsumsi energi yang tidak perlu. Dengan mengelola dan mengoptimalkan penggunaan energi secara efektif berdasarkan data hunian real-time, bangunan pintar berkontribusi terhadap penghematan energi yang signifikan dan mendorong keberlanjutan.

Fleksibilitas

Data yang dikumpulkan dari bangunan pintar dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi perubahan kepadatan hunian. Informasi ini membuat sistem HVAC gedung menyesuaikan aliran udara, kelembapan, dan suhu secara dinamis, sehingga memastikan kenyamanan optimal dan efisiensi energi. Selain itu, data bangunan pintar dapat dimanfaatkan untuk menerapkan sistem pencahayaan cerdas. Dengan menetapkan ambang kepadatan yang meningkat, warna pencahayaan dapat dimodifikasi untuk menunjukkan kepadatan berlebih di area seperti ruang konferensi, ruang kerja, atau keseluruhan bangunan. Isyarat visual ini berfungsi sebagai indikator yang berguna bagi penghuni dan pengelola fasilitas untuk mengambil tindakan yang diperlukan, seperti mencari ruang alternatif atau menerapkan tindakan pengelolaan kerumunan (Efkarpidis, 2020).

KELEMAHAN BANGUNAN PINTAR

Penerapan sistem pelacakan dan pemantauan karyawan di tempat kerja menimbulkan kekhawatiran terkait privasi dan pengelolaan data, yang seringkali memerlukan panduan hukum untuk mengatasinya dengan tepat. Penerapan bangunan pintar sering kali memerlukan investasi modal yang besar dalam teknologi canggih seperti Sistem Manajemen

Gedung (BMS) atau Sistem Otomasi Gedung (BAS). Sistem ini berfungsi sebagai hub digital, memfasilitasi pengelolaan perangkat dan aplikasi yang mengontrol berbagai aspek operasional gedung.

Meskipun teknologi pintar menawarkan banyak manfaat, beberapa orang mungkin menganggapnya menakutkan, terutama ketika menghadapi masalah seperti sensor yang tidak berfungsi atau pesan kesalahan yang membingungkan dari perangkat yang saling terhubung. Dalam kasus seperti ini, dukungan pengguna dan langkah-langkah pemecahan masalah menjadi penting untuk memastikan pengalaman positif dan penerimaan pengguna. Penting untuk diingat bahwa gedung pintar sangat bergantung pada koneksi internet yang andal dan persisten. Koneksi internet yang stabil dan tidak terputus sangat penting untuk kelancaran fungsi perangkat yang terhubung dan aliran data berkelanjutan dalam ekosistem gedung pintar.

CARA MEMBUAT BANGUNAN PINTAR

Definisi bangunan cerdas yang sederhana adalah sebuah bangunan yang memberikan informasi tentang keseluruhan bangunan atau ruangan di dalamnya, memanfaatkan teknologi untuk menciptakan bangunan yang lebih cerdas, lebih aman, dan lebih memenuhi kebutuhan penghuninya. Tidak ada satu set perangkat lunak atau teknologi yang harus digunakan dalam bangunan pintar. Bangunan pintar dapat menggunakan berbagai macam teknologi berbeda yang sudah ada di dalam bangunan atau dipasang secara khusus untuk tujuan mengumpulkan informasi guna meningkatkan cara bangunan beroperasi. Kunci dari desain gedung pintar adalah integrasi, dengan sistem inti seperti penerangan, kamera keamanan bisnis, alarm, sensor, dan sistem kontrol, semuanya terhubung bersama untuk berbagi informasi guna menjadikan gedung lebih efisien, mengurangi biaya bagi penghuni, dan meningkatkan keselamatan. Teknologi bangunan cerdas memanfaatkan perangkat Internet of Things (IoT), yang dapat mencakup: Sensor, Aktuator, mikrochip, Perangkat lunak, Kamera.

Data yang dikumpulkan dari perangkat ini kemudian ditinjau dan diterapkan menggunakan kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin untuk memahami bagaimana bangunan tersebut digunakan, menemukan pola dan tren penggunaan, serta mendeteksi anomali apa pun. Untuk mengubah suatu tempat menjadi gedung pintar secara efektif, penting untuk menyadari pentingnya data yang akurat dan andal. Landasan teknologi bangunan pintar terletak pada ketersediaan data akurat yang menangkap pemanfaatan fasilitas. Langkah awal memperoleh dan menganalisis data melibatkan penerapan solusi bangunan pintar, seperti sensor hunian. Sensor memungkinkan pencatatan informasi pemanfaatan berharga yang berfungsi sebagai titik awal untuk wawasan berbasis data. Setelah memiliki akses ke informasi ini maka dapat mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dengan memanfaatkan integrasi dengan teknologi pintar dan sistem bangunan lainnya, memungkinkan otomatisasi dan meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, data memberdayakan proses pengambilan keputusan yang strategis.

CONTOH BANGUNAN PINTAR

Untuk menunjukkan bagaimana fitur bangunan pintar dapat dimanfaatkan di dunia nyata, National Grid mendemonstrasikan bagaimana sensor penghitung orang digunakan untuk memberikan laporan tingkat hunian. Hal ini memungkinkan pengukuran penggunaan dan kapasitas di seluruh gedung dan membantu mendukung strategi ruang kerja yang lebih

cerdas. University of Technology, Sydney, memanfaatkan teknologi bangunan pintar otomatis dalam sektor pendidikan untuk menyinkronkan kontrol AC dengan platform pemesanan kamar. Hal ini membantu menghemat biaya bisnis secara signifikan karena AC hanya perlu diaktifkan saat ruangan sedang digunakan (M. Himanen, 2017).



Gambar 1. Aplikasi teknologi AI dan IoT di bangunan pintar (sumber : Symmetry Electronics)

PRODUK BANGUNAN PINTAR

Sistem video pintar

Infrastruktur cerdas memberi tim keamanan wawasan yang dapat ditindaklanjuti, memungkinkan pengelola gedung meninjau apa yang terjadi di lokasi Anda secara real-time. Sistem CCTV pintar akan mendukung sistem kontrol akses gedung, memberikan verifikasi visual identitas orang melalui umpan video yang berkelanjutan. Sistem video cerdas juga memastikan bahwa dapat selalu memantau keamanan dari mana saja di dunia, dengan pelacakan jarak jauh untuk memberi tahu Anda tentang potensi ancaman keamanan bahkan saat penghuni atau pemilik bangunan tidak berada di dalam gedung (T. Hargreaves, 2017).

Selain itu, sistem manajemen video dapat dihubungkan ke perangkat alarm pintar, menggunakan sensor gerak atau detektor untuk memicu peringatan jika ada orang yang tidak berkepentingan memasuki lokasi bangunan sehingga akan diberitahu tentang peringatan apa pun secara instan melalui ponsel cerdas. Teknologi bangunan pintar juga dapat memicu tindakan tertentu, dan akan memiliki kemampuan untuk menghubungi layanan darurat secara otomatis. Tindakan lainnya termasuk, misalnya, secara otomatis memulai pengambilan video jika terjadi aktivitas yang tidak biasa atau mengirimkan peringatan kepada pemangku kepentingan utama jika ada pintu yang terbuka. Jenis teknologi ini dapat diterapkan pada semua area bangunan, termasuk pintu depan dan pintu interior, kamera panorama 360 dan model kamera umum lainnya, pintu putar dan kontrol elevator, untuk menciptakan sistem keamanan yang lebih terintegrasi yang menawarkan keamanan lebih kuat dibandingkan manajemen gedung dengan sistem tradisional (M. Gholamzadehmehr, 2020).

Kemajuan teknologi kunci pintar

Teknologi smart building bahkan dapat mengurangi risiko hilangnya kunci. Daripada memiliki banyak pemegang kunci, yang dapat menimbulkan risiko keamanan maka dapat memanfaatkan teknologi kunci pintar untuk mengunci dan membuka kunci pintu. Hal ini tidak hanya akan mengurangi risiko kehilangan kunci dan masuknya orang yang tidak berwenang, namun juga memastikan bahwa ada data berharga tentang setiap orang yang masuk dan keluar gedung, yang dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan gedung.

Cakupan kamera ditingkatkan

Teknologi bangunan cerdas juga dapat digunakan untuk menentukan area mana di gedung yang paling sering dikunjungi, meninjau data akses bersama dengan rekaman kamera untuk memahami apakah ada area di lokasi yang memerlukan cakupan kamera yang lebih baik. Memanfaatkan teknologi bangunan pintar bersama dengan sistem kamera yang ada dapat membantu meningkatkan keamanan bangunan komersial, serta meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya. Ada beberapa solusi bangunan cerdas masa depan luar biasa yang tersedia untuk bangunan komersial, menawarkan kepada pemilik dan manajemen bangunan kemampuan untuk menjadikan bangunan mereka cerdas dan mengumpulkan data guna meningkatkan operasi dan sistem bangunan keseluruhan demi masa depan yang lebih aman.

Pencahayaan yang lebih baik

Sistem kamera dan pintu masuk juga dapat bekerja berdampingan dengan pencahayaan di suatu bangunan agar lebih aman, khususnya di tempat yang luas atau ruang terbuka seperti bandara, fasilitas pemasyarakatan, dan tempat parkir. Misalnya, ketika seseorang menekan kode kuncinya di pintu tertentu, informasi akan dikirim dari sistem akses ke penerangan, dan dapat menerangi jalan bagi mereka untuk berpindah dari A ke B. Artinya, penghuni tidak perlu nyalakan lampu setiap saat, dengan biaya energi yang lebih rendah sehingga menghemat uang. Lampu akan menyala secara otomatis ketika ada orang di sekitar, memastikan penghuni dan pengunjung dapat menavigasi lokasi dengan aman. Selain itu juga dapat mengintegrasikan sistem keamanan video dengan sensor dan sistem pencahayaan, memungkinkan rekaman kamera keamanan tempat parkir video direkam dan dikirim ke tim keamanan secara instan.

Keamanan cyber

Keamanan siber merupakan kekhawatiran yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya insiden malware dan spyware. Jenis serangan ini dapat membahayakan keamanan fisik dan keamanan cyber, namun bangunan cerdas IoT dapat membantu tetap terlindungi. Sistem ini akan memantau jaringan dari potensi ancaman apa pun, memberi informasi secara real time tentang aktivitas mencurigakan apa pun sehingga dapat selangkah lebih maju dari penyerang dunia maya serta menggunakan informasi yang diperoleh dari data untuk membangun keamanan dunia maya yang lebih kuat strategi untuk masa depan.

Sistem darurat

Kontrol gedung yang cerdas dapat bekerja sama, memantau lokasi jika ada aktivitas yang tidak biasa atau pintu masuk yang tidak sah, dan kemudian menggunakan informasi tersebut untuk merespons dengan tepat. Selain itu dapat, misalnya, mengatur sistem untuk memicu

penguncian total jika ada orang yang tidak berkepentingan memasuki gedung atau secara otomatis menghubungi layanan darurat jika situasi darurat terdeteksi. Secara keseluruhan, teknologi bangunan pintar, ketika digunakan sebagai bagian dari sistem keamanan, dapat memberi data real-time yang berguna untuk membantu mendapatkan pemahaman mendalam tentang seperti apa keamanan gedung saat ini dan apakah ada peluang untuk perbaikan.

MANFAAT ANALISIS BANGUNAN PINTAR

Bangunan pintar menghasilkan sejumlah besar data bangunan berharga tentang bagaimana bangunan tersebut dimanfaatkan. Menganalisis data ini dapat memberi wawasan mengenai pola dan tren penggunaan, sehingga dapat membuat keputusan yang tepat tentang cara mengoptimalkan bangunan, sehingga memberikan keuntungan berikut (M.S. Aliero, 2021):

Peningkatan produktivitas

Menyediakan ruang yang memfasilitasi kualitas udara dalam ruangan yang baik, kenyamanan fisik, keamanan, sanitasi, penerangan, proses yang efisien, dan ruangan yang dibutuhkan staf pada tingkat optimal akan memungkinkan mereka untuk bekerja dengan baik. Oleh karena itu, mengidentifikasi dan memahami bagaimana orang memanfaatkan dan bergerak di sekitar bangunan, merupakan bagian integral dari perbaikan tata letak fisik menuju optimalisasi ruang yang sering dikunjungi sekaligus meminimalkan limbah. Meningkatkan ukuran area pejalan kaki yang sempit dan sempit mungkin merupakan contoh praktis dari hal ini. Bangunan pintar tidak bisa lagi hanya fokus pada pengurangan biaya dan energi. Mereka perlu beroperasi dengan cerdas untuk staf. Menerapkan pengoperasian cerdas seperti pemesanan ruang rapat dan meja akan membantu mengurangi waktu staf yang terbuang dan menjadikan ruang cerdas.

Mengurangi konsumsi energi

Bangunan pintar memungkinkan untuk meningkatkan efisiensi energi, dan pada gilirannya, meningkatkan biaya energi. Dengan menghubungkan sensor IoT yang memantau hunian dengan sistem manajemen gedung Anda, Anda dapat secara otomatis mematikan lampu atau sistem HVAC di ruangan atau ruang kosong untuk mengurangi kebutuhan konsumsi energi yang tidak perlu yang dihasilkan oleh aspek-aspek ini (A. Malagnino, 2021).

Mengurangi biaya operasional

Biaya overhead bangunan merupakan biaya yang signifikan bagi setiap pemilik atau pengguna bangunan. Dengan mengidentifikasi pola di sekitar ruang yang kurang dimanfaatkan, dapat memangkas biaya. Ada banyak manfaat penerapan sistem pintar di dalam gedung, mulai dari efisiensi biaya hingga meningkatkan kualitas konstruksi yang ramah lingkungan.

CARA MENJADIKAN BANGUNAN PINTAR DENGAN DATA

Kunci sukses mengubah bangunan menjadi tempat yang cerdas dan efisien adalah memahami bahwa hanya data yang akurat dan andal yang dapat memfasilitasi hal ini. Pada dasarnya, data yang mengidentifikasi penggunaan fasilitas mendasari pengoperasian sistem bangunan pintar. Menerapkan solusi bangunan pintar seperti sensor hunian yang mencatat informasi pemanfaatan adalah langkah pertama untuk memperoleh dan menganalisis data ini.

Setelah memiliki informasi ini maka dapat mengidentifikasi di mana perbaikan dapat dilakukan baik melalui integrasi dengan teknologi pintar lainnya dan membangun sistem yang memungkinkan otomatisasi atau dengan memfasilitasi pengambilan keputusan strategis (R. Yuliastri, 2017).

KESIMPULAN

Kecerdasan Buatan (AI) muncul sebagai pengubah permainan di bidang bangunan pintar. Dengan memanfaatkan algoritma pembelajaran mesin dan analisis data, AI memungkinkan bangunan untuk belajar, beradaptasi, dan mengoptimalkan operasi secara real-time. Bangunan pintar bertenaga AI unggul dalam manajemen energi, mengoptimalkan konsumsi berdasarkan data real-time, pola hunian, dan kondisi cuaca. Melalui analisis prediktif dan kontrol proaktif, algoritma AI mengidentifikasi peluang penghematan energi, mengurangi limbah, dan meminimalkan dampak terhadap lingkungan. Bangunan pintar yang dilengkapi dengan teknologi AI menghadirkan pengalaman penghuni lebih baik. Sistem yang didukung AI dapat menganalisis perilaku, preferensi, dan pola penghuni untuk mempersonalisasi kondisi lingkungan, seperti pencahayaan, suhu, dan kualitas udara. Algoritma AI memungkinkan bangunan pintar mendeteksi potensi masalah pemeliharaan dan kegagalan peralatan. Dengan terus memantau sistem bangunan dan menganalisis pola data, solusi bertenaga AI dapat memprediksi kebutuhan pemeliharaan dan memicu intervensi tepat waktu sehingga mengurangi waktu henti dan perbaikan yang mahal. Bangunan pintar yang didukung AI menghasilkan data yang dapat dimanfaatkan. Alat analisis tingkat lanjut memproses data ini untuk mengidentifikasi tren, pola, dan peluang pengoptimalan. Dengan memanfaatkan wawasan berbasis data, pemilik dan operator gedung dapat mengambil keputusan tepat untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kinerja operasional. Tujuan bangunan pintar adalah Manajemen energi, mengurangi biaya, emisi karbon dan keberlanjutan. Manajemen kenyamanan menciptakan lingkungan kerja lebih menyenangkan, meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan penghuni. Pengoptimalan sistem menghasilkan waktu operasional dan produktivitas lebih baik. Kunci untuk membuat bangunan pintar menjadi lebih baik adalah menggunakan data dengan benar. Bangunan pintar menghasilkan banyak data. Setiap detik, suhu, tekanan, status hidup atau mati masuk ke dalam sistem. Data bukan merupakan produk jadi sehingga dibutuhkan mesin untuk memproses dimana kecerdasan buatan digunakan. Data dalam jumlah besar sangat penting agar AI dapat bekerja dengan baik. Yang dapat dilakukan mesin namun tidak dapat dilakukan oleh manusia adalah memproses data tersebut dengan cukup cepat untuk mendapatkan hasil pada waktu yang tepat.

Teknologi Internet of Things (IoT) adalah jantung dari setiap sistem bangunan pintar. IoT mengacu pada jaringan objek yang memiliki sensor dan teknologi lain, memungkinkan mereka terhubung dengan perangkat lain dan bertukar data. Solusi IoT gedung pintar berarti bahwa jaringan 'benda' di dalam gedung dapat digunakan untuk berbagai tujuan, mulai dari menyederhanakan tugas hingga mendeteksi aktivitas yang tidak biasa. Teknologi bangunan pintar IoT mengumpulkan data bangunan pintar dan memprosesnya secara real-time untuk berbagai kegunaan berbeda, termasuk: Kontrol suhu dan kualitas udara, Efisiensi energi, Penggunaan listrik, Deteksi kebakaran, Sistem pemanas, ventilasi dan pendingin udara serta biaya energi, Kontrol pencahayaan, Perawatan gedung, Keamanan, Kontrol akses.

Otomatisasi gedung IoT cenderung memiliki tiga bagian berbeda yang semuanya bekerja sama untuk menjaga gedung berjalan lancar dan aman. Desain dan fitur bangunan cerdas ini di antaranya sensor cerdas, aktuator, dan microchip yang terintegrasi ke dalam perangkat seperti sistem pencahayaan dan kamera. Teknologi kecil ini mengumpulkan dan menyusun data tentang cara perangkat digunakan; Sistem kecerdasan buatan yang mengambil data dari sensor dan menggunakan pembelajaran mesin untuk memberikan wawasan yang cerdas dan berguna tentang cara perangkat digunakan. Bagaimanapun, data hanya berguna jika dapat digunakan untuk meningkatkan cara bisnis beroperasi dan bagaimana gedung digunakan; dan Satu dasbor pusat, yang memungkinkan semua data dilacak dan dianalisis di satu tempat.

Singkatnya, penerapan teknologi bangunan pintar menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, meningkatkan pengalaman penghuni, dan memaksimalkan penggunaan sumber daya. Dengan memanfaatkan data akurat yang dikumpulkan dari sensor dan mengintegrasikan berbagai sistem cerdas, pemilik dan pengelola gedung dapat membuat keputusan yang tepat, mengotomatisasi proses, dan menciptakan lingkungan yang berkelanjutan dan nyaman. Dari manajemen energi yang efektif hingga optimalisasi pemanfaatan ruang, manfaat bangunan pintar sudah jelas. Seiring dengan kemajuan teknologi, penting bagi organisasi untuk memanfaatkan peluang yang diberikan oleh bangunan pintar dan sepenuhnya memanfaatkan kemampuannya dalam membentuk masa depan lingkungan binaan.

SARAN

Bukan rahasia lagi bahwa saat ini masyarakat hidup di dunia dengan solusi yang terhubung. Rumah, kota, mobil, dan masih banyak lagi kini dibangun dengan infrastruktur cerdas sebagai fondasinya. Dikenal sebagai komponen kunci dalam pengembangan kota pintar, infrastruktur bangunan pintar mengintegrasikan banyak teknologi terhubung yang semakin dikenal. Berikut adalah cara yang dapat dilakukan Pemerintah Provinsi Jakarta mengembangkan kota pintar.

MENDEFINISIKAN FITUR BANGUNAN PINTAR DAN MENGAPLIKASIKAN PADA KEHIDUPAN MASYARAKAT

Seperti halnya makro (kota pintar), bangunan pintar dapat berkomunikasi dan responsif terhadap perubahan kebutuhan pengguna. Misalnya, bangunan pintar mempunyai kemampuan untuk merespons perubahan kondisi cuaca, menyediakan informasi pemeliharaan prediktif, melakukan penyesuaian yang diperlukan sebagai respons terhadap konsumsi energi, dan bahkan dapat menjadi jaringan mikro lokal yang membantu menstabilkan fluktuasi pasokan. Ada empat fitur utama yang menentukan pengembangan bangunan pintar, yaitu :

1. Integrasi Sensor Internet of Things (IoT).

Sensor IoT menyediakan data yang dibutuhkan bangunan pintar untuk membuat keputusan cerdas. Sensor dalam ekosistem gedung pintar membantu memantau: Lokasi, Kualitas udara, Gerakan, Kelembaban, Suhu, Lampu, dan banyak lagi lainnya.

2. Analisis Data

Tanpa analisis data yang tepat, informasi yang dikumpulkan dari teknologi sensor akan menjadi perdebatan. Analisis data memberikan bangunan cerdas wawasan yang dapat ditindaklanjuti. Wawasan ini membantu bangunan pintar mengetahui respons

tepat terhadap fluktuasi sistem.

3. Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna bangunan pintar berfokus pada bagaimana pengguna berinteraksi langsung dengan sistem pintar di dalam bangunan. Antarmuka pengguna dapat mencakup layar komputer, layar sentuh, perintah suara, atau item apa pun yang menyediakan interkoneksi antara bangunan pintar dan penggunanya.

4. Solusi Konektivitas

Konektivitas adalah dasar bagi semua ekosistem cerdas. Perangkat dalam sistem cerdas tidak dapat berkomunikasi tanpa solusi konektivitas ideal. Beberapa metode jaringan teratas untuk lingkungan gedung pintar meliputi: Jaringan area luas berdaya rendah (LPWAN) berbasis seluler seperti NB-IoT, LoRa, LoRaWAN, Sigfox. Opsi jaringan LPWAN berbasis Wi-Fi seperti Zigbee

Pada tahun 2022, ukuran pasar kota pintar global bernilai \$1.226,9 miliar. Permintaan akan solusi bangunan pintar terus meningkat terutama dari sudut pandang lingkungan. Meningkatnya urbanisasi dan kebutuhan akan sarana yang lebih efisien untuk mengelola sumber daya menambah tekanan pada pengembangan solusi teknologi berkelanjutan di perkotaan. Menurut Program Lingkungan Hidup Perserikatan Bangsa-Bangsa, perkotaan mengonsumsi 75% sumber daya alam dunia, termasuk 80% pasokan energi global, dan menghasilkan sekitar 75% emisi karbon global. Bangunan pintar menawarkan komponen utama yang ramah lingkungan untuk kota pintar yang berkelanjutan. Peningkatan integrasi bangunan pintar dapat memberikan manfaat di antaranya berikut ini kepada kota: Peningkatan keamanan, Mengurangi konsumsi energi, Pengurangan biaya, Peningkatan kesejahteraan, dan Lebih banyak manfaat lainnya.

Pasar bangunan pintar sangat besar dan terus berkembang. Pada tahun 2022, terdapat 45 juta bangunan pintar di seluruh dunia, jumlah tersebut diperkirakan akan meningkat menjadi 115 juta pada tahun 2026. Hal ini merupakan proyeksi peningkatan lebih dari 150% hanya dalam empat tahun. Dengan 90% bangunan pintar bersifat komersial dibandingkan perumahan, menjadi jelas bahwa dunia usaha mulai memanfaatkan kegunaan aplikasi bangunan pintar untuk meningkatkan keamanan, meningkatkan efisiensi di seluruh lokasi mereka berada, dan memangkas biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliero, M.S.; Qureshi, K.N.; Pasha, M.F.; Jeon, G. Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services. *Environ. Technol. Innov.* 2021, 22, 101443.
- Chen, S.; Zhang, G.; Xia, X.; Setunge, S.; Shi, L. A review of internal and external influencing factors on energy efficiency design of buildings. *Energy Build.* 2020, 216, 109944. (PDF) Design and Implementation of Smart Buildings: A Review of Current Research Trend.
- C. K. Metallidou, K. E. Psannis, and E. A. Egyptiadou, "Energy efficiency in smart buildings: IoT approaches," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 63679–63699, 2020, doi:10.1109/ACCESS.2020.2984461 (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.
- Del Rio, D.F.; Sovacool, B.K.; Bergman, N.; Makuch, K. Critically reviewing smart home technology applications and business models in Europe. *Energy Policy* 2020, 144, 111631.
- Del Rio, D.D.F.; Sovacool, B.K.; Griffiths, S. Culture, energy and climate sustainability, and smart home technologies: A mixed methods comparison of four countries. *Energy Clim. Chang.* 2021, 2, 100035.
- Gholamzadehmir, M.; Del Pero, C.; Buffa, S.; Fedrizzi, R.; Aste, N. Adaptive-predictive control strategy for HVAC systems in smart buildings—A review. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 63, 102480. (PDF) Design and Implementation of Smart Buildings: A Review of Current Research Trend.
- Gram-Hanssen, K.; Darby, S. "Home is where the smart is"? Evaluating smart home research and approaches against the concept of home. *Energy Res. Soc. Sci.* 2018, 37, 94–101.
- Hakimi, S.M.; Hasankhani, A. Intelligent energy management in off-grid smart buildings with energy interaction. *J. Clean. Prod.* 2019, 244, 118906.
- Hargreaves, T.; Wilson, C.; Hauxwell-Baldwin, R. Learning to live in a smart home. *Build. Res. Inf.* 2017, 46, 127–139.
- Kim, H.; Choi, H.; Kang, H.; An, J.; Yeom, S.; Hong, T. A systematic review of the smart energy conservation system: From smart homes to sustainable smart cities. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021, 140, 110755.
- Lu, Q.; Leng, Y.; Zhang, Z. Optimal household energy management based on smart residential energy hub considering uncertain behaviors. *Energy* 2020, 195, 117052. (PDF) Design and Implementation of Smart Buildings: A Review of Current Research Trend.
- M. Himanen, "The significance of user involvement in smart buildings within smart cities," in *Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities*, Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 265–314. (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.
- Malagnino, A.; Montanaro, T.; Lazoi, M.; Sergi, I.; Corallo, A.; Patrono, L. Building Information Modeling and Internet of Things integration for smart and sustainable environments: A review. *J. Clean. Prod.* 2021, 312, 127716.
- Marikyan, D.; Papagiannidis, S.; Alamanos, E. A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2018, 138, 139–154 (PDF) Design and Implementation of Smart Buildings: A Review of Current Research Trend.
- N. A. Efkarpidis, G. C. Christoforidis, and G. K. Papagiannis, "Modeling of heating and cooling energy needs in different types of smart buildings," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 29711–29728, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2972965 (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.
- P. M. McGuirk, R. Dowling, and C. Carr, "The material politics of smart building energy management: A view from Sydney's commercial office space," *Political Geography*, vol. 74,

- p. 102034, 2019, doi: 10.1016/j.polgeo.2019.102034 (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.
- R. Carli, G. Cavone, S. Ben Othman, and M. Dotoli, "IoT based architecture for model predictive control of HVAC Systems insmart buildings," *Sensors*, vol. 20, no. 3, p. 781, Jan. 2020, doi: 10.3390/s20030781 (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.
- R. Yuliasri and H. Amani, "Indicators to measure a smart building: an indonesian perspective," *International Journal of ComputerTheory and Engineering*, vol. 9, no. 6, pp. 406–411, 2017, doi: 10.7763/IJCTE.2017.V9.1176 (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.
- Strengers, Y.; Nicholls, L. Convenience and energy consumption in the smart home of the future: Industry visions from Australiaand beyond. *Energy Res. Soc. Sci.* 2017, 32, 86–93.
- Shin, J.; Park, Y.; Lee, D. Who will be smart home users? An analysis of adoption and diffusion of smart homes. *Technol. Forecast.Soc. Chang.* 2018, 134, 246–253.
- Q. Ha and M. D. Phung, "IoT-enabled dependable control for solar energy harvesting in smart buildings," *IET Smart Cities*, vol. 1,no. 2, pp. 61–70, Dec. 2019, doi: 10.1049 / iet-smc. 2019. 0052(PDF)Smart building trend, role, and position:a systematic literature review
- W. Zhang and M. Yue, "The application of building energy management system based on IoT technology in smart city,"*International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 12, no. 4, pp. 617–628, 2021, doi: 10.1007/s13198-021-01054-6 (PDF) Smart building trend, role, and position: a systematic literature review.

**EFISIENSI ENERGI PADA BANGUNAN
MELALUI OTOMATISASI SISTEM
PENDINGIN BERBASIS *ARTIFICIAL
INTELLIGENCE***

Aryani Widyakusuma*
Universitas Borobudur Jakarta

e-mail: aryaniwidyakusuma@alumni.ui.ac.id

PENDAHULUAN

Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) menciptakan gelombang kejutan di seluruh aspek Teknologi Informasi. Dari perspektif bangunan cerdas, AI sedang diintegrasikan ke dalam banyak teknologi yang dapat digunakan oleh pengguna untuk membantu meningkatkan keselamatan, kesehatan, dan fungsionalitas gedung dan kampus. Yang lebih penting dalam membangun inisiatif dan keuntungan operasional yang ramah lingkungan adalah integrasi AI dan pembelajaran mesin atau *machine learning* (ML) untuk memantau dan menganalisis penggunaan energi dan karbon (Aftab, 2017).

Meskipun sistem kelistrikan, penerangan, dan HVAC “pintar” telah ada sejak lama, kecerdasannya sebagian besar masih statis dan bergantung pada masukan dari operator sistem. Namun, dengan munculnya *artificial intelligence* atau AI dan *machine learning* atau ML, teknologi ini dapat berkembang ke tingkat berikutnya dengan mengidentifikasi pola konsumsi pada tingkat yang jauh lebih terperinci dan dapat lebih cepat beradaptasi terhadap perubahan ini, menurunkan penggunaan listrik dan pemanas maupun pendingin ke tingkat yang sangat rendah. Sedemikian rupa sehingga operator pada bangunan yang sudah tua umurnya sekalipun dapat memilih untuk meneruskan menggunakan teknologi infrastruktur bangunan pintar generasi awal dan tidak akan dapat mengabaikannya karena HVAC, penerangan, dan teknologi operasional lainnya pada bangunan lama atau tua usianya biasanya menghemat energi dan keluaran karbon dengan menjadwalkan kapan dan dimana sistem ini beroperasi atau diprogram untuk tidak digunakan. Meskipun proses statis ini terbukti meningkatkan efisiensi energi, masih banyak jenis efisiensi lainnya yang dapat diperoleh.

Tidak jarang sistem HVAC melakukan pemanasan atau pendinginan pada kapasitas penuh meskipun ada acara perusahaan yang dijadwalkan dan 90% karyawan berada di luar lokasi. Dalam kasus ini, AI dapat menggunakan informasi hunian real-time untuk mengidentifikasi perubahan perilaku ini. Meskipun ini adalah contoh sederhana, hal ini menunjukkan betapa mudahnya menghemat 5-20% penggunaan energi HVAC dan pemeliharaan dari tahun ke tahun jika sistem otomasi lebih cerdas diterapkan dengan baik. AI sepenuhnya menghilangkan faktor kesalahan manusia yang sering dikaitkan dengan penggunaan energi berlebih melalui kesalahan konfigurasi sistem dan penyesuaian HVAC yang dilakukan secara manual.

Intinya adalah bahwa AI mewakili evolusi signifikan dari teknologi efisiensi energi gedung pintar. Meskipun teknologi tersebut belum siap untuk digunakan secara komersial dan mungkin akan mahal dalam beberapa tahun pertama di pasaran, sekaranglah saatnya untuk mulai melakukan penelitian dan perencanaan. AI pada akhirnya akan menjadi terobosan dalam praktik efisiensi operasional gedung pintar yang melampaui apa yang ada saat ini. Bagi operator gedung yang belum beralih ke teknologi pintar, inilah saat yang tepat untuk ikut serta. Di sebagian besar negara, bangunan menyumbang sekitar 40% dari total energi yang dikonsumsi. HVAC dan pencahayaan mengkonsumsi sekitar setengah dari jumlah tersebut dimana AI sudah sangat membantu memberi peningkatan efisiensi energi dalam sistem ini.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah *Artificial Intelligence* atau AI saat ini sedang diterapkan di berbagai bidang sebagai teknologi yang mewujudkan kemampuan intelektual manusia seperti berpikir dan belajar melalui komputer. Teknologi inti AI dapat diidentifikasi sebagai kemampuan pembelajaran perangkat. Meskipun manusia telah mempelajari cara

menggunakan perangkat dan mesin di masa lalu, pengenalan AI membuka era di mana mesin belajar tentang manusia. Dengan fungsi pembelajaran AI, perangkat dapat menafsirkan lingkungan sekitar dan menganalisis serta menentukan kondisi ideal untuk menyediakan konsumsi energi dan lingkungan hidup optimal.

Masyarakat modern menghabiskan lebih dari 90 persen hari-hari mereka di dalam ruangan. Pendingin udara mengatur suhu, kelembapan, aliran udara, distribusi udara, debu beterbangan, bau, bakteri, dan konsentrasi gas berbahaya dalam ruang yang ditempati. Oleh karena itu, AC berbasis AI memiliki sensor yang membantu mengalirkan aliran udara jernih ke lingkungan dalam ruang sekaligus mengatur suhu dan tingkat kelembapan yang nyaman.

Pengoperasian AC dapat dikontrol secara otomatis tergantung pada tingkat hunian di suatu ruangan sehingga tidak perlu lagi khawatir apa sudah mematikan AC di rumah saat para penghuni keluar rumah. Berkat kemampuan AC untuk mendeteksi gerakan, AC dapat mati sendiri ketika tidak ada gerakan yang terdeteksi. Selain itu, smartphone dapat digunakan untuk memantau atau mengontrol pengoperasian AC. Karena waktu pengoperasian dan konsumsi daya dapat dipantau sehingga tidak perlu lagi mengkhawatirkan tagihan energi karena konsumsi daya berlebihan dapat dicegah dengan mengkonfigurasi nilai target terlebih dahulu.

Manusia kini hidup di dunia yang belum pernah mereka alami sebelumnya dengan pemanasan global, berkurangnya energi berbasis karbon dan peningkatan gas rumah kaca, masyarakat hiperkoneksi berbasis Internet, dan mesin cerdas berbasis AI (Kecerdasan Buatan) dan teknologi data besar (big data). AI dan ML mengubah dunia dan gaya hidup masyarakat menjadi lebih baik. Lalu apa pengaruhnya ini bagi dunia HVAC. Tulisan ini berusaha selidiki dasar-dasar teknologi AI dan pelajari bagaimana teknologi ini berdampak pada para profesional di dunia industri dalam meningkatkan kehidupan masyarakat masa kini.

Sistem Pemanas, Ventilasi, dan Pendingin Udara (HVAC) merupakan bagian integral dari kenyamanan dan kesejahteraan sehari-hari. Kemajuan teknologi, khususnya Kecerdasan Buatan (AI), kini merevolusi industri HVAC. Dengan memanfaatkan algoritma AI dan ML, sistem HVAC menjadi lebih cerdas, efisien, dan mampu mengoptimalkan konsumsi energi. Tulisan ini mengeksplorasi bagaimana AI mengubah sistem HVAC, meningkatkan kenyamanan, meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi biaya. Menggabungkan keahlian dalam teknologi Artificial Intelligence atau AI dan Programmable Logic Controllers atau PLC menghadirkan sistem HVAC canggih yang maksimalkan efisiensi dan memberi kinerja unggul.

PEMBAHASAN

Optimalkan Kenyamanan dan Penggunaan Energi Pada Bangunan dengan Pendingin Udara berbasis AI

Pertama hal yang perlu diketahui adalah bagaimana memahami AI dalam sistem HVAC. Kecerdasan Buatan melibatkan pengembangan algoritma cerdas yang memungkinkan mesin belajar dari data, membuat keputusan, dan melakukan tugas tanpa pemrograman eksplisit. Dalam konteks sistem HVAC, algoritma AI menganalisis data dari berbagai sensor dan input untuk mengoptimalkan pengoperasian sistem, aliran udara, kontrol suhu, dan konsumsi energi.

Hal-hal yang Perlu Diketahui Pemilik atau Operator Gedung Mengenai AI

Ilmu di balik berbagai bentuk kecerdasan buatan cukup rumit dan didasarkan pada berbagai model matematika, data latih, dan infrastruktur pusat data yang dibuat secara khusus. Namun, pemilik dan operator gedung tidak perlu mengetahui secara detail cara kerja teknologi tersebut. Ketika segala sesuatu menjadi rumit, hal ini berkaitan dengan pelatihan staf TI internal untuk mengelola backend AI sehingga sistem menganalisis data yang disimpan baik dapat digunakan untuk membuat keputusan yang tepat. Hal ini memerlukan pemahaman yang baik tentang data apa yang dikumpulkan dari tiap sistem internet of things dan bagaimana data tersebut dapat digunakan oleh AI. Dalam banyak kasus, pelatihan tambahan juga diperlukan. Agar sistem ini berfungsi secara efisien sepanjang siklus hidup teknologi, operator TI harus terlibat dalam fase desain dan penerapan proyek IoT dan AI terkait. Dengan begitu, operator lebih memahami bagaimana dan mengapa sistem dirancang, bagaimana mengamankan dari ancaman internal maupun eksternal, dan bagaimana melakukan penyesuaian yang tepat.

AI Dapat Meningkatkan Kontrol HVAC

Pada bulan September 2023, The Massachusetts Institute of Technology atau MIT mengumumkan program percontohan yang menggunakan AI dan ML untuk lebih meningkatkan efisiensi energi sistem HVAC di kampus. Tujuan mereka adalah menggunakan AI untuk menganalisis yang dikumpulkan dari berbagai sumber termasuk sensor suhu IoT, sensor hunian, dan prakiraan cuaca real time. Setelah data pelatihan ini dikumpulkan, data tersebut dapat dianalisis oleh AI dari waktu ke waktu untuk memprediksi target suhu pada bagian tertentu bangunan yang harus ditetapkan pada hari dan waktu tertentu.

Karena setiap bangunan berbeda, titik data spesifik seperti tingkat hunian dasar, lokasi kelompok hunian, jumlah waktu yang diperlukan untuk memanaskan atau mendinginkan ruangan tertentu, dan kondisi cuaca yang terus berubah akan dilacak. Seiring waktu, AI dapat mempelajari pola dan kondisi dinamis ini untuk memperkirakan tingkat HVAC secara tepat yang diperlukan dalam beberapa jam atau hari ke depan. Hal ini tidak hanya akan membantu menurunkan konsumsi energi dan penggunaan karbon secara keseluruhan dari waktu ke waktu, namun juga memberikan rincian biaya energi di masa depan dan rekomendasi peningkatan HVAC untuk mencapai efisiensi yang lebih besar di masa depan (Z. Deng, 2020).

Memajukan Layanan HVAC Melalui AI

Di gedung berskala besar, sistem operasi berbasis cloud dapat mengidentifikasi kesalahan pengoperasian terlebih dahulu untuk pemeliharaan sistem yang lebih efektif. Jika AC rusak

misalnya, administrator sistem dan pengguna dapat diberitahu tentang masalah tersebut melalui sensor dan alarm. Administrator sistem kemudian dapat menganalisis kesalahan sistem dan memberi tahu teknisi bagian pemeliharaan. Manajer pemeliharaan sekarang dapat memahami masalahnya dan menyiapkan alat, komponen, dan bahan yang diperlukan sebelum dikirim dan ditindaklanjuti. Layanan ini membantu dalam penyampaian perawatan yang cepat dan akurat. Selain itu, penggunaan database yang komprehensif, manajemen operasi, dan akses ke riwayat pemeliharaan sistem mendorong waktu respons yang lebih cepat dan mencegah konsumsi energi tambahan selama proses pemeliharaan berlangsung.

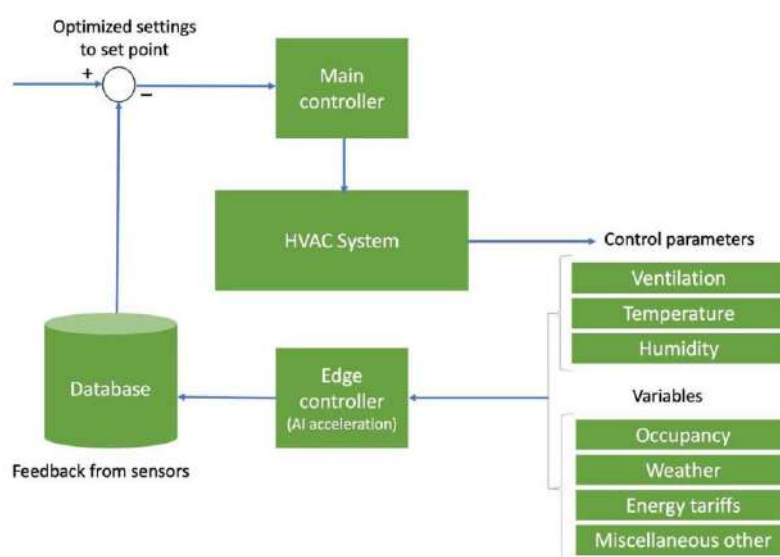
Seiring dengan berkembangnya sistem AI, sistem ini akan menjadi bagian integral dari dunia dan meningkatkan efisiensi energi pada banyak sistem yang digunakan sehari-hari. Di masa depan, teknologi AI diharapkan dapat memperbaiki dunia dengan mengembangkan AC hingga dapat mengenali aktivitas manusia dan memahami kesehatan serta suasana hati manusia pengguna ruang untuk pengendalian yang lebih tepat dan kondisi yang optimal.

AI dalam Pengoperasian dan Pemeliharaan HVAC

Bangunan adalah lingkungan yang kompleks dan dinamis dengan aliran panas yang terus berubah akibat variasi hunian dan cuaca. Mengoptimalkan kinerja sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) memerlukan karakterisasi aliran energi dan, idealnya, kemampuan untuk memprediksi bagaimana aliran tersebut kemungkinan akan berubah. Jumlah titik data dan kompleksitas persamaan pemodelan yang diperlukan untuk memastikan kinerja optimal sistem HVAC dalam segala kondisi memperluas kemampuan sistem manajemen energi tradisional. Kecerdasan buatan (AI) adalah alat yang ampuh untuk memodelkan aliran energi ini.

Salah satu cara mendasar AI berkontribusi terhadap kinerja sistem HVAC adalah melalui analisis data cerdas. algoritma AI mengklasifikasikan, mengelompokkan, dan menganalisis sejumlah besar data untuk mengidentifikasi pola. Data tersebut meliputi suhu, kelembaban, hunian dan kondisi cuaca. Tarif energi bervariasi menurut waktu, jadi ini merupakan faktor lain yang dapat dipertimbangkan. Pemrosesan data dilakukan secara lokal, di pusat data di cloud, di edge (dekat sensor sistem), atau menggunakan beberapa kombinasi sumber daya ini.

Proses rancangan sederhana dari sistem HVAC tipikal ditunjukkan pada diagram blok di bawah ini



Gambar 1. Sistem kontrol HVAC berbantu AI maksimalkan efisiensi energi dan kenyamanan

Dengan menganalisis pola historis dan masukan waktu nyata, AI dapat mengidentifikasi tren, permintaan dan menyesuaikan pengaturan HVAC, memastikan tingkat kenyamanan optimal sekaligus meminimalkan konsumsi energi. Optimalisasi dinamis ini membantu menghilangkan pemborosan energi, menyempurnakan pengaturan sistem, dan dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen gedung lainnya untuk manajemen energi yang lebih komprehensif.

Pemeliharaan Prediktif Berbasis AI adalah Terobosan Baru

Praktik pemeliharaan tradisional sering kali mengandalkan jadwal tetap atau respons reaktif terhadap kegagalan, sehingga menyebabkan inefisiensi dan waktu henti yang tidak terduga. Dengan AI, sensor dan data dari sistem HVAC dapat terus dipantau, sehingga algoritma prediktif dapat mengidentifikasi potensi masalah sebelum masalah tersebut menjadi lebih besar. Dengan menganalisis pola kinerja dan mendeteksi anomali, AI dapat secara proaktif menjadwalkan pemeliharaan untuk mencegah kegagalan kritis, memaksimalkan waktu aktif sistem, dan mengurangi biaya (Gholamzadehmir, 2020).

AI juga menyederhanakan deteksi kesalahan dan diagnosis masalah sistem HVAC, yang bisa jadi rumit dan memakan waktu. Dengan menganalisis data sistem dan membandingkannya dengan ambang batas yang telah ditentukan, algoritma AI dapat mengidentifikasi penyimpangan dan mengingatkan personil pemeliharaan tentang potensi masalah. Deteksi dini ini memungkinkan pemecahan masalah dengan cepat, mengurangi waktu henti, dan mencegah kerusakan lebih lanjut. Selain itu, AI dapat memberikan wawasan tentang akar penyebab kegagalan, sehingga memfasilitasi penyelesaian masalah yang efektif.

Menjaga Kualitas Udara dalam Ruangan yang Optimal

AI meningkatkan manajemen kualitas udara ruang dalam sistem HVAC dengan memantau dan menganalisis parameter kualitas udara seperti tingkat CO₂, materi partikulat, dan senyawa organik yang mudah menguap. Dengan mengintegrasikan AI dengan sistem ventilasi, sistem HVAC dapat secara dinamis menyesuaikan tingkat ventilasi berdasarkan data kualitas udara secara real-time, memastikan lingkungan dalam ruang sehat dan nyaman sekaligus meminimalkan pemborosan energi (Azuatalam, 2020).

Hasil Nyata AI dalam Penerapan HVAC

Meskipun penggunaan AI dalam sistem HVAC relatif baru, beberapa contoh nyata keberhasilannya mulai bermunculan. Seperti dilansir International Society of Automation, pada tahun 2020, Yokogawa menggunakan AI untuk mengurangi konsumsi energi di pabrik pembuatan sensor semikonduktornya di Miyada-mura, Jepang. Model AI menggunakan algoritma pembelajaran penguatan dalam mengoperasikan sistem HVAC untuk lingkungan fabrikasi ruang bersih perusahaan. Tujuannya untuk menjaga kondisi lingkungan yang diatur secara ketat sambil meminimalkan penggunaan energi. Ruang bersih di fasilitas tersebut menyumbang 30% dari total konsumsi energi, berbahan bakar gas minyak cair. Sistem AI yang diterapkan Yokogawa melengkapi infrastruktur HVAC dan kontrol proses konvensional yang ada, sehingga diperlukan investasi modal minimal. Hasilnya adalah pengurangan konsumsi energi sebesar 3,6% setelah beberapa bulan penyempurnaan model mandiri.

Dalam salah satu dari beberapa studi kasus di situs webnya, BrainBox AI, sebuah perusahaan HVAC di Montreal, Kanada, menjelaskan bagaimana teknologi AI-nya digunakan untuk mengubah sistem HVAC tradisional di pusat perbelanjaan seluas 509.612 kaki persegi menjadi sistem otonom. Dalam hal ini, algoritma hasil kurasi khusus yang berjalan di cloud menggabungkan data bangunan yang dipetakan selama beberapa minggu dengan data cuaca eksternal dan tarif energi untuk mengoptimalkan pengoperasian sistem. Penghematan listrik sebesar 21% (205.214 kWh) setelah satu tahun, dengan AI yang memungkinkan suhu zona bangunan yang diperlukan dipertahankan secara akurat dengan waktu pengoperasian peralatan HVAC sangat berkurang. Ringkasan pengurangan runtime dalam tabel di bawah ini.

AVERAGE RUNTIME REDUCTION BY HVAC EQUIPMENT TYPE	
SUPPLY FAN RUNTIME	-33.50%
HEATING STAGE RUNTIME	-62%
COOLING STAGE RUNTIME	-5%
REHEAT STAGES RUNTIME	-30%
GLOBAL REHEAT UTILIZATION	-78%
OVERALL FAN RUNTIME	-61%
HEATING MODULATION RUNTIME	-91%
HEATING STATE RUNTIME	-81%

Gambar 2. Ringkasan pengurangan runtime pada perangkat HVAC
(Sumber: BrainBox AI)

Tabel menunjukkan analisis pengurangan waktu pengoperasian komponen HVAC yang dicapai dengan penerapan teknologi AI di pusat perbelanjaan seluas 509.612 kaki persegi di Kanada. Selain itu, Santagostino sebuah perusahaan yang mengoperasikan 35 pusat kesehatan di seluruh Italia, memilih untuk mengembangkan implementasi AI sendiri menggunakan platform Arduino Nano MCU untuk membantu pemeliharaan prediktif sistem HVAC. Studi kasus tersebut, yang dirinci di situs web Arduino, menunjukkan bahwa implementasi AI tidak perlu mahal dan penggunaan komponen standar siap pakai yang dijalankan pada perangkat lunak sumber terbuka menawarkan tingkat fleksibilitas yang tidak dimiliki oleh sistem khusus. Platform Arduino Nano RP2040 Connect dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth onboard menjalankan algoritma AI yang membaca dan menganalisis parameter sistem. Papan Arduino ringkas ditempatkan dalam kotak cetak 3D dan ditempatkan di pompa panas, unit AC, dan sistem ventilasi di seluruh lokasi Santagostino. Akselerometer integral platform mencatat parameter alat berat setiap 30 detik dan mendeteksi getaran. Selain mengidentifikasi dan menemukan kerusakan secara instan, analisis data yang berkelanjutan memungkinkan jadwal pemeliharaan dioptimalkan, meminimalkan biaya dan waktu henti, serta mengoptimalkan lingkungan rumah sakit untuk pasien, pengunjung, dan

staf.

Teknologi Baru Membuat Manajemen Gedung dan Sistem HVAC Menjadi Lebih Cerdas

Bangunan mempunyai kebutuhan energi yang tidak pernah terpuaskan. Bangunan publik dan komersial khususnya menggunakan banyak energi. Karena manusia menghabiskan sebagian besar hidupnya di dalam bangunan ini, maka bangunan tersebut tunduk pada persyaratan kesehatan dan keselamatan yang ketat.

Sistem manajemen gedung modern (BMS) digunakan untuk membantu mengelola persyaratan ini. BMS sering kali dilengkapi dengan sistem pengatur suhu (HVAC, atau pemanas, ventilasi, dan AC). Dalam beberapa hal, BMS terlibat dalam pertarungan berkelanjutan dengan sistem HVAC karena tujuannya belum tentu selaras. BMS akan berupaya maksimal untuk mengurangi penggunaan energi, sedangkan sistem HVAC hanya berfokus pada pemeliharaan lingkungan ramah manusia. Jika dunia mereka, dalam hal ini bangunan adalah sistem tertutup, keduanya bisa hidup harmonis. Namun bangunan bukanlah sistem tertutup dan manusia adalah variabel. Dunia akan selalu berubah dinamis.

Memindahkan Pengelolaan Gedung Secara Online

Internet of Things (IoT) telah membuka dimensi baru bagi produsen BMS dan HVAC. algoritma kontrol kini dapat dipengaruhi oleh operator jarak jauh. Pengawas gedung dapat memantau parameter seperti suhu, kelembapan, hunian, dan keamanan dari mana saja. Meskipun IoT telah memperluas jangkauan kendali pengawasan, arsitektur sistemnya masih relatif tidak fleksibel. Menambahkan konektivitas, secara teori, memungkinkan BMS dapat diperluas setelah instalasi awal. Ini mungkin termasuk menambahkan sensor baru pada pintu dan jendela. Namun, data yang diberikan oleh sensor jendela juga akan berguna bagi HVAC jika sensor tersebut memahami bagaimana jendela yang terbuka dapat menyebabkan penurunan suhu atau peningkatan kelembapan.

Menambahkan sensor ke suatu sistem mungkin relatif sederhana namun mengintegrasikan data tersebut kepada kedua sistem memerlukan tingkat interoperabilitas dan ekstensibilitas yang lebih tinggi. Skenario ini tidak hanya terjadi pada manajemen gedung. IoT menciptakan peluang bagi sistem yang dapat diperluas untuk mengakses lebih banyak data. Sumber data mungkin bersifat publik, atau tersedia secara komersial melalui langganan. Antarmuka pemrograman aplikasi (API) adalah cara standar industri untuk mengakses data di luar sistem langsung melalui koneksi internet. Oleh karena itu, perangkat yang menyediakan data harus terhubung dengan layanan internet yang mengelola koneksi tersebut.

Dimungkinkan untuk memperluas BMS menggunakan data yang dikumpulkan melalui API. Sebagai contoh, hal ini mungkin mencakup peringatan lalu lintas dari persimpangan terdekat, yang dapat mempengaruhi arus penggunaan ruang masuk dan keluar gedung. Jika hal ini tampaknya tidak mungkin terjadi, hal ini mungkin karena manfaat yang diperoleh tampaknya tidak sebanding dengan upaya yang dilakukan. Namun bagaimana jika BMS dapat secara otomatis beradaptasi dengan data baru saat data tersebut tersedia. Di sinilah kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin dapat membantu (Sala-Cardoso, 2018).

Menambahkan AI ke BMS dan HVAC

BMS adalah investasi jangka panjang dan bukan jenis sistem yang akan sering diganti. IoT telah ada cukup lama untuk diintegrasikan ke dalam manajemen gedung untuk sementara waktu, sehingga banyak BMS yang memiliki konektivitas internet. Sebagai layanan berbasis cloud, AI dapat digunakan untuk memantau pola dan membuat penilaian terhadap anomali dalam pola tersebut. Hal ini berguna untuk BMS yang terhubung, yang umumnya menggunakan pemrograman berbasis aturan. Manusia tidak selalu berperilaku sama. Dengan menggunakan AI, tindakan yang diambil bisa berubah dan beradaptasi. Mengizinkan AI mengambil keputusan secara real-time mengenai pengelolaan gedung dapat berguna jika digunakan dengan cara benar dan kini ada produsen yang melakukan hal ini. Beralih dari algoritma berbasis aturan ke AI dalam sistem yang variabelnya mencakup pintu terkunci dan jendela terbuka dapat menghasilkan otomatisasi yang lebih baik.

AI akan lebih berdampak pada sistem yang input kontrolnya benar-benar bervariasi. HVAC adalah contoh baik yang paling relevan aplikasinya. Tujuan dari sistem HVAC adalah untuk mengontrol parameter penting bagi penghuninya: suhu dan kelembaban, serta kualitas udara dan tekanan udara sampai batas tertentu. Parameter ini dapat berubah sewaktu-waktu, disebabkan oleh masukan yang berada di luar kendali sistem. Karena cara masukan ini berinteraksi rumit dan cara sistem bereaksi terhadap masukan ini juga lebih kompleks. Suhu luar akan mengikuti norma musiman, namun bisa juga berubah secara tiba-tiba berdasarkan kecepatan dan arah angin, tingkat tutupan awan, dan jumlah curah hujan. Hal yang sama juga berlaku untuk kelembapan. Tingkat kelembapan di dalam gedung dipengaruhi oleh kelembapan luar, setiap perubahan perlu dideteksi dan dilakukan penyesuaian. Pendekatan loop tertutup terhadap apa yang sebenarnya merupakan sistem loop terbuka memerlukan lebih dari sekedar aturan sederhana. Di sinilah AI dapat berperan.

Seperti namanya, sistem HVAC sedang dalam perjalanan. Mereka mulai dengan pemanasan dan kemudian menambahkan ventilasi dan sekarang termasuk AC, dengan R untuk pendinginan kadang-kadang ditambahkan untuk mengukur baik. Sensor suhu, kelembaban dan tekanan memainkan peranan penting dalam menciptakan bagian tertutup dari sistem loop terbuka yang inheren ini. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) perannya menjadi sangat aktif di sini, memberikan panduan mengenai sensor apa yang harus digunakan dan dimana dapat menggunakannya.

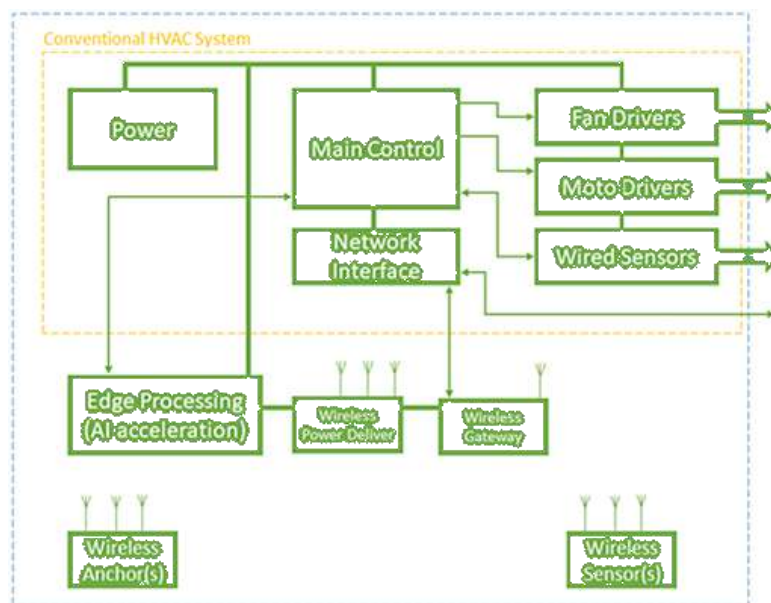
Kebutuhan akan sensor juga berkembang seiring dengan HVAC. Suhu dan kelembapan kini menjadi lebih penting untuk menjaga kesehatan lingkungan. Dorongan untuk efisiensi energi yang lebih tinggi dalam sistem HVAC juga semakin cepat. ASHRAE meluncurkan gugus tugas dekarbonisasi bangunan guna menurunkan emisi dari energi yang mereka gunakan. Oleh karena itu, menambahkan lebih banyak sensor ke sistem terutama yang menggunakan AI, akan menghasilkan kontrol lebih baik. Hal ini menciptakan beberapa tujuan desain yang dapat diatasi dengan menggunakan produk sensor terbaru ditambah dengan teknologi baru.

Usulan Sistem HVAC Dengan Daya Nirkabel, Sensor Nirkabel, dan AI

Di sini disajikan skenario masa depan dimana produk dan teknologi digabungkan untuk menciptakan HVAC generasi berikutnya. Sensor pintar bukanlah hal baru, mereka mendukung IoT. Mengintegrasikan sensor ke dalam sistem adalah satu hal, namun kami

berupaya memperluas jangkauan sistem HVAC menggunakan sensor cerdas secara terdistribusi. Dalam sistem HVAC yang kami usulkan, AI akan digunakan untuk memanfaatkan data suhu dan kelembapan yang disediakan oleh sensor jarak jauh yang didistribusikan ke seluruh gedung (Jazaeri, 2019).

Langkah pertama adalah memilih sensor suhu dan kelembapan terbaik untuk tugas tersebut. Yang diinginkan adalah sensor pintar ini berukuran kecil dan berdaya rendah, namun juga harus memberikan akurasi yang tinggi. Sistem HVAC awal tidak menggunakan sensor sama sekali. Ketika ditambahkan, unsur-unsur tersebut sederhana, seringkali hanya elemen resistif. Beberapa sistem HVAC masih menggunakan sensor sederhana ini, bahkan yang kini menggunakan kontrol digital langsung (DDC).



Gambar 3. Usulan sistem HVAC dengan daya nirkabel, sensor nirkabel, dan AI

Selain memberi daya pada sensor pintar dan memahami data apa yang ditawarkannya, ada persyaratan lain yang perlu dipertimbangkan. Untuk sistem HVAC, lokasi sensor juga sangat penting. Agar sistem kecerdasan buatan dapat bekerja, sistem tersebut perlu mengetahui area bangunan mana yang datanya terkait. Variasi suhu dan kelembapan di seluruh gedung merupakan hal mendasar untuk pengoperasian yang efisien.

Jika arsitektur sistem diperbaiki sebelum dipasang, lokasi sensor sudah diketahui. Namun dalam visi sistem HVAC masa depan menggunakan AI untuk beradaptasi dan beroperasi lebih efisien, tidak ada asumsi bahwa jumlah dan lokasi sensor pintar tetap. Sekali lagi, teknologi datang untuk menyelamatkan. Dalam hal ini adalah penginderaan posisi dalam ruangan menggunakan sinyal nirkabel. Hampir semua teknologi nirkabel populer kini menyediakan cara untuk menentukan posisi termasuk Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, UWB dan banyak lagi. Alasan utamanya adalah karena GPS tidak berfungsi dengan baik dalam ruang.

Secara umum, suatu posisi ditentukan relatif terhadap titik-titik yang diketahui. Titik-titik yang diketahui biasanya merupakan transceiver nirkabel lainnya di lokasi tetap. Perangkat

bergerak dapat menentukan posisinya sendiri dengan menganalisis kekuatan, waktu terbang, atau sudut datangnya sinyal yang datang dari transceiver tetap. Setiap teknologi nirkabel melakukan hal ini sedikit berbeda tergantung pada kemampuan perangkat kerasnya. Beberapa sistem penentuan posisi dalam ruangan dapat memberikan akurasi sentimeter dan untuk pelacakan aset dimana hal ini sangat penting. Untuk tujuan ini, posisi tepatnya tidak terlalu penting. Sistem HVAC akan memiliki peta bangunan sehingga mengetahui lantai, ruangan, dan dinding mana yang dekat dengan sensor sudah cukup.

Peningkatan Kenyamanan dan Personalisasi

Sistem HVAC yang didukung AI memiliki kemampuan untuk mempelajari preferensi penghuni dan menyesuaikan pengaturannya. Dengan menganalisis pola dan perilaku pengguna, algoritma AI dapat membuat profil kenyamanan yang dipersonalisasi, memastikan kontrol suhu dan aliran udara individual di berbagai zona bangunan. Pendekatan yang dipersonalisasi ini meningkatkan kenyamanan dan kepuasan penghuni.

Efisiensi Energi dan Penghematan Biaya

algoritma AI mengoptimalkan pengoperasian sistem HVAC dengan terus menganalisis dan beradaptasi dengan kondisi waktu nyata. Dengan mempertimbangkan faktor seperti suhu luar ruang, pola hunian, dan beban termal, sistem bertenaga AI menyesuaikan pengaturan secara dinamis sehingga memaksimalkan efisiensi energi. Hal ini menyebabkan berkurangnya konsumsi energi, tagihan listrik lebih rendah, dan jejak karbon lebih kecil.

Pemeliharaan Prediktif dan Deteksi Kesalahan

algoritma AI memungkinkan kemampuan pemeliharaan prediktif dalam sistem HVAC. Dengan menganalisis data kinerja, AI dapat mengidentifikasi tanda-tanda awal penurunan kualitas peralatan atau potensi kesalahan. Pendekatan proaktif ini memungkinkan intervensi pemeliharaan tepat waktu, mengurangi waktu henti, dan mengoptimalkan keandalan sistem. AI juga membantu dalam deteksi kesalahan dan diagnostik, menunjukkan dengan tepat akar penyebab masalah dan memungkinkan penyelesaian yang cepat (Ahmadi-Karvigh, 2019).

Manajemen Beban Cerdas dan Respon Permintaan

algoritma AI mengoptimalkan penggunaan energi dengan mengelola beban HVAC secara cerdas. Selama periode permintaan puncak, sistem bertenaga AI dapat secara otomatis menyesuaikan titik setel suhu atau mengaktifkan strategi pelepasan beban untuk mengurangi konsumsi energi tanpa mengurangi kenyamanan penghuni. Manajemen beban cerdas ini berkontribusi pada stabilitas jaringan dan menurunkan biaya energi keseluruhan.

Semua Pihak Bisa Membuat Sistem HVAC yang Lebih Baik

Ada motivasi kuat untuk meningkatkan efisiensi energi pada bangunan komersial. Hal ini berkaitan dengan cara kerja sistem BMS dan HVAC. Semua penghuni pernah berada di ruangan yang suhu dan kelembapannya sepertinya tidak tepat. Hal ini sering kali mengarah pada siklus pendinginan dan pemanasan saat sistem kontrol mencoba mencapai target. Lebih banyak data juga akan membantu membuat AI lebih efektif, sehingga memunculkan konsep sensor pintar terdistribusi. Dalam skenario yang dijelaskan di sini, sensor pintar menggunakan posisi dalam ruangan dan pengiriman daya nirkabel, serta pendekatan berorientasi layanan untuk mengirimkan data tersebut. Ini semua adalah teknologi nyata yang tersedia saat ini. Saat ini sudah ditemukan jalan menuju HVAC masa depan. AI sudah

digunakan di BMS dan HVAC, dan HTU31 juga disukai oleh para produsen HVAC.

KESIMPULAN

Dalam kehidupan masyarakat saat ini, kemajuan teknologi telah membuat hidup lebih mudah dengan memberi tingkat pengetahuan lebih tinggi melalui penemuan berbagai perangkat. Seiring dengan perjalanan menuju masa depan yang lebih berkelanjutan dan hemat energi, peran otomatisasi dalam mengoptimalkan sistem pendingin tidak bisa dilepaskan. Metode pendinginan tradisional seringkali boros energi dan tidak efisien. Masuknya AI merevolusi industri pendingin. Kekuatan Otomatisasi Sistem Pendingin di antaranya adalah algoritma AI dapat terus menganalisis data dari sensor untuk mengoptimalkan kinerja sistem pendingin. Hal ini menghasilkan penghematan energi, pengurangan biaya operasional, dan dampak lingkungan lebih kecil. Teknologi ini dapat memprediksi kapan komponen dalam sistem pendingin mengalami kegagalan sehingga memungkinkan dilakukan pemeliharaan proaktif. Hal ini tidak hanya meminimalkan waktu henti tapi juga memperpanjang umur peralatan. Otomatisasi menyesuaikan tingkat pendinginan berdasarkan kondisi real-time untuk memastikan bahwa pendinginan dilakukan tepat pada waktu dan tempat yang dibutuhkan. Ketepatan ini dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas di ruang komersial dan residensial. Pendinginan menyumbang porsi besar konsumsi energi di banyak bangunan. Otomatisasi dapat mengidentifikasi peluang mengurangi konsumsi energi selama jam puncak permintaan sehingga menghasilkan penghematan biaya. Otomatisasi sistem pendingin memastikan kinerja dan efisiensi energi tidak terganggu. Bagaimana tingkat hunian dapat mempengaruhi penggunaan HVAC. Dengan 40% penggunaan energi gedung berada di HVAC. Banyak bangunan telah memasang sensor untuk menghindari pemborosan energi di ruang kosong. Sensor akan menyala jika seseorang memasuki ruangan. Ruang kantor dapat memanfaatkan sistem HVAC berbasis AI yang beradaptasi dengan tingkat hunian dan kondisi cuaca. Otomatisasi sistem pendingin mengoptimalkan pendinginan untuk meminimalkan penggunaan energi sekaligus menjaga kondisi pengoperasian aman. Otomatisasi sistem pendingin meningkatkan kenyamanan hunian dan mengurangi tagihan energi. Pada unit kontrol terdapat algoritma untuk memproses berbagai data mulai dari permintaan pendinginan hingga pasokan suhu dan pengembalian serta mengontrol proses pengisian dan pengosongan baterai termal sehingga menghasilkan data operasional yang dapat diintegrasikan ke perangkat lunak pada manajemen gedung.

Kecerdasan Buatan merevolusi industri HVAC, memberdayakan sistem untuk memberikan kenyamanan yang dipersonalisasi, memaksimalkan efisiensi energi, dan mengurangi biaya. Melalui integrasi algoritma AI dan pembelajaran mesin atau machine learning ML, sistem HVAC dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi, mengoptimalkan konsumsi energi, dan secara proaktif mengatasi kebutuhan pemeliharaan. Dengan keahlian dalam teknologi Otomasi dan Kontrol Bangunan serta AI berada di garis depan revolusi ini, maka akhirnya dapat menyediakan sistem HVAC bertenaga AI yang canggih dan dapat memperoleh manfaat dari kemampuan AI yang canggih, efisiensi energi yang unggul, dan kenyamanan yang optimal. Semua pengguna dapat merasakan masa depan sistem HVAC dan menikmati manfaat teknologi AI mutakhir untuk kenyamanan dan kebutuhan dalam manajemen energi.

AI membawa kemajuan luar biasa pada sistem HVAC. Kemajuan tersebut mencakup analisis data cerdas, pemeliharaan prediktif, optimalisasi energi, deteksi kesalahan dan diagnostik, manajemen kualitas udara dalam ruangan, dan peningkatan berkelanjutan melalui pembelajaran mesin. Dengan memanfaatkan AI terdapat berbagai keuntungan yaitu dapat meningkatkan tingkat kenyamanan, mengurangi konsumsi energi, meningkatkan kinerja sistem, dan meningkatkan keberlanjutan. Seiring dengan terus berkembangnya AI, masa depan sistem HVAC menjanjikan inovasi dan efisiensi di lingkungan yang dibangun.

SARAN

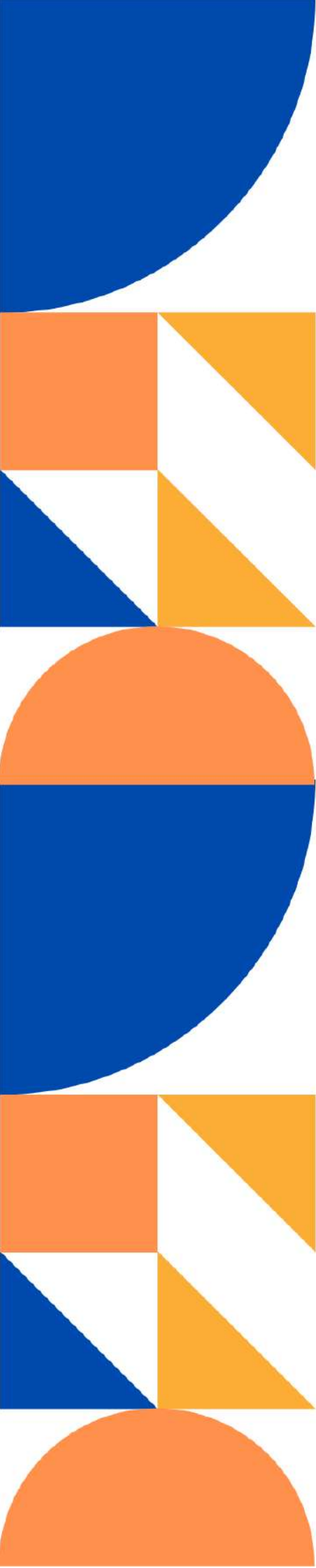
Tren masa depan dalam integrasi AI terkait Integrasi Kecerdasan Buatan (AI) dalam sistem HVAC merupakan proses berkelanjutan yang menarik dibahas. Seiring dengan kemajuan teknologi, integrasi AI dalam sistem HVAC akan menghasilkan beberapa tren transformatif:

1. Analisis Prediktif Tingkat Lanjut: algoritma AI akan menjadi lebih canggih dalam menganalisis data dari sensor, kinerja peralatan, prakiraan cuaca, dan pola hunian. Hal ini akan memungkinkan sistem HVAC memprediksi dan mengoptimalkan konsumsi energi, mengantisipasi kebutuhan pemeliharaan, dan beradaptasi terhadap perubahan kondisi secara real-time.
2. Peningkatan Efisiensi Energi: Sistem HVAC bertenaga AI di masa depan akan memiliki kemampuan yang lebih baik untuk lebih mengoptimalkan efisiensi energi. algoritma AI akan memanfaatkan teknik pembelajaran mesin canggih untuk terus belajar dan beradaptasi dengan dinamika bangunan, perilaku penghuni, dan kondisi cuaca. Hal ini akan menghasilkan pengelolaan energi yang lebih tepat dan dinamis, mengurangi limbah dan memaksimalkan penghematan energi.
3. Integrasi dengan Sistem Bangunan Cerdas: Sistem HVAC yang didukung AI akan berintegrasi secara mulus dengan teknologi bangunan pintar lainnya, seperti kontrol pencahayaan, pemantauan hunian, dan sistem manajemen gedung. Integrasi ini akan memungkinkan pendekatan holistik untuk membangun otomatisasi, di mana algoritma AI mengoptimalkan konsumsi energi di berbagai sistem, sehingga memastikan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Keahlian dalam Sistem HVAC yang Didukung AI akan menggabungkan keahlian dalam algoritma AI dan Pengontrol Logika yang Dapat Di Program (PLC) untuk menghadirkan solusi HVAC mutakhir. Dengan pengetahuan mendalam tentang otomasi industri dan sistem HVAC, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat mendorong pelaku industri untuk merancang dan mengimplementasikan sistem HVAC bertenaga AI yang disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan unik bisnis di seluruh industri. Komitmen Pemerintah Provinsi Jakarta terhadap kualitas dan inovasi harus memastikan bahwa masyarakat mendapat manfaat dari kemajuan terbaru dalam teknologi AI untuk kebutuhan HVAC dalam menunjang kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Aftab, M.; Chen, C.; Chau, C.K.; Rahwan, T. Automatic HVAC Control with Real-Time Occupancy Recognition and Simulation-Guided Model Predictive Control in Low-Cost Embedded System. *Energy Build.* **2017**, *154*, 141–156.
- Ahmadi-Karvigh, S.; Becerik-Gerber, B.; Soibelman, L. Intelligent Adaptive Automation: A Framework for an Activity-Driven and User-Centered Building Automation. *Energy Build.* **2019**, *188–189*, 184–199.
- Azuatalam, D.; Lee, W.-L.; de Nijs, F.; Liebman, A. Reinforcement Learning for Whole-Building HVAC Control and Demand Response. *Energy AI* **2020**, *2*, 100020.
- Capozzoli, A.; Piscitelli, M.S.; Gorrino, A.; Ballarini, I.; Corrado, V. Data Analytics for Occupancy Pattern Learning to Reduce the Energy Consumption of HVAC Systems in Office Buildings. *Sustain. Cities Soc.* **2017**, *35*, 191–208.
- Deng, Z.; Chen, Q. Development and Validation of a Smart HVAC Control System for Multi-Occupant Offices by Using Occupants' Physiological Signals from Wristband. *Energy Build.* **2020**, *214*, 109872.
- Du, Y.; Zandi, H.; Kotevska, O.; Kurte, K.; Munk, J.; Amasyali, K.; Mckee, E.; Li, F. Intelligent Multi-Zone Residential HVAC Control Strategy Based on Deep Reinforcement Learning. *Appl. Energy* **2021**, *281*, 116117.
- Gholamzadehmir, M.; del Pero, C.; Buffa, S.; Fedrizzi, R.; Aste, N. Adaptive-Predictive Control Strategy for HVAC Systems in Smart Buildings—A Review. *Sustain. Cities Soc.* **2020**, *63*, 102480.
- Jung, W.; Jazizadeh, F. Human-in-the-Loop HVAC Operations: A Quantitative Review on Occupancy, Comfort, and Energy-Efficiency Dimensions. *Appl. Energy* **2019**, *239*, 1471–1508.
- Jazaeri, J.; Gordon, R.L.; Alpcan, T. Influence of Building Envelopes, Climates, and Occupancy Patterns on Residential HVAC Demand. *J. Build. Eng.* **2019**, *22*, 33–47.
- Nikdel, L.; Janoyan, K.; Bird, S.D.; Powers, S.E. Multiple Perspectives of the Value of Occupancy-Based HVAC Control Systems. *Build. Environment.* **2018**, *129*, 15–25.
- Pang, Z.; Chen, Y.; Zhang, J.; O'Neill, Z.; Cheng, H.; Dong, B. Nationwide HVAC Energy-Saving Potential Quantification for Office Buildings with Occupant-Centric Controls in Various Climates. *Appl. Energy* **2020**, *279*, 115727.
- Peng, Y.; Rysanek, A.; Nagy, Z.; Schlüter, A. Using Machine Learning Techniques for Occupancy-Prediction-Based Cooling Control in Office Buildings. *Appl. Energy* **2018**, *211*, 1343–1358.
- Sala-Cardoso, E.; Delgado-Prieto, M.; Kampouropoulos, K.; Romeral, L. Activity-Aware HVAC Power Demand Forecasting. *Energy Build.* **2018**, *170*, 15–24.
- Shi, J.; Yu, N.; Yao, W. Energy Efficient Building HVAC Control Algorithm with Real-Time Occupancy Prediction. *Energy Procedia* **2017**, *111*, 267–276.
- Yang, Z.; Ghahramani, A.; Becerik-Gerber, B. Building Occupancy Diversity and HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) System Energy Efficiency. *Energy* **2016**, *109*, 641–649.



MENINGKATKAN EFISIENSI DAN PENGALAMAN PENUMPANG DALAM TRANSPORTASI PUBLIK JAKARTA MELALUI PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN

Basri Fahriza^{1*}, Ahmad Faisal², Intan Maesti³

^{1,3} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti Jakarta

² Universitas Dirgantara Marsekal Suryadharma
Jakarta

e-mail: basrifahriza@itltrisakti.ac.id

PENDAHULUAN

Transportasi publik memainkan peran sentral dalam mendukung mobilitas perkotaan dan gaya hidup berkelanjutan. Jakarta, sebagai salah satu kota metropolitan terpadat di dunia, dihadapkan pada tantangan besar dalam menyediakan sistem transportasi yang efisien, terjangkau, dan ramah lingkungan bagi penduduknya. Masalah keamanan, kenyamanan, dan kurangnya regulasi kepemilikan kendaraan pribadi telah menyebabkan hanya 25% dari penduduk Jakarta yang menggunakan transportasi publik, mengakibatkan kerugian finansial dan kemacetan lalu lintas yang merugikan. Jakarta memasuki era kota pintar dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi, termasuk Kecerdasan Buatan (AI).

Kecerdasan buatan menawarkan solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan transportasi publik Jakarta. Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak penerapan kecerdasan buatan dalam mengubah lanskap transportasi publik di Jakarta. Penulis akan menguraikan berbagai aplikasi AI yang telah diterapkan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman penumpang dalam sistem transportasi publik kota ini. Dengan melalui telaah literatur, analisis data, dan studi kasus, penulis akan membahas bagaimana AI menjadi alat revolusioner dalam mengatasi tantangan kompleksitas mobilitas perkotaan di Jakarta.

Dalam konteks pembahasan ini, penting untuk memahami bahwa keberhasilan penerapan AI dalam transportasi publik tidak hanya menjadi persoalan teknis, tetapi juga melibatkan aspek regulasi, keamanan data, dan kesiapan infrastruktur. Tantangan dan hambatan ini menjadi bagian penting dalam memahami progres dan potensi AI dalam meningkatkan sistem transportasi publik Jakarta.

Dengan memberikan gambaran singkat tentang pentingnya transportasi publik dalam konteks perkotaan yang berkembang pesat, serta peran revolusioner kecerdasan buatan dalam mengatasi tantangan tersebut, artikel ini berupaya untuk memberikan wawasan yang mendalam dan relevan bagi pembaca tentang bagaimana AI dapat dijadikan alat untuk meningkatkan efisiensi dan pengalaman penumpang dalam transportasi publik Jakarta. Dengan demikian, diharapkan artikel ini dapat menjadi panduan yang bermanfaat dalam memahami dampak dan potensi AI dalam merancang masa depan transportasi publik yang lebih baik di Jakarta.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah kecerdasan buatan (AI) menjanjikan peningkatan besar dalam transportasi publik, tantangan dan peluang yang terkait dengan penerapannya masih menjadi fokus utama. Potensi positif penerapan AI telah terbukti melalui penggunaannya dalam manajemen lalu lintas dan pelayanan pelanggan di banyak kota, termasuk Jakarta. Analisis terhadap penggunaan AI dalam transportasi publik menunjukkan adopsi yang semakin meningkat dari berbagai teknologi AI untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman penumpang.

Salah satu aspek utama dari penerapan AI dalam transportasi publik adalah dalam pengelolaan lalu lintas. Banyak kota telah memperkenalkan aplikasi AI untuk meramalkan pola perjalanan, mengoptimalkan pengaturan tempo lampu lalu lintas, dan mengurangi kemacetan di titik-titik rawan. Penggunaan AI dalam perencanaan rute juga telah membantu dalam menyusun rekomendasi terbaik berdasarkan kondisi lalu lintas, preferensi pengguna, dan faktor-faktor lainnya guna meminimalkan waktu tempuh dan meningkatkan kenyamanan

perjalanan.

Selain manajemen lalu lintas, perkembangan terbaru dalam penggunaan AI dalam transportasi publik mencakup penerapan chatbot dan analisis data untuk meningkatkan pelayanan pelanggan. Chatbot berbasis AI memberikan respons yang cepat dan tepat terhadap pertanyaan dan permintaan penumpang, sementara analisis data membantu dalam memahami pola perjalanan penumpang dan tingkat kepuasan mereka.

Dengan inovasi dan perkembangan terbaru ini, penggunaan AI dalam transportasi publik semakin meluas dan terdiversifikasi. Hal ini membuka peluang besar untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih adaptif, efisien, dan ramah pengguna di berbagai kota di seluruh dunia, termasuk Jakarta. Meskipun masih ada tantangan yang perlu diatasi, potensi positif dari penerapan AI dalam transportasi publik sangat menjanjikan untuk meningkatkan pengalaman penumpang dan efisiensi operasional secara keseluruhan. Dengan langkah-langkah strategis yang tepat, Jakarta dapat terus memperkuat posisinya sebagai pusat transportasi yang modern dan adaptif.

PEMBAHASAN

Konsep dan Teori Dasar AI dalam Transportasi Publik

Pembahasan tentang konsep dan teori dasar kecerdasan buatan (AI) dalam konteks transportasi publik menuntut pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip fundamental yang mendasarinya. AI mengacu pada kemampuan sistem komputer untuk melakukan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan manusia, seperti pembelajaran, pengambilan keputusan, dan pengenalan pola. Konsep dasar AI mencakup beberapa pendekatan, termasuk machine learning, deep learning, dan natural language processing (NLP).

Machine learning, sebagai cabang utama dari AI, memungkinkan komputer untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan tanpa perlu diprogram secara eksplisit. Deep learning, sebuah subbidang dari machine learning, menggunakan jaringan saraf tiruan yang terinspirasi oleh struktur otak manusia. Sementara itu, natural language processing (NLP) adalah kemampuan komputer untuk memahami, menganalisis, dan menghasilkan bahasa manusia secara alami (Jevinger et al., 2024).

Kecerdasan buatan (AI) merupakan inovasi dalam ilmu komputer yang sangat penting di era sekarang dan masa depan. Berasal dari bahasa Latin "intelligo" yang berarti "saya mengerti", AI bertujuan untuk memahami dan mengambil tindakan. Perkembangan AI dimulai dari kemunculan komputer sekitar tahun 1940-an (Solihati & Indriyani, 2021). AI mencerminkan kemampuan untuk mereplikasi kecerdasan manusia dalam berbagai perangkat, memungkinkan mereka untuk menyelesaikan masalah dan memahami konteks seperti manusia (Prathamesh et al., 2021).

Dalam konteks transportasi publik, konsep dan teori dasar AI diterapkan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman penumpang. Penggunaan AI dalam pengelolaan lalu lintas dapat membantu meramalkan pola perjalanan, mengoptimalkan pengaturan tempo lampu lalu lintas, dan mengurangi kemacetan. Sementara itu, dalam layanan pelanggan, chatbot berbasis AI memberikan respons yang cepat dan akurat terhadap pertanyaan

penumpang, meningkatkan kepuasan dan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Pengalaman penumpang yang positif sangat penting karena dapat berpengaruh pada pilihan seleksi perjalanan dan loyalitas pengguna terhadap transportasi publik.

Efisiensi dalam transportasi publik tidak hanya berarti penghematan biaya tetapi juga optimalisasi sumber daya yang ada untuk memberikan layanan yang lebih baik. Efisiensi atau kegunaan adalah proses menghemat 7M + 1I (manusia, uang, material, mesin, metode, pemasaran, menit + informasi) dengan melakukan pekerjaan dengan benar (Alkaf et al., 2021). Dalam manajemen, efisiensi berarti melakukan pekerjaan yang benar, yaitu mencapai tujuan yang tepat, dan menghasilkan hasil yang baik untuk organisasi (Abdul & Al-Sayed Omar, 2023). Efisiensi didefinisikan sebagai: "kemampuan untuk menghasilkan hasil yang diharapkan atau membawa perubahan yang diharapkan" (Abdul & Al-Sayed Omar, 2023). Dalam konteks transportasi publik, tujuan efisiensi adalah untuk meningkatkan operasional sistem, berkurangnya waktu tunggu, dan menyediakan layanan yang dapat diandalkan dan nyaman bagi penumpang.

Atribut produk atau layanan yang menentukan pengalaman perjalanan memainkan peran penting dalam pilihan seleksi perjalanan oleh penumpang. Penting untuk memahami atribut-atribut ini guna memberikan pengalaman yang lebih baik (Ittamalla & Srinivas Kumar, 2021). Pengalaman penumpang dimulai dari keputusan untuk bepergian, yang berarti bahkan sebelum perjalanan dimulai ketika penumpang mulai mencari transportasi di situs web, mereka mulai merasakan layanan penyedia jasa. Pengalaman penumpang total dapat dipahami sebagai integrasi dari berbagai komponen pengalaman penumpang mulai dari pra-pembelian hingga pasca-pembelian atau konsumsi pasca-layanan (Ittamalla & Srinivas Kumar, 2021).

Chatbot adalah aplikasi produk yang membantu dalam melakukan percakapan menggunakan metodologi berbasis audio atau teks. Program dalam chatbot dikembangkan untuk meniru percakapan manusia. Penggunaan chatbot untuk berbagai tujuan mencakup layanan pelanggan, pengalihan permintaan, atau pengumpulan informasi. Beberapa chatbot banyak digunakan untuk pemrosesan urutan kata dengan menggunakan natural language processing (Prathamesh et al., 2021).

Dengan pemahaman yang mendalam tentang konsep dan teori dasar AI serta penerapannya yang bijaksana dalam konteks transportasi publik, diharapkan dapat terwujud sistem transportasi yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan bagi masyarakat Jakarta. Penggunaan AI diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga memberikan pengalaman perjalanan yang lebih baik dan lebih memuaskan bagi penumpang.

Aplikasi Praktis AI dalam Transportasi Publik

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam konteks transportasi publik Jakarta melibatkan pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan perjalanan penumpang. Salah satu aplikasi praktis AI dalam transportasi publik adalah dalam manajemen lalu lintas. AI digunakan untuk memprediksi pola perjalanan, mengoptimalkan pengaturan tempo lampu lalu lintas, dan berkurangnya kemacetan di titik-titik rawan. Selain itu, dalam perencanaan rute, AI digunakan untuk menyusun rekomendasi terbaik berdasarkan kondisi lalu lintas, preferensi pengguna, dan faktor-faktor lainnya guna meminimalkan waktu tempuh

dan meningkatkan kenyamanan perjalanan.

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam transportasi publik tidak hanya berfokus pada aspek operasional, melainkan juga menjangkau layanan pelanggan. Salah satu contohnya adalah penggunaan chatbot berbasis AI yang signifikan dalam meningkatkan interaksi antara penyedia layanan dan penumpang. Sebagai contoh, Transport for London (TfL) menciptakan chatbot mereka sendiri sebagai layanan resmi untuk menyediakan informasi perjalanan yang terstruktur kepada pengguna melalui platform seperti Facebook Messenger (Saran, 2017). TfL memastikan chatbot mereka memberikan respons yang formal dan informatif, memenuhi kebutuhan pengguna untuk mendapatkan informasi perjalanan yang akurat dan berguna. Sebaliknya, Bus Uncle, yang dibuat oleh pengguna dengan pendekatan yang lebih lucu dan menarik, mungkin lebih fleksibel dalam interaksi dan kontennya. Orang-orang menyukai Bus Uncle karena dia cerdas, sinis, lucu, informatif, dan yang paling penting, lokal dan mudah dipahami. Ketika Anda bertanya kapan bus akan datang, responnya sesuai dengan yang Anda harapkan dari seorang kapten bus Singapura. Dia merespons dengan gaya bahasa yang khas, seperti lah, aiyo, jialat, walao. Dia juga memiliki selera humor. Jika Anda menunggu lebih dari 15 menit, dia mungkin bahkan menawarkan Anda untuk lima kopi (minum kopi dalam bahasa Hokkien)" (Nan et al., 2021).

Perbedaan dalam pendekatan ini menggarisbawahi pentingnya konteks dan tujuan penggunaan AI dalam transportasi publik. Di satu sisi, lembaga industri seperti TfL cenderung memberikan informasi resmi dan terstruktur untuk memastikan keandalan dan kepercayaan penumpang terhadap layanan transportasi. Di sisi lain, pendekatan yang lebih santai dan personal dari aplikasi seperti Bus Uncle mungkin lebih sesuai untuk meningkatkan keterlibatan pengguna dan menyediakan layanan yang lebih adaptif.

Penggunaan AI dalam transportasi publik Jakarta tidak hanya terbatas pada manajemen lalu lintas dan layanan pelanggan, tetapi juga melibatkan analisis data untuk memahami pola perjalanan penumpang, preferensi, serta tingkat kepuasan mereka. Informasi ini dapat digunakan untuk menyusun strategi pelayanan yang lebih personal dan terukur, meningkatkan pengalaman penumpang secara keseluruhan.

Tantangan dan Hambatan dalam Penerapan Chatbot dalam Transportasi Publik

Penerapan chatbot dalam transportasi publik menghadapi beberapa tantangan yang signifikan. Pertama, perubahan dalam kebiasaan komunikasi menjadi hambatan, karena banyak pelanggan masih terbiasa dengan saluran komunikasi tradisional seperti telepon dan email. Untuk mengatasi ini, penting bagi perusahaan untuk tetap menyediakan saluran komunikasi tradisional sambil secara proaktif mendorong penggunaan chatbot.

Selanjutnya, isu privasi dan perlindungan data menjadi krusial, terutama ketika menggunakan platform pihak ketiga seperti Facebook Messenger. Perusahaan harus memprioritaskan keamanan data pengguna dan memastikan transparansi dalam pengumpulan dan penggunaan data. Ketidakpastian tentang privasi dan keamanan data dapat menjadi penghalang serius bagi adopsi chatbot, terutama dalam lingkungan bisnis yang sangat sensitif terhadap privasi (Zumstein & Hundertmark, 2017).

Tantangan lainnya adalah integrasi teknis chatbot dengan sistem transportasi yang sudah ada. Proses ini seringkali rumit dan membutuhkan investasi waktu serta sumber daya yang

signifikan. Selain itu, kesuksesan adopsi chatbot juga sangat tergantung pada edukasi dan insentif yang diberikan perusahaan kepada pengguna. Terakhir, keterbatasan fungsionalitas chatbot membatasi kemampuannya dalam menangani situasi kompleks yang memerlukan interaksi manusia. Meskipun menawarkan potensi besar, tantangan ini harus diatasi dengan cermat untuk memastikan implementasi chatbot yang sukses dalam transportasi publik (Zumstein & Hundertmark, 2017).

Tantangan lainnya yang juga patut diperhatikan adalah persiapan yang diperlukan dalam mengelola dan memelihara chatbot secara efektif. Meskipun chatbot dapat memberikan respons 24/7, mereka memerlukan perawatan dan pembaruan terus-menerus untuk tetap relevan dan efektif. Hal ini memerlukan alokasi sumber daya dan biaya tambahan bagi perusahaan (Kuberkar & Singhal, 2020). Dalam konteks keamanan data, penting untuk memperhatikan tantangan yang terkait dengan privasi dan keamanan data pengguna. Kesadaran akan pentingnya perlindungan data pribadi dan implementasi kebijakan yang ketat dalam hal pengelolaan data sangat diperlukan untuk mengatasi hambatan ini (Solihati & Indriyani, 2021). Begitu juga, penting untuk mempertimbangkan tantangan dalam mengelola dataset yang besar dan beragam, serta memilih metode AI yang sesuai dengan masalah yang dihadapi (Abduljabbar et al., 2019).

Selain itu, tantangan teknis seperti keamanan dan integritas sistem juga menjadi perhatian utama dalam mengimplementasikan teknologi AI, termasuk chatbot (Abduljabbar et al., 2019). Dalam menghadapi tantangan ini, penting bagi perusahaan dan pemerintah untuk mempertimbangkan kebijakan dan strategi yang tepat untuk memastikan kesuksesan adopsi chatbot dalam transportasi publik.

Trend Masa Depan Penggunaan Chatbot dalam Transportasi Publik

Tren masa depan penggunaan chatbot dalam transportasi publik menunjukkan perkembangan yang menarik yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan memenuhi kebutuhan pasar yang terus berkembang. Salah satu tren utama adalah peningkatan kepercayaan dan penerimaan pengguna terhadap chatbot setelah tahap uji coba awal. Meskipun sebagian besar pengguna telah yakin dengan prototipe chatbot, masih ada yang enggan melanjutkan penggunaannya. Oleh karena itu, pengembang perlu terus meningkatkan fungsionalitas dan kinerja chatbot untuk memberikan nilai tambah yang lebih besar bagi pengguna (Zumstein & Hundertmark, 2017).

Selain itu, perkembangan chatbot juga harus memperhatikan preferensi pengguna terkait integrasi chatbot dengan platform yang umum digunakan, seperti aplikasi mandiri atau messenger seperti WhatsApp atau Facebook Messenger. Meskipun tren global menunjukkan pergeseran ke arah integrasi chatbot dalam aplikasi pesan, survei menunjukkan bahwa pengguna cenderung lebih memilih penggunaan chatbot sebagai aplikasi mandiri. Hal ini menunjukkan bahwa pengguna masih menghargai kejelasan dan kekhususan dari aplikasi mandiri dalam mengakses layanan chatbot (Zumstein & Hundertmark, 2017).

Selain itu, pengembangan chatbot harus mempertimbangkan peningkatan kebutuhan pengguna akan fleksibilitas dan keberagaman dalam jenis tiket dan layanan yang ditawarkan. Pengguna menginginkan kemampuan untuk memasukkan preferensi tiket yang berbeda dan mengakses semua jenis tiket yang tersedia. Oleh karena itu, chatbot harus terus ditingkatkan

dan diperluas fungsionalitasnya agar dapat memenuhi berbagai kebutuhan pengguna dengan lebih baik (Zumstein & Hundertmark, 2017).

Dengan memperhatikan tren-tren ini, penggunaan chatbot dalam transportasi publik diprediksi akan terus berkembang seiring dengan peningkatan kemampuan teknologi dan adaptasi terhadap kebutuhan pengguna yang terus berkembang. Dengan mengikuti tren ini, pengembang dapat memastikan bahwa chatbot tetap menjadi solusi yang relevan dan efektif dalam menyediakan layanan informasi dan pemesanan dalam industri transportasi publik yang dinamis. Di masa depan, chatbot juga dapat berperan sebagai pendamping perjalanan digital yang memberikan informasi perjalanan real-time dan menawarkan layanan personalisasi kepada pengguna (Kuberkar & Singhal, 2020). Selain itu, dengan kemampuan pemrosesan bahasa alami, chatbot dapat menganalisis dan memahami data tak terstruktur, seperti umpan balik penumpang, postingan media sosial, dan artikel berita, untuk membantu meningkatkan sistem transportasi secara keseluruhan (Singh, 2023).

Pada masa mendatang, kemampuan ChatGPT dalam pemrosesan bahasa alami akan menjadi semakin penting dalam pengembangan chatbot untuk transportasi publik. ChatGPT dapat digunakan untuk menganalisis dan memahami data tak terstruktur, seperti umpan balik penumpang, postingan media sosial, dan artikel berita (Singh, 2023). Dengan demikian, ChatGPT dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang cara orang berbicara tentang sistem transportasi publik dan kekhawatiran yang mereka miliki. Kemampuan ini akan membantu pengembang dalam menghasilkan chatbot yang lebih responsif dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan lebih baik di masa depan.

KESIMPULAN

Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi pendorong utama dalam transformasi transportasi publik, termasuk di Jakarta, ibu kota Indonesia. Dalam artikel ini, penulis mengeksplorasi bagaimana AI telah mengubah lanskap transportasi publik di Jakarta dengan fokus pada aplikasi praktis dan tren masa depan penggunaan chatbot. Penulis juga mengidentifikasi tantangan dan hambatan dalam penerapan chatbot dalam transportasi publik serta memberikan rekomendasi kebijakan untuk mengatasi hal tersebut. Temuan utama dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan AI dalam transportasi publik dapat meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman penumpang. Jakarta memiliki peluang besar untuk memperbaiki layanan transportasi publiknya dengan mengadopsi teknologi AI, terinspirasi oleh kesuksesan TfL dan Bus Uncle. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rekomendasi kebijakan kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, termasuk alokasi dana yang memadai, pembentukan regulasi yang jelas, dan kolaborasi antar berbagai pemangku kepentingan. Dengan demikian, artikel ini memberikan gambaran menyeluruh tentang penggunaan AI dalam transportasi publik Jakarta, menggambarkan temuan, implikasi, dan rekomendasi kebijakan untuk mencapai sistem transportasi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Penulis berkontribusi pada diskusi tentang masa depan transportasi kota yang lebih adaptif dan efisien, sambil memberikan wawasan tentang bagaimana Jakarta dapat mengoptimalkan layanan transportasi publiknya melalui pemanfaatan teknologi AI.

Artikel ini mengeksplorasi bagaimana Kecerdasan Buatan (AI) mengubah transportasi publik di Jakarta dan memberikan rekomendasi kebijakan untuk penerapan chatbot. AI dapat meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman penumpang, memberikan Jakarta peluang untuk memperbaiki layanannya. Penulis merekomendasikan alokasi dana, regulasi yang jelas, dan kolaborasi pemangku kepentingan untuk mengatasi tantangan penerapan AI. Artikel ini menyajikan temuan, implikasi, dan rekomendasi untuk mencapai sistem transportasi yang lebih efisien dan berkelanjutan di Jakarta.

SARAN

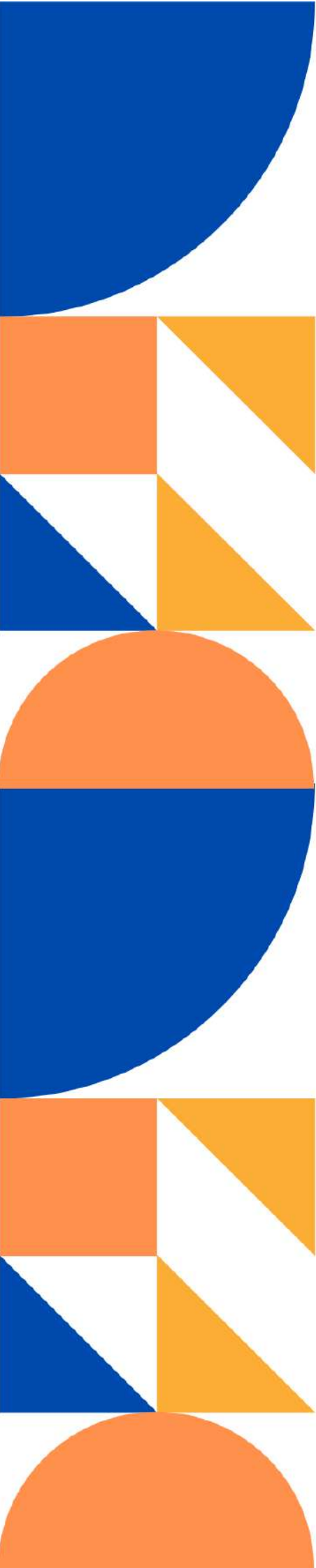
Sebagai langkah menuju transformasi yang lebih baik dalam sistem transportasi publik, penulis merekomendasikan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk mengambil langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengalokasikan Dana Penelitian dan Pengembangan yang cukup oleh Pemerintah untuk penelitian dan pengembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam transportasi publik. Dana ini dapat digunakan untuk pengembangan aplikasi AI yang lebih canggih, pelatihan model prediksi, dan eksperimen lapangan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan perjalanan penumpang.
2. Membentuk Regulasi yang jelas diperlukan untuk melindungi keamanan data dan privasi pengguna dalam implementasi AI. Pemerintah perlu bekerja sama dengan ahli hukum, pemangku kepentingan industri, dan masyarakat sipil untuk merumuskan kebijakan yang memastikan perlindungan data yang memadai tanpa menghambat inovasi teknologi.
3. Mendorong Kolaborasi antara pemerintah, operator transportasi, dan sektor swasta sangat penting dalam pengembangan dan implementasi teknologi AI. Pemerintah dapat memfasilitasi forum kolaborasi untuk memperkuat kerjasama antara berbagai pemangku kepentingan dan memastikan kesuksesan jangka panjang dalam menerapkan solusi AI dalam transportasi publik.

Dengan mengambil langkah-langkah ini, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat memperkuat infrastruktur transportasi publiknya, meningkatkan kualitas layanan, dan memberikan pengalaman perjalanan yang lebih baik bagi penduduk dan pengunjung kota Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, A., & Al-Sayed Omar, R. (2023). Efficiency and effectiveness in management. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10(3S), 3382–3392.
- Alkaf, A., Yusliza, M. Y., Saputra, J., Muhammad, Z., & Bon, A. T. (2021). A review of work effectiveness and efficiency, service quality and organisational performance literature: A mini-review approach. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, April 2022, 5127–5141. <https://doi.org/10.46254/an11.20210873>
- Ittamalla, R., & Srinivas Kumar, D. V. (2021). Determinants of holistic passenger experience in public transportation: Scale development and validation. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 61(February), 102564. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102564>
- Jevinger, Zhao, C., Persson, J. A., & Davidsson, P. (2024). Artificial intelligence for improving public transport: a mapping study. In *Public Transport* (Vol. 16, Issue 1). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s12469-023-00334-7>
- Kuberkar, S., & Singhal, T. K. (2020). Factors influencing adoption intention of ai powered chatbot for public transport services within a smart city. *International Journal on Emerging Technologies*, 11(3), 948–958.
- Nan, W. Y., Hoe Siu Loon, & Jovina Ang. (2021). *Bus Uncle Chatbot-Creating a Successful Digital Business (a)*. Singapore Management University. <https://www.tradegecko.com/blog/tradegecko/the-story-behind-tradegeckos-usd-10m-series-b>,
- Prathamesh, L., Akshay, B., Omkar, B., & Sanket, D. (2021). *AI CHATBOT FOR TRANSPORTATION SYSTEM*. 9(10), 908–913.
- Saran, C. (2017). *TfL develops artificial intelligence app on Facebook Messenger*. TechTarget. <https://www.computerweekly.com/news/450420639/TfL-develops-artificial-intelligence-app-on-Facebook-Messenger>
- Singh, J. (2023). *How ChatGPT will be game changer for Public Transit*. Mobility Innovators. <https://mobility-innovators.com/how-chatgpt-will-be-game-changer-for-public-transit-agencies/>
- Solihati, K. D., & Indriyani, D. (2021). Managing Artificial Intelligence on Public Transportation (Case Study Jakarta City, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 717(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/717/1/012021>
- Zumstein, D., & Hundertmark, S. (2017). Communicating and transacting with chatbots: Insights from public transport. *Proceedings of the International Conference on WWW/Internet 2017 and Applied Computing 2017*, October 2017, 55–62.



PENERAPAN IOT DALAM MENGATASI KEMACETAN LALU LINTAS PADA PUTAR BALIK JALAN RAYA

Ben Rahman^{1*}, Septi Andryana², Aris Gunaryati³
^{1,2,3} Universitas Nasional Jakarta

e-mail: benrahman@civitas.unas.ac.id

PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi oleh banyak kota besar di dunia, termasuk Jakarta. Kemacetan ini tidak hanya menyebabkan penundaan perjalanan dan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan dan menurunkan efisiensi sistem transportasi secara keseluruhan. Salah satu titik rawan kemacetan adalah area putar balik (u-turn) jalan raya, di mana kendaraan sering kali tertahan dan menyebabkan antrian panjang untuk putar balik dan berpindah jalur.

Keberadaan "polisi cepek" yaitu individu yang secara informal membantu mengatur lalu lintas dengan meminta imbalan kecil, sering kali tidak efektif dan justru memperparah situasi kemacetan. Metode tradisional seperti pelebaran jalan atau pengaturan lampu lalu lintas belum mampu memberikan solusi yang optimal dan efisien untuk mengatasi masalah ini, terutama di area putar balik yang memiliki keterbatasan ruang.

Dengan berkembangnya teknologi, muncul peluang untuk mengatasi masalah kemacetan ini melalui penerapan Artificial Intelligence (AI) dan Internet of Things (IoT). Teknologi AI dapat digunakan untuk menganalisis pola lalu lintas dan memprediksi kepadatan kendaraan, sementara IoT memungkinkan integrasi berbagai perangkat sensor dan kamera untuk memantau kondisi jalan secara real-time. Kombinasi kedua teknologi ini dapat menghasilkan sistem pengaturan lalu lintas yang lebih cerdas dan responsif.

Penelitian ini berfokus pada penerapan teknologi AI dan IoT untuk mengurangi kemacetan di sekitar area putar balik jalan raya. Dengan memanfaatkan sensor jarak jauh dan kamera, sistem ini dapat mendeteksi kepadatan lalu lintas dan mengatur lampu merah secara otomatis untuk mengoptimalkan arus kendaraan. Diharapkan, solusi ini tidak hanya mengurangi kemacetan tetapi juga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Implementasi solusi ini memerlukan kolaborasi antara berbagai pihak, termasuk pengembang teknologi, kepolisian, dinas perhubungan, dan pekerjaan umum. Selain itu, monitoring dan evaluasi yang berkelanjutan sangat penting untuk memastikan bahwa sistem yang diterapkan dapat berfungsi secara efektif dan berkelanjutan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah kemacetan lalu lintas merupakan masalah global yang telah menjadi fokus banyak penelitian dan inovasi teknologi. Di berbagai belahan dunia, berbagai pendekatan telah diimplementasikan untuk mengatasi masalah ini, termasuk perluasan jalan, penggunaan lampu lalu lintas cerdas, dan penerapan teknologi terbaru seperti AI dan IoT. Pertumbuhan jumlah kendaraan yang pesat menyebabkan daya tampung jalan menjadi tidak memadai. Di Jakarta khususnya, belum ada pembatasan usia kendaraan, yang turut memperparah kemacetan. Selain itu, kontrol dan pemeliharaan yang kurang optimal sering kali menyebabkan kecelakaan, seperti kendaraan yang mengalami rem blong. Hal ini menunjukkan perlunya solusi yang lebih efektif dan inovatif untuk mengatasi kemacetan lalu lintas, khususnya di area putar balik jalan raya.

Pendekatan Tradisional

Pendekatan tradisional dalam mengatasi kemacetan lalu lintas biasanya melibatkan pelebaran jalan dan pengaturan lampu lalu lintas. Meskipun efektif dalam beberapa kasus, solusi ini sering kali tidak memungkinkan di area perkotaan yang padat karena keterbatasan ruang dan biaya yang tinggi. Selain itu, pendekatan ini tidak selalu mampu merespon perubahan dinamis dalam pola lalu lintas.

Sistem Transportasi Cerdas (Intelligent Transportation Systems - ITS)

ITS adalah salah satu inovasi yang menggabungkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi. ITS mencakup berbagai aplikasi seperti pengaturan lampu lalu lintas adaptif, sistem manajemen lalu lintas, dan

informasi real-time untuk pengguna jalan. Beberapa contoh implementasi ITS yang sukses antara lain:

Adaptive Traffic Control Systems (ATCS)

Sistem ini menggunakan sensor untuk memantau kondisi lalu lintas dan secara otomatis menyesuaikan lampu lalu lintas untuk mengoptimalkan aliran kendaraan. Contoh implementasi ATCS dapat ditemukan di beberapa kota besar di Amerika Serikat dan Eropa.

Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Communication

Teknologi ini memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi dengan infrastruktur jalan seperti lampu lalu lintas dan papan informasi. V2I dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi dengan memberikan informasi real-time kepada pengemudi.

Artificial Intelligence (AI) dan Internet of Things (IoT)

AI dan IoT telah membuka peluang baru dalam mengatasi kemacetan lalu lintas dengan menawarkan solusi yang lebih cerdas dan responsif. Beberapa implementasi AI dan IoT dalam manajemen lalu lintas meliputi:

1. Machine Learning for Traffic Prediction

Algoritma pembelajaran mesin digunakan untuk menganalisis data lalu lintas historis dan memprediksi kepadatan kendaraan di masa depan. Prediksi ini membantu dalam pengambilan keputusan untuk pengaturan lalu lintas yang lebih efektif.

2. IoT-based Traffic Monitoring

Jaringan sensor IoT digunakan untuk memantau kondisi lalu lintas secara real-time. Sensor ini dapat mendeteksi kepadatan lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan kondisi jalan. Data yang dikumpulkan oleh sensor IoT kemudian dianalisis oleh sistem AI untuk memberikan rekomendasi pengaturan lalu lintas, Yao, L., & Yang, Y. (2020), Khanna, A., & Kaur, S. (2016).

Studi Kasus di Jakarta

Di Jakarta, upaya untuk mengatasi kemacetan lalu lintas telah dilakukan melalui berbagai inisiatif, namun hasilnya masih belum memadai. Penggunaan teknologi cerdas masih dalam tahap awal, dan masih banyak peluang untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi melalui penerapan AI dan IoT. Beberapa proyek yang sedang berjalan di Jakarta meliputi:

1. Jakarta Smart City Initiative

Proyek ini mencakup penggunaan teknologi informasi untuk meningkatkan layanan publik, termasuk manajemen lalu lintas. Namun, penerapan teknologi AI dan IoT khusus untuk area putar balik masih belum optimal.

2. Pilot Projects for Smart Traffic Lights

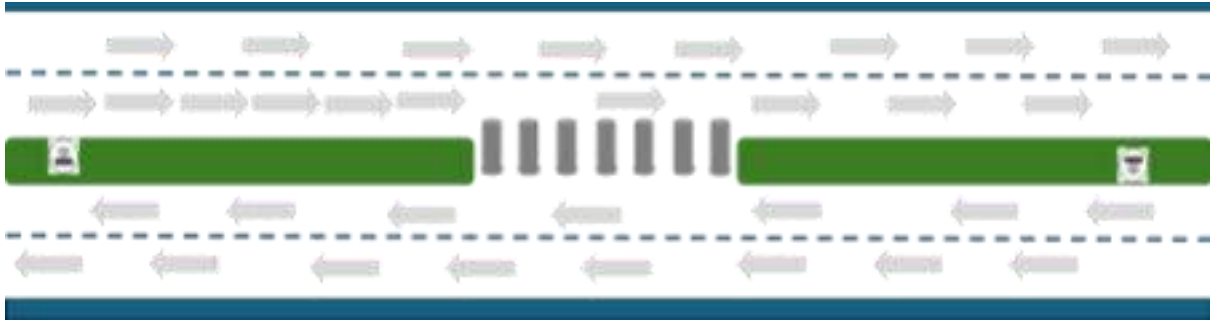
Beberapa daerah di Jakarta telah mulai menguji coba lampu lalu lintas cerdas yang dapat beradaptasi dengan kondisi lalu lintas. Namun, implementasi secara luas masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk infrastruktur yang belum memadai dan keterbatasan dana.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, teknologi IoT digunakan untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di sekitar putar balik jalan raya dengan memantau dan mengatur arus lalu lintas secara *real time*. Sistem yang diusulkan terdiri dari sensor jarak jauh, tiang kontrol, dan kamera yang bekerja secara terintegrasi untuk mendeteksi kepadatan lalu lintas dan mengoptimalkan pengaturan lampu merah.

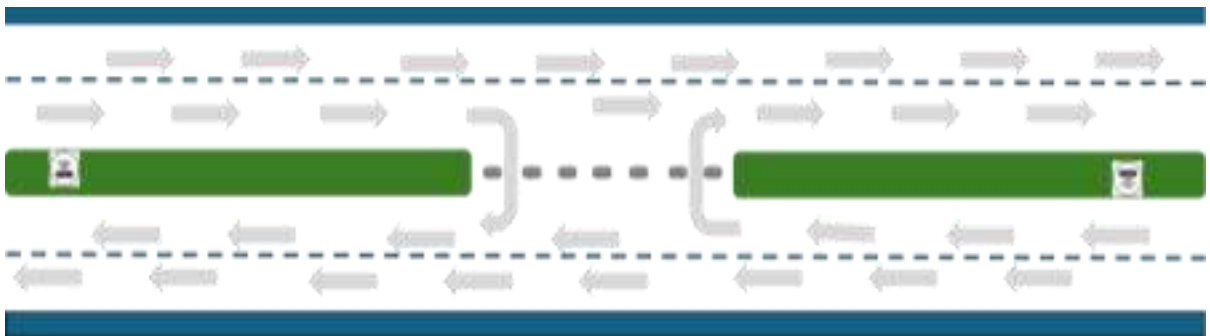
Sistem Monitoring Lalu Lintas

Sistem monitoring terdiri dari sensor yang ditempatkan pada tiang otomatis di sekitar putar balik dan kamera yang memantau kondisi jalan. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi jumlah kendaraan yang melewati area tersebut dan mengirimkan data secara real-time ke pusat kontrol, Chen, Z., et al. (2019). Kamera digunakan untuk memberikan gambaran visual kondisi lalu lintas, yang dapat membantu dalam analisis lebih lanjut.



Gambar 1. ON / mobil dan motor tidak bisa putar balik

Penjelasan gambar 1 adalah tinggi tiang naik menjadi 60 cm dari permukaan jalan, jarak antar tiang dengan tiang 40 cm. Dalam kondisi ini, mobil dan motor tidak dapat melakukan putar balik karena tiang menghalangi jalan.



Gambar 2. OFF / mobil dan motor dapat putar balik

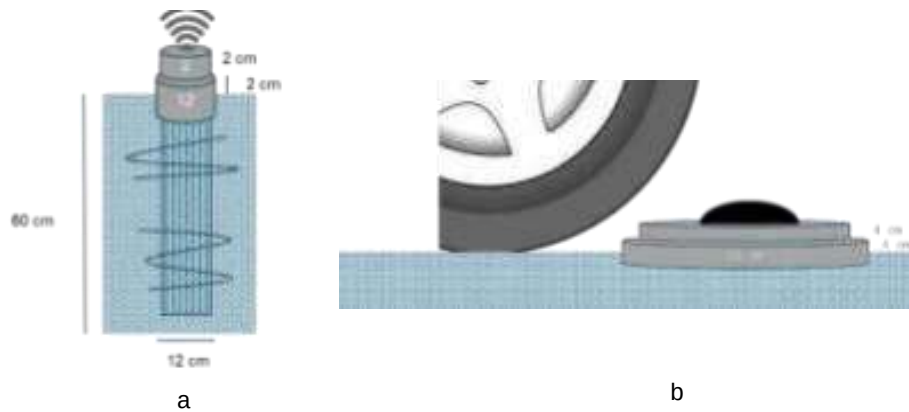
Penjelasan gambar 2, tinggi tiang adalah 12 cm, Jarak antar tiang adalah 40 cm. Dalam kondisi ini, mobil dan motor dapat melakukan putar balik karena tiang tidak menghalangi jalan.

Status Kendaraan Berdasarkan Lalu Lintas

Berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor dan kamera, status lalu lintas dapat dikategorikan sebagai berikut:

Lancar

Jika jumlah kendaraan yang melewati sensor lebih dari 12 mobil per menit, arus lalu lintas dianggap lancar. Dalam kondisi ini, sistem kontrol tetap dalam status OFF.



Gambar 3. a) OFF status, b) Contoh perbandingan roda mobil dan tiang dalam keadaan OFF

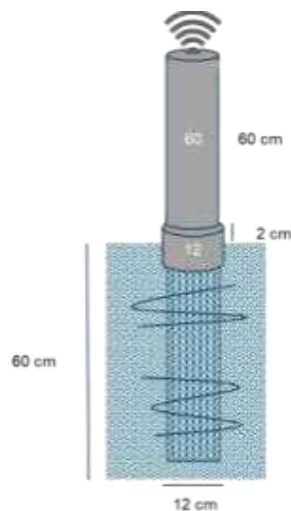
Penjelasan gambar 3a) adalah pada gambar ini, tiang berada dalam kondisi OFF dengan tinggi ± 6 cm (4+4 cm dapat disesuaikan) dari permukaan jalan. Dalam kondisi ini, tiang tidak menghalangi kendaraan, sehingga mobil dan motor dapat dengan mudah melakukan putar balik. Tiang-tiang ini diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu arus lalu lintas saat tidak diperlukan untuk mengontrol kemacetan, sedangkan gambar 3b) adalah menunjukkan perbandingan antara roda mobil dan tiang dalam keadaan OFF. Dengan tinggi tiang hanya ± 6 cm, terlihat jelas bahwa kendaraan dapat melewati tiang tanpa hambatan. Perbandingan ini memberikan visualisasi tentang bagaimana tiang tidak mengganggu kendaraan saat berada dalam status OFF, memungkinkan arus lalu lintas tetap lancar saat tidak ada kemacetan parah.

Mulai Macet

Jika jumlah kendaraan yang melewati sensor antara 8 hingga 12 mobil per menit, arus lalu lintas mulai menunjukkan tanda-tanda kemacetan. Pada kondisi ini, sistem kontrol mulai aktif untuk memantau lebih lanjut.

Parah (Macet Total)

Jika jumlah kendaraan yang melewati sensor kurang dari 8 mobil per menit, arus lalu lintas dianggap macet parah. Sistem kontrol berubah ke status ON, dan lampu merah serta alat pengatur lalu lintas lainnya diaktifkan untuk mengurai kemacetan.



Gambar 4. ON status

Penjelasan gambar 4 adalah tiang ditanam ke dalam tanah dengan kedalaman 60 cm untuk memastikan stabilitas dan kekuatannya.

Integrasi Sensor dan Tiang Kontrol

Sensor yang ditempatkan sekitar 1 km dari tiang kontrol saling berintegrasi untuk memberikan data yang akurat dan tepat waktu. Integrasi ini memungkinkan sistem untuk merespons perubahan kondisi lalu lintas dengan cepat dan efektif. Ketika sensor mendeteksi peningkatan kepadatan lalu lintas, data tersebut dikirim ke tiang kontrol (Zhang, W., & Zhang, X. (2018), yang kemudian mengaktifkan atau menonaktifkan lampu merah dan alat pengatur lalu lintas lainnya sesuai kebutuhan.



Gambar 5. Sensor

Penjelasan gambar 5 adalah Sensor dan kamera dipasang untuk memantau arus lalu lintas di sekitar area putar balik. Jika arus lalu lintas kurang dari 8 kendaraan per menit, sistem mendeteksi kemacetan parah dan tiang kontrol berubah ke status ON untuk mencegah putar balik, naiknya tiang secara pelan2 demi keamanan, jika ada sesuatu benda diatas tiang, tiang tidak bisa naik. Sensor ditempatkan sekitar 1 km dari tiang kontrol dan terintegrasi untuk memberikan data real-time mengenai kepadatan lalu lintas.

Efektivitas Sistem IoT dalam Mengurai Kemacetan

Implementasi sistem IoT ini telah menunjukkan beberapa keuntungan signifikan dalam mengurai kemacetan di area putar balik:

1. Deteksi Dini dan Respons Cepat
Sensor mampu mendeteksi peningkatan kepadatan lalu lintas secara dini, memungkinkan sistem untuk merespons dengan cepat sebelum kemacetan menjadi parah, (Doshi, J., & Patil, D. (2019), Li, Y., Ma et al. (2020)).
2. Pengaturan Lalu Lintas yang Optimal
Dengan data real-time, sistem dapat mengatur lampu lalu lintas secara dinamis untuk mengoptimalkan arus kendaraan dan mengurangi antrian, (Barba, C. et al. (2017), Ahmed et al. (2018), Kastrenakes, J. (2019)).
3. Peningkatan Keselamatan
Dengan pengaturan lalu lintas yang lebih baik, risiko kecelakaan dapat diminimalkan, memberikan keselamatan tambahan bagi pengguna jalan.
4. Tantangan Riset
Meskipun sistem ini menawarkan banyak manfaat, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk implementasi yang lebih luas:
5. Infrastruktur dan Biaya
Implementasi sistem IoT memerlukan investasi awal yang signifikan untuk pemasangan sensor dan tiang kontrol. Diperlukan kerjasama antara pemerintah dan sektor swasta untuk mendanai proyek ini.
6. Pemeliharaan Sistem
Sistem IoT memerlukan pemeliharaan yang terus-menerus untuk memastikan kinerja optimal. Pemeliharaan ini termasuk kalibrasi sensor, pembaruan perangkat lunak, dan perbaikan perangkat keras.

7. Integrasi dengan Sistem Lain

Untuk efektivitas yang maksimal, sistem IoT harus terintegrasi dengan sistem manajemen lalu lintas lainnya dan berbagi data dengan pihak berwenang terkait.

Implementasi sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi jangka panjang untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di area putar balik jalan raya, meningkatkan efisiensi transportasi, serta keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

Rekomendasi

Berdasarkan temuan dan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa rekomendasi untuk desain sistem yang diusulkan:

1. Material Tiang

Pastikan tiang terbuat dari material yang kuat seperti baja atau beton dengan ketebalan disarankan 4 mm untuk menahan tekanan dari kendaraan.

2. Stabilitas

Dengan kedalaman tanam 60 cm, tiang seharusnya stabil dan kokoh. Perhatikan kualitas pemasangan untuk menghindari tiang menjadi longgar.

3. Penempatan Sensor dan Kamera

Pastikan sensor dan kamera ditempatkan di titik yang strategis untuk memantau semua kendaraan yang mendekati putar balik.

4. Responsivitas Sistem

Sistem harus responsif terhadap perubahan arus lalu lintas secara real-time untuk memastikan efektivitas pengaturan lalu lintas.

KESIMPULAN

Kemacetan lalu lintas di sekitar putar balik jalan raya merupakan masalah yang sering dihadapi dalam sistem transportasi perkotaan khususnya Jakarta. Penyebaran kendaraan yang tidak teratur dan kurangnya pengaturan lalu lintas menyebabkan peningkatan risiko kecelakaan, penundaan perjalanan, dan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di sekitar putar balik jalan raya dengan memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan sistem IoT (Internet of Things). Tujuan utama adalah untuk mengurai kemacetan tanpa memerlukan pelebaran jalan, yang seringkali tidak memungkinkan dilakukan. Meskipun telah ada upaya untuk mengatasi kemacetan lalu lintas dengan memperluas jalan atau mengatur lampu lalu lintas, belum ada solusi yang sepenuhnya efektif dan efisien dalam mengatasi masalah ini di sekitar area u-turn (putar balik). Penelitian ini menggunakan pendekatan AI dan sistem IoT dengan pemanfaatan sensor dan kamera untuk mendeteksi kepadatan lalu lintas dan kondisi jalan raya di sekitar putar balik. Integrasi antara sensor jarak jauh dan kontrol lampu merah digunakan untuk mengoptimalkan arus lalu lintas. Solusi yang diusulkan mencakup penempatan sensor pada tiang otomatis di sekitar putar balik untuk mendeteksi kepadatan lalu lintas dan sensor ditempatkan di beberapa meter disekitar u-turn di satu(kedua) sisi jalan, serta penggunaan kamera untuk mendeteksi kondisi jalan. Lampu merah di sekitar putar balik berperan sebagai pendukung dalam mengatur dan mengurai arus lalu lintas. Implementasi solusi ini memerlukan kerjasama antara berbagai pihak, termasuk pengembang teknologi, kepolisian, dinas perhubungan, dan pekerjaan umum. Evaluasi perbaikan dan monitoring dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan efektivitas solusi dalam mengatasi kemacetan lalu lintas. Selain itu, solusi ini juga dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan serta efisiensi sistem transportasi perkotaan secara keseluruhan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi AI dan IoT dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di sekitar putar balik jalan raya, khususnya di Jakarta. Dengan menggunakan sensor jarak jauh, kamera, dan tiang kontrol yang terintegrasi,

sistem ini mampu mendeteksi dan merespons kondisi lalu lintas secara *real-time*.

Implementasi sistem ini memungkinkan pengaturan lalu lintas yang lebih dinamis dan responsif, yang dapat mengoptimalkan arus kendaraan dan mengurangi kemacetan tanpa memerlukan pelebaran jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengidentifikasi kondisi lalu lintas sebagai lancar, mulai macet, atau parah, dan mengaktifkan kontrol lalu lintas sesuai dengan kebutuhan untuk mengurai kemacetan.

Selain meningkatkan efisiensi transportasi, sistem ini juga berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Meskipun ada tantangan dalam hal infrastruktur dan biaya, serta kebutuhan akan pemeliharaan yang berkelanjutan, manfaat yang diberikan oleh sistem ini jauh lebih besar. Kedepan, kerjasama antara berbagai pihak, termasuk pemerintah, pengembang teknologi, dan dinas terkait, sangat diperlukan untuk mendukung implementasi dan pemeliharaan sistem ini. Evaluasi berkelanjutan juga penting untuk memastikan sistem tetap efektif dan dapat disesuaikan dengan perubahan kondisi lalu lintas. Dengan solusi ini, diharapkan kemacetan lalu lintas di area putar balik jalan raya dapat diatasi secara signifikan, sehingga meningkatkan efisiensi sistem transportasi perkotaan secara keseluruhan.

SARAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi kebijakan untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di area putar balik jalan raya menggunakan teknologi AI dan IoT adalah sebagai berikut:

1. Investasi Infrastruktur Teknologi

Pemerintah perlu mengalokasikan dana untuk pemasangan sensor, kamera, dan tiang kontrol otomatis di area putar balik yang rawan kemacetan. Kerjasama dengan sektor swasta dapat dipertimbangkan untuk mendanai proyek ini, misalnya melalui skema public-private partnership (PPP).

2. Pengembangan Sistem Transportasi Cerdas (ITS)

Mengintegrasikan solusi AI dan IoT dengan sistem transportasi cerdas yang sudah ada, seperti Adaptive Traffic Control Systems (ATCS) dan Vehicle-to-Infrastructure (V2I) communication, Kumar, A., & Kumar, V. (2017). Mengembangkan pusat kontrol lalu lintas yang mampu menganalisis data real-time dan mengambil keputusan yang cepat dan tepat.

3. Peningkatan Kapasitas dan Pelatihan

Memberikan pelatihan kepada petugas lalu lintas dan teknisi mengenai penggunaan dan pemeliharaan sistem IoT dan AI. Meningkatkan kapasitas institusi terkait dalam mengelola dan mengoperasikan teknologi baru ini.

4. Regulasi dan Standar

Menetapkan regulasi dan standar teknis untuk pemasangan dan operasional sistem IoT dan AI di jalan raya. Mengembangkan kerangka hukum yang mendukung penggunaan data lalu lintas real-time untuk pengambilan keputusan.

5. Kolaborasi dan Partisipasi Publik

Melibatkan berbagai pihak, termasuk dinas perhubungan, kepolisian, akademisi, dan masyarakat, dalam perencanaan dan implementasi solusi ini. Mendorong partisipasi publik melalui sosialisasi dan edukasi mengenai manfaat teknologi AI dan IoT dalam mengatasi kemacetan lalu lintas.

6. Monitoring dan Evaluasi Berkelanjutan

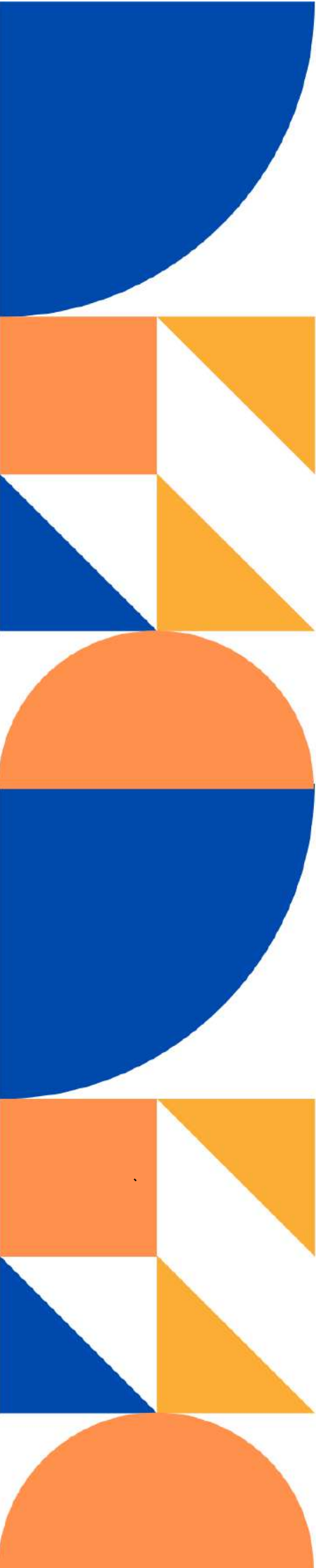
Melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala untuk memastikan efektivitas sistem yang diterapkan. Menggunakan data evaluasi untuk melakukan penyesuaian dan peningkatan sistem secara berkelanjutan.

7. Pengembangan Kebijakan Jangka Panjang

Mengintegrasikan penggunaan teknologi AI dan IoT dalam rencana induk transportasi perkotaan untuk mencapai tujuan jangka panjang terkait efisiensi lalu lintas dan keselamatan jalan. Menyusun kebijakan yang mendukung inovasi dan adaptasi teknologi baru dalam sektor transportasi. Implementasi rekomendasi kebijakan ini diharapkan dapat mengurangi kemacetan lalu lintas di area putar balik jalan raya, meningkatkan keselamatan pengguna jalan, dan memperbaiki efisiensi sistem transportasi perkotaan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Yao, L., & Yang, Y. (2020). Smart traffic light control system based on Internet of Things for reducing traffic congestion. *IEEE Access*, 8, 116219- 116230.
- Khanna, A., & Kaur, S. (2016). Internet of Things (IoT), applications and challenges: A comprehensive review. *Wireless Personal Communications*, 86(1), 401-426.
- Chen, Z., Jiang, C., & Li, X. (2019). A survey on artificial intelligence for traffic signal control. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 51(5), 1-36.
- Zhang, W., & Zhang, X. (2018). Real-time traffic flow prediction model based on deep learning. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1-10.
- Doshi, J., & Patil, D. (2019). A study on IoT-based real-time vehicle monitoring and traffic management system. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(11), 1201-1206.
- Li, Y., Ma, T., & Liu, H. (2020). An IoT-based system for traffic flow prediction and control. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(7), 6063-6071.
- Ahmed, M. S., Hawas, Y. E., & Haouari, M. (2018). Integrated traffic management system for urban roads based on IoT. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 92, 372-389.
- Kastrenakes, J. (2019). How AI is transforming traffic management systems. *IEEE Spectrum*, 56(3), 48-54.
- Barba, C., Mateos, A., & Soto, A. (2017). Smart cities and traffic management: A survey of state-of-the-art and future prospects. *Journal of Advanced Transportation*, 2017, 1-18.
- Kumar, A., & Kumar, V. (2017). An intelligent traffic management system using IoT and big data analytics. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(9), 528-533.



REVOLUSI SMART PARKING SYSTEM DI DAERAH KHUSUS JAKARTA

**Yulius Denny Prabowo¹, Dina Fitria Murad²,
Maria Loura Christhia^{3*}**

^{1,2,3} Bina Nusantara University Jakarta

e-mail: maria.loura@binus.ac.id

PENDAHULUAN

Permasalahan parkir merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh warga dan pemerintah Daerah Khusus Jakarta. Dengan populasi yang terus meningkat dan jumlah kendaraan yang semakin bertambah, keterbatasan ruang parkir menjadi semakin terasa. Hal ini memicu berbagai masalah, mulai dari kemacetan lalu lintas hingga konflik antarwarga. Jumlah kendaraan pribadi di Daerah Khusus Jakarta terus meningkat pesat. Pada tahun 2022, tercatat 23,67 juta kendaraan bermotor di Jakarta, dengan 13,64 juta di antaranya adalah sepeda motor dan 10,03 juta mobil (Badan Pusat Statistik Jakarta, n.d.). Rasio kepemilikan mobil di Jakarta memang tergolong tinggi, yaitu 1:7,5, artinya 1 dari 7,5 orang di Jakarta memiliki mobil (Dinas Daerah Khusus Jakarta, n.d.) Rasio ini jauh di atas rasio ideal yang ditetapkan Kementerian Perhubungan, yaitu 1:10. Kondisi demikian tidak diimbangi dengan penambahan lahan parkir, mengingat lahan kosong di DAERAH KHUSUS Jakarta terbatas. Menurut Dinas Perhubungan Daerah Khusus Jakarta, kebutuhan lahan parkir di Jakarta mencapai 800.000 unit, sedangkan yang tersedia baru sekitar 500.000 unit ((Dinas Perhubungan Daerah Khusus Jakarta, n.d.) Pemerintah Daerah Khusus Jakarta telah melakukan berbagai upaya, mulai dari penambahan infrastruktur parkir hingga pengembangan sistem parkir yang lebih efisien. Namun, masih diperlukan langkah-langkah lebih lanjut, termasuk edukasi masyarakat tentang pentingnya parkir yang tertib dan beretika, serta peningkatan pengawasan dan penegakan hukum terhadap pelanggaran. Permasalahan parkir di Daerah Khusus Jakarta merupakan masalah yang kompleks dan membutuhkan solusi yang komprehensif. Pemerintah, pengusaha, dan masyarakat perlu bekerja sama untuk mengatasi permasalahan ini. Paparan ide dalam chapter ini tentu tidak dimaksudkan untuk dapat menjawab semua permasalahan parkir di Daerah Khusus Jakarta, namun diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penerapan teknologi untuk pelayanan parkir kendaraan bermotor di Daerah Khusus Jakarta.

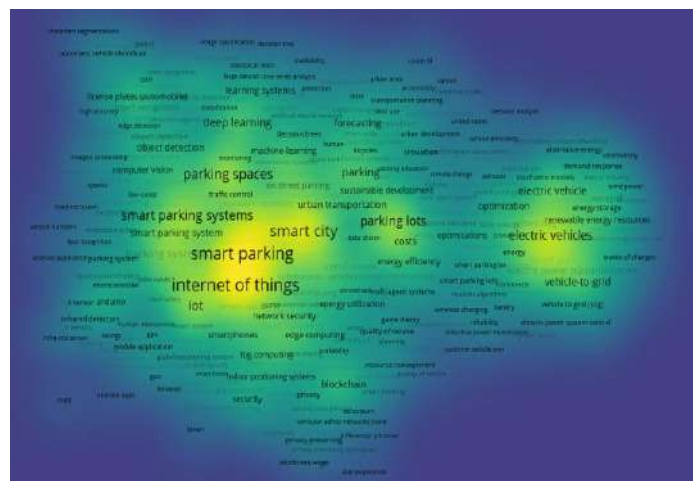
Analisis terhadap permasalahan parkir di Jakarta ini didasarkan atas data yang diperoleh dari badan pusat statistik (Badan Pusat Statistik Jakarta, n.d.), dinas perhubungan (Dinas Perhubungan Daerah Khusus Jakarta, n.d.), serta artikel dalam jurnal kebijakan publik (Asmara, 2020). Berdasarkan literatur tersebut, simptom permasalahan parkir di Jakarta secara singkat dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok: tingginya pertumbuhan kendaraan pribadi, kurangnya lahan, sistem parkir yang tidak efisien, dan lemahnya penegakan hukum. Sehingga mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan dan kualitas hidup yang dalam arti tertentu kontra produktif terhadap tujuan Sustainable Development Goals (SDG's) yang diratifikasi oleh pemerintah Indonesia. Sehingga diperlukan kajian-kajian yang dapat berkontribusi sekecil apapun untuk mengurai permasalahan ini. Artikel ini akan melihat melalui sudut pandang penerapan teknologi untuk mengatasi permasalahan parkir ini, tentu saja dari data yang ada jelas terlihat bahwa pemanfaatan teknologi tidak akan banyak membantu mengatasi permasalahan, karena persoalan utamanya terletak pada perbandingan kendaraan dan luas lahan yang tersedia. Meskipun demikian, penerapan teknologi smart parking ini diharapkan dapat memberikan data yang bisa diakses secara publik sehingga masyarakat dapat menggunakannya untuk membantu perencanaan aktivitas mereka, dengan demikian diharapkan dapat sedikit membantu mewujudkan kota yang lebih ramah terhadap penghuninya.

Smart parking merupakan sebuah konsep pengelolaan parkir yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kemudahan bagi pengguna. Untuk dapat mewujudkan hal tersebut, diperlukan beberapa komponen dalam smart parking, beberapa elemen utama dalam konsep smart parking adalah: Sistem informasi parkir terintegrasi yang dapat memberikan informasi real-time kepada pengguna mengenai ketersediaan ruang parkir, baik di area publik maupun komersial. Teknologi seperti *Automatic Number Plate*

Recognition (ANPR) dapat mendeteksi nomor kendaraan yang masuk dan keluar area parkir, serta memantau okupansi parkir secara otomatis. Sistem pembayaran parkir non-tunai, seperti menggunakan kartu atau aplikasi digital. Penerapan tarif parkir yang disesuaikan dengan waktu, lokasi, dan tingkat okupansi dapat membantu mengoptimalkan penggunaan lahan parkir. Serta, integrasi dengan sistem transportasi kota lainnya untuk mendukung mobilitas masyarakat yang lebih efisien.

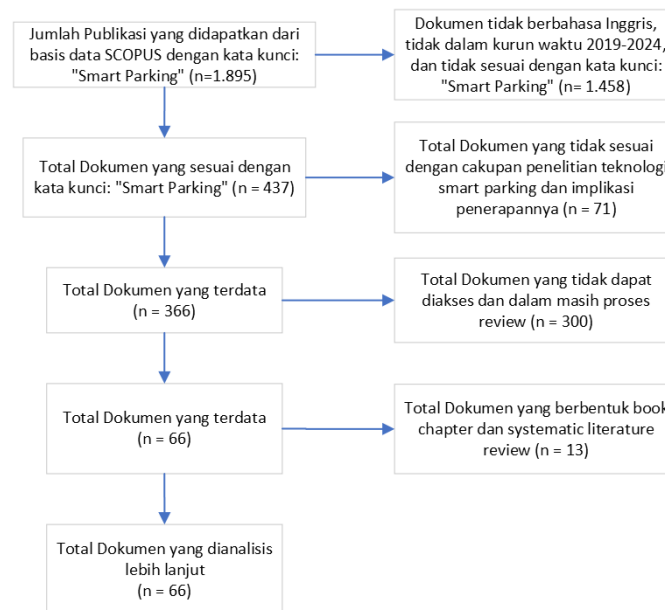
Di Indonesia, penerapan smart parking telah dilakukan oleh Kementerian PUPR dengan menerapkan sistem smart parking di kompleks perkantoran, dilengkapi dengan teknologi ANPR dan sistem parkir otomatis. Pemerintah Kota Bandung telah mengimplementasikan mesin parkir elektronik sebagai bagian dari pengembangan smart city, yang memudahkan pembayaran dan mengurangi parkir ilegal, Kota Makassar yang telah menerapkan sistem parkir online yang terbukti dapat meningkatkan pendapatan retribusi parkir secara signifikan. Sebagai upaya mengurai permasalahan parkir ini, pemerintah Daerah Khusus Jakarta juga telah menerapkan sistem parkir di beberapa lokasi tertentu yang dirasa akan mengurai permasalahan parkir kendaraan ini, menyediakan kantong-kantong parkir di sekitar titik transportasi publik. Tulisan ini bertujuan untuk melihat best practice penerapan sistem smart parking di berbagai wilayah guna mendapatkan ide yang komprehensif dengan harapan dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan parkir di Jakarta.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah teknologi smart parking telah banyak diteliti oleh beberapa peneliti baik di Indonesia maupun di mancanegara. Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, terdapat 1.895 penelitian yang memenuhi kata kunci “Smart Parking” data tersebut diperoleh dari database penelitian yang terindeks Scopus dengan tipe dokumen artikel dan prosiding, dan buku. Selain itu kata kunci smart parking juga terkait dengan beberapa kata kunci lainnya, Gambar 1 menunjukkan visualisasi berdasarkan sebaran dan jaringan kata kunci lain.



Gambar 1. Analisis Bibliometrik
(Sumber: penulis)

Banyak penelitian smart parking yang terkait dengan teknologi electric vehicle dan charging khususnya pada electric vehicle. Meskipun demikian, karena artikel ini berfokus pada smart parking, penulis melakukan penyaringan artikel sehingga didapat total penelitian yang secara spesifik meneliti mengenai konsep teknologi dan aplikasi smart parking adalah sebanyak 437 dokumen. Dari seluruh dokumen yang ada, dilakukan proses identifikasi, *screening*, dan analisis kembali. Kriteria eksklusi dan inklusi dapat dilihat pada Gambar 2.



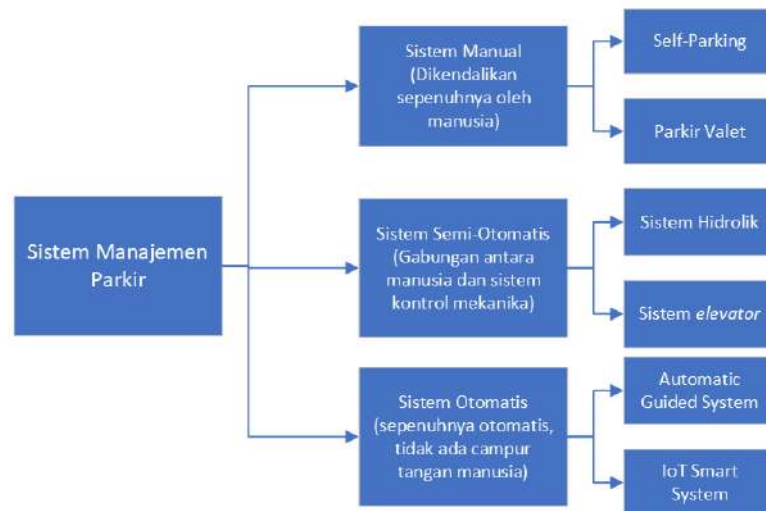
Gambar 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi dalam Studi Literatur

Artikel ini akan mengeksplorasi infrastruktur sistem parkir cerdas dan teknologi yang dibutuhkan untuk menciptakan sistem parkir cerdas yang aman. Pembaca diharapkan dapat mengambil kesimpulan mengenai kesenjangan antara penerapan di negara lain dan Jakarta, tren teknologi smart parking di masa depan dan hambatan dalam mengimplementasikan sistem parkir cerdas tersebut, setelah membaca artikel ini.

PEMBAHASAN

Sistem Parkir Cerdas

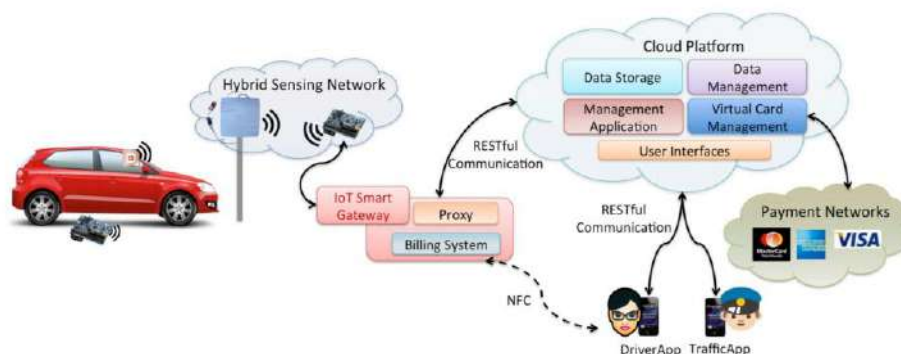
Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mainetti et al., 2015, Berdasarkan cara kerjanya sistem parkir dikategorikan menjadi tiga kategori, yaitu sistem manual, sistem semi-otomatis, dan sistem otomatis. Sistem manual sepenuhnya dikelola oleh manusia, sistem semi-otomatis dikendalikan oleh kombinasi manusia dan mesin, dan sistem otomatis sepenuhnya dikelola oleh mesin. Dalam perkembangan selanjutnya, Internet of Things (IoT) memainkan peran penting dalam menghubungkan dan mengotomatisasi berbagai perangkat pintar terkait smart parking. Dalam sistem parkir manual, pengemudi harus mencari tempat parkir secara langsung, sementara sistem pintar dapat membantu pengemudi dengan mudah menemukan informasi parkir yang sesuai, seperti informasi tentang tempat parkir yang tersedia, reservasi dan pembayaran online, sistem navigasi otomatis, pemantauan dan keamanan, serta kontrol akses otomatis. Klasifikasi manajemen parkir menurut (Mainetti et al., 2015) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Klasifikasi Sistem Manajemen Parkir (Mainetti et al., 2015)

Sistem parkir cerdas umumnya menerapkan Internet of Things atau IoT (Arora et al., 2023), untuk mengintegrasikan perangkat keras, seperti sensor dan perangkat pengukuran, perangkat lunak untuk pengolahan dan analisis data, serta konektivitas jaringan untuk transfer data. IoT mengumpulkan data dari lingkungan fisik atau perangkat yang terhubung, kemudian mengkomunikasikan data melalui jaringan untuk diproses dan disimpan, selanjutnya terdapat proses pengolahan serta analisis data dan pengambilan keputusan, proses ini dilakukan secara otomatis menggunakan algoritma cerdas, dan terakhir pelaksanaan tindakan dan kontrol (Avinash et al., 2022).

Desain program dalam sistem memungkinkan interaksi otomatis antara perangkat terhubung tanpa intervensi pengguna, sementara berbagai perangkat IoT bersensor dapat saling terhubung melalui internet untuk pertukaran data (Eridani et al., 2023). Secara sederhana, arsitektur sistem smart parking yang berbasis IoT menghubungkan mulai dari sensor pendeteksi hingga manajemen database untuk pembayaran tarif parkir seperti pada penelitian Mainetti et al., (2015), digambarkan pada Gambar 4. Agar dapat berfungsi secara optimal, berbagai algoritma kecerdasan buatan diterapkan ke dalam sistem manajemen parkir tersebut sehingga dapat mengelola data dengan lebih cepat, real time, dan akurat.



Gambar 4. Prinsip Penerapan IoT pada Smart Parking
(Sumber: Mainetti et al., 2015)

Sistem parkir cerdas merupakan komponen penting kota cerdas (Smart City) (Alharbi, 2022), yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan parkir terutama di kawasan perkotaan. Sistem ini menggunakan teknologi canggih seperti sensor, aplikasi seluler, dan analisis data untuk membantu pengemudi menemukan tempat parkir yang tersedia di sekitar tujuannya, yang pada akhirnya diharapkan dapat mengurangi kemacetan lalu lintas, dan mengoptimalkan manajemen parkir. Studi terbaru menunjukkan bahwa sistem parkir cerdas dapat secara signifikan mengurangi waktu dan upaya yang diperlukan untuk menemukan tempat parkir, sehingga mengurangi kemacetan lalu lintas dan menurunkan emisi karbon. Penelitian oleh Sabbor et al. (2019) menemukan bahwa penerapan sistem parkir pintar di kota di Tiongkok mengurangi waktu yang dihabiskan untuk mencari tempat parkir sebesar 50%. Dengan demikian, sistem parkir cerdas merupakan salah satu komponen penting jika ingin membangun sebuah sistem transportasi yang cerdas pada penerapan kota cerdas.

Sistem parkir cerdas juga dapat diintegrasikan dengan aplikasi kota cerdas lainnya, seperti transportasi cerdas dan energi cerdas. Penelitian yang dilakukan oleh (Islam et al., 2020) menunjukkan bahwa integrasi sistem parkir cerdas dengan sistem transportasi cerdas dapat mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan efisiensi transportasi umum. Hal ini tentu ditunjang dengan teknologi aplikasi gawai yang mutakhir, kinerja smart sensors, dan smart display untuk visualisasi platform aplikasi, dan proses verifikasi dari aplikasi tersebut (Rocco et al., 2023). Pada sisi lain, penerapan sistem parkir pintar menimbulkan kekhawatiran mengenai privasi dan keamanan data. Ketika sistem parkir semakin bergantung pada teknologi, sistem parkir juga menjadi lebih rentan terhadap ancaman dunia maya. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu teknologi yang digunakan adalah Blockchain (Ibrahim et al., 2022). Penelitian (Y. Zhang et al., 2021) secara khusus membuat desain sistem parkir yang aman berbasis Vehicular Ad Hoc Network (VANET) teknologi yang dihubungkan ke dalam protokol teknologi blockchain agar dapat menghindari serangan data dan ketidaksesuaian data dengan kondisi nyata di lapangan. Selain lebih aman, teknologi blockchain juga dapat meningkatkan keandalan dan menjamin adanya sistem kontrak yang adil (C. Zhang et al., 2020), serta dapat melakukan proses otomatisasi tanda tangan digital dan menjamin transparansi proses manajemen informasi sistem parkir (Singh et al., 2022; Tsai et al., 2023). Teknik verifikasi yang ada pada teknologi kecerdasan buatan, seperti yang diterapkan pada penelitian (Turki et al., 2022) dan beberapa metode lain yang dapat dilakukan, dengan cara menjamin sistem keamanan dengan fitur SSL, SQL injection prevention, 2FA, Google Captcha, SHA-1 Hashing (Abd Rahman et al., 2022) sehingga dapat mendeteksi adanya tindakan yang mencurigakan atau diluar kebiasaan. Hal tersebut penting dilakukan untuk melindungi data pengguna dan mencegah serangan dunia maya.

Sistem parkir cerdas yang aman juga dapat menjamin adanya transaksi tarif parkir yang dapat dipercaya, sehingga menghasilkan pendapatan tambahan bagi kota-kota dengan mengoptimalkan biaya parkir dan mengurangi kebocoran pendapatan. Penelitian yang

dilakukan oleh Channamallu et al., (2023) dan Anusha et al. (2019) menemukan bahwa penerapan sistem parkir cerdas di kota Timur Tengah meningkatkan pendapatan parkir sebesar 30%. Sistem parkir cerdas juga dapat meningkatkan aksesibilitas kawasan perkotaan bagi penyandang disabilitas. Beberapa penelitian mulai mengangkat teknologi smart parking yang dapat dimanfaatkan oleh kaum disabilitas, yakni reservasi parkir (Cong et al., 2022), proses otentifikasi parkir yang disediakan khusus (Al Taweel et al., 2020; Jenulin Makros et al., 2023), dan secara khusus sebuah penjelasan mengenai verifikasi teknologi Radio Frequency Identification di Malaysia untuk menginformasikan ketersediaan tempat parkir yang dapat diakses oleh penyandang disabilitas (Ahmad et al., 2022). Penggunaan IOT (Fikri & Hwang, 2019) dan pengembangan algoritma deep learning untuk meningkatkan akurasi model dari teknologi smart parking (Neupane et al., 2024) juga sangat membantu para penyandang disabilitas untuk mengakses layanan parkir cerdas ini.

Dengan demikian, sistem parkir cerdas secara umum mencakup berbagai fitur perangkat seperti perangkat keras dan perangkat lunak yang didukung sistem kerja Internet of Things. Beberapa perangkat keras yang umumnya dibutuhkan adalah sensor parkir untuk mendeteksi ketersediaan tempat parkir, aplikasi mobile untuk memandu pengemudi menuju tempat parkir yang kosong, pembayaran parkir secara elektronik, dan analisis data untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir (Saleem et al., 2020). Tabel 1 berikut ini merupakan ringkasan beberapa teknologi perangkat keras yang sering digunakan pada sistem parkir cerdas.

Tabel 1. Teknologi Perangkat Keras Sistem Parkir

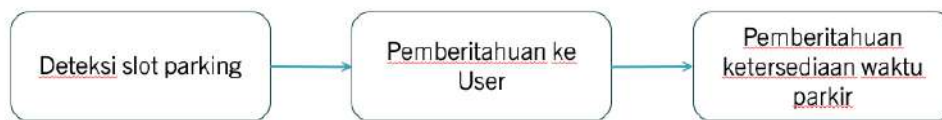
Teknologi	Metode	Aplikasi	Kelebihan	Kelemahan
Global Positioning System (GPS)	Trilateration	Lebih cocok jika digunakan untuk lahan parkir outdoor	- Digunakan secara luas untuk penentuan posisi di luar ruangan - Sensor GPS tertanam hampir pada setiap perangkat	- Dapat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan dan hambatan - Tidak dapat digunakan di dalam ruangan karena ketidakakuratannya
Wi-Fi	RSS Fingerprinting	Dapat digunakan untuk lahan parkir outdoor dan indoor	- Infrastruktur baru tidak diperlukan - Titik akses Wi-Fi yang telah terpasang sebelumnya dapat digunakan kembali - Umum digunakan karena kecepatan transfer datanya yang tinggi dan biayanya yang	- Perlu diintegrasikan dengan algoritma lain untuk meningkatkan akurasi - Dapat dipengaruhi oleh hambatan dan interferensi - Jangkauan terbatas tergantung pada antena

Teknologi	Metode	Aplikasi	Kelebihan	Kelemahan
			rendah	
Bluetooth	RSS Fingerprinting	Lebih cocok jika digunakan untuk lahan parkir indoor	- Konsumsi baterai rendah	- Rentang dan kecepatan transfer data rendah - Tidak efisien biaya
Ultra-wideband		Lebih cocok jika digunakan untuk lahan parkir indoor	- Akurasi yang sangat tepat - Tidak terpengaruh oleh hambatan - Kecepatan bandwidth yang luas - Konsumsi daya rendah	- Terikat pada infrastruktur - Kompleks - Frekuensi diatur oleh pemerintah dan memiliki tingkat transfer yang rendah
Radio Frequency Identification (RFID)	Multilaterasi	Lebih cocok jika digunakan untuk lahan parkir indoor	- Jangkauan komunikasi luas - Pelacakan otomatis - dapat dengan mudah memperbaharui data - dapat melakukan scanning dalam jumlah yang banyak	- jangkauan terbatas - interferensi sinyal
Ultrasonic Sensor	Time of flight	Dapat digunakan untuk lahan parkir outdoor dan indoor	- akurasi tinggi - jangkauan luas - durable tahan lingkungan terhadap cahaya, asap, debu, dan warna	- keterbatasan membedakan objek - akurasi tinggi namun dapat terpengaruh oleh adanya noise

Model penerapan smart parking

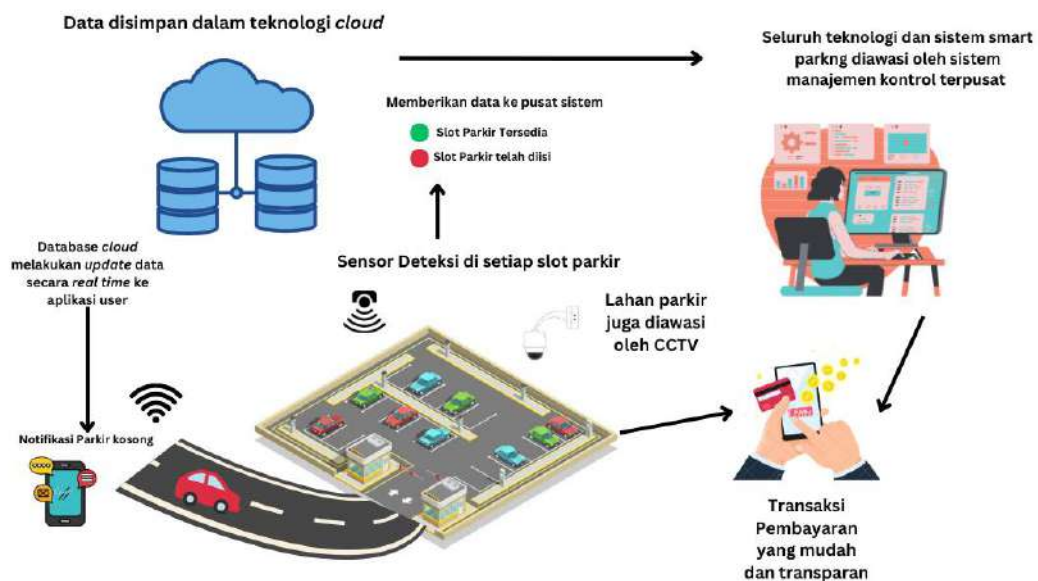
Berbagai model sudah dilaporkan terkait pengembangan sistem parkir pintar ini. Model smart parking system (Bassam & Samann, 2020) berdasarkan pengenalan karakter optik atau Optical Character Recognition (OCR) model dikembangkan dengan cara pemberian label di slot parkir yang kosong menggunakan karakter tertentu. Di atas area parking diletakan beberapa kamera yang akan mendeteksi karakter. Sistem yang diusulkan menggunakan vision assistant of LabView. Secara proses sistem ini dibagi melalui 3 tahapan dengan alur

seperti diagram blok pada gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram blok sistem parkir pintar

Pengguna mencari ketersediaan slot parkir yang menginformasikan area parking dan kamera secara otomatis akan mencari slot tersebut. Jika sudah diverifikasi ketersediaan slot maka sistem akan mengirimkan kepada pengguna informasi letak slot parkir yang kosong. Semua slot parkir memiliki karakteristik unik yang merupakan kombinasi antara angka dan huruf. Setelah parkir dan selama parkir pengguna akan menerima notifikasi waktu parkir dan tarifnya. Gambar 6 menunjukkan mekanisme informasi ketersediaan slot kosong parkir yang diterima oleh pengguna sebelum memasuki area parkir. Sistem ini telah diujikan pada beberapa area parkir dengan berbagai tekstur area parkir yang berbeda.



Gambar 6. Model sistem parkir pintar
(Sumber: Diolah oleh penulis)

Model lain dari sistem parkir pintar diusulkan menggunakan arduino (Patro et al., 2020; Veeramanickam et al., 2022). Penggunaan berbagai teknik diantaranya teknik multi-objective grey wolf optimization berbasis optimalisasi node sensor nirkabel dengan RFID juga dilaporkan untuk akurasi posisi parkir. Secara umum, sistem parkir pintar dipengaruhi oleh korelasinya pengukuran sensor dengan lokasi fisik diperlukan. Penggunaan GPS di node sensor juga penting dalam infrastruktur sistem parkir pintar (Ghorpade et al., 2021). Tujuan lain sistem parkir pintar ini tentu saja untuk dapat menghemat waktu, bahan bakar, dan biaya

pengemudi, sekaligus mengurangi kemacetan lalu lintas dan polusi lingkungan. Seperti penggunaan Mixed Integer Linear Program (MILP) pada penerapan dan pengujian studi percontohan di area parkir di Universitas Boston (Geng & Cassandras, 2012).

Dari berbagai sistem parkir pintar yang telah dilaporkan, penggunaan informasi kontekstual dalam pengambilan keputusan terkait slot parkir dikemukakan oleh (Zulfiqar et al., 2023). Hal ini dilakukan untuk menganalisis perilaku dan memverifikasi keakuratan properti sistem. Optimalisasi kerangka parkir sadar konteks dengan batasan pada sumber daya komputasi untuk mendukung keputusan secara dinamis dalam kondisi yang sangat terdesentralisasi lingkungan dikembangkan dengan menambahkan beberapa informasi kontekstual sebagai tambahan fitur informasi. Sistem sadar konteks memperoleh dan memahami informasi kontekstual sesuai dengan situasi yang berlangsung, melakukan penalaran, dan kemudian bertindak secara cerdas atas nama pengguna. Sistem ini ditanam pada sebuah aplikasi dan sering kali dijalankan pada perangkat pintar kecil dengan sumber daya terbatas dengan penggabungan sensor yang tertanam atau terpasang pada perangkat tersebut. Dan sering kali sistem ini menunjukkan perilaku yang kompleks dan adaptif. Tujuan aplikasi ini adalah membantu pengemudi dalam menemukan slot parkir secara dinamis saat bergerak dan/atau tiba di tempat tujuan. Namun bagaimanakah dengan penyimpanan data? Tentu saja penyimpanan di cloud merupakan salah satu saran terbaik untuk memaksimalkan sistem parkir pintar ini (Pham et al., 2015)

Di beberapa negara maju, penerapan sistem parkir pintar pada dasarnya merupakan sistem terintegrasi yang meliputi *remote detection*, *reservasi*, alokasi dan *auto payment*. Penggunaan sistem dengan *context aware* menghasilkan akurasi yang lebih baik dalam mendeteksi slot kosong pada area parkir.

Tren Masa Depan dan Tantangan

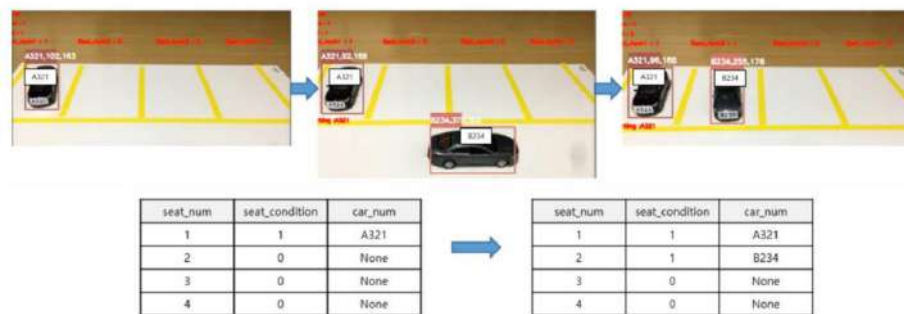
Penerapan smart parking di kota-kota besar seperti Jakarta dapat membantu meningkatkan mobilitas, mengurangi kemacetan, meminimalkan polusi udara, dan meningkatkan kualitas hidup bagi penduduk kota. Contohnya Revitalisasi sistem smart parkir di Daerah Khusus Jakarta yang merupakan langkah penting untuk mengatasi masalah parkir yang telah lama menjadi permasalahan kompleks. Berikut adalah beberapa langkah kreatif yang dapat diambil dalam revolusi sistem parkir pintar:

1. Aplikasi Parkir Berbasis Teknologi: Pengembangan aplikasi parkir pintar yang memungkinkan pengguna untuk mencari dan memesan tempat parkir secara online sebelum mereka tiba di lokasi. Aplikasi ini dapat memberikan informasi tentang ketersediaan tempat parkir, tarif parkir, serta memberikan petunjuk navigasi ke lokasi parkir. Sebuah kota perlu mengelola ruang parkir umum di badan jalan dan infrastruktur jaringan jalan secara lebih efektif (Aftab et al., 2020), sistem parkir cerdas baru dapat meningkatkan efisiensi parkir dengan panduan ke tempat parkir secara gratis dan dapat

memperbaiki atau mengurangi situasi kemacetan lalu lintas di perkotaan (Kalašová et al., 2021). Sistem parkir dapat dikembangkan dengan aplikasi berbasis mobile, desktop dan web dan tentu saja akan sangat baik bagi pihak pengelola parkir untuk menyampaikan update informasi kawasan parkir secara real-time kepada pengguna nya (Nugraha et al., 2021)

2. **Pembayaran Digital:** Pembayaran digital merupakan salah satu cara untuk mengurangi penggunaan uang tunai, termasuk untuk pembayaran parkir. Mengintegrasikan sistem pembayaran digital seperti e-wallet atau pembayaran kartu kredit/debit pada sistem parkir merupakan salah satu inovasi yang memberi dampak positif bagi sistem perparkiran. Hal ini memungkinkan pengguna untuk membayar parkir secara elektronik tanpa perlu menggunakan uang tunai, sehingga mempercepat proses dan mengurangi antrian di tempat parkir. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menemukan bahwa Prediktor terbaik untuk pembayaran digital dan adopsi perbankan di negara-negara berkembang adalah kepercayaan, persepsi keamanan, dan persepsi manfaat (Alkhowaiter, 2020). Hal ini dapat menjadi acuan dalam mengembangkan dan mendorong sistem pembayaran digital. Tantangannya tentu saja kepercayaan teknologi saat ini terhadap berbagai metode pembayaran, layanan, dan penyedia khusus nya pembayaran digital, dan penelitian membuktikan lebih dari 70% masyarakat memiliki kepercayaan yang cukup tinggi untuk penggunaan pembayaran digital (Putu et al., 2020)
3. **Sensor Parkir Otomatis:** Pemasangan sensor parkir otomatis di setiap slot parkir yang dapat mendeteksi keberadaan kendaraan. Informasi dari sensor ini dapat diakses melalui aplikasi parkir pintar untuk memberikan informasi real-time tentang ketersediaan tempat parkir. Namun saat ini, belum ada aplikasi yang menyediakan informasi ketersediaan ruang kosong parkir terbuka atau outdoor secara real-time, yang diperlukan untuk memandu driver sepanjang rute terpendek menuju ruang parkir kosong. Untuk mengembangkan aplikasi parkir pintar pada lahan parkir terbuka, diperlukan penelitian lebih lanjut di bidang deep learning dan sistem multi-agen Magnetometer dan sensor ultrasonik adalah beberapa sensor dan teknologi yang banyak digunakan di tempat parkir tertutup (Paidi et al., 2018). Bagian mendasar dari setiap sistem parkir pintar adalah pendeteksian keberadaan kendaraan, yang biasanya digunakan oleh perangkat yang terdiri dari sensor yang haus daya. Pemanfaatan Internet of Things (IoT) merupakan salah satu konsep infrastruktur penting yang memungkinkan untuk Sistem parkir pintar (Perković et al., 2020; Solic et al., 2021). Perangkat sensor paling populer dan teknologi radio Low Power Wide Area (LPWA) yang tersedia saat ini (LoRa, Sigfox, dan NB-IoT) (Perković et al., 2020)
4. **Pemanfaatan Teknologi AI untuk sistem parkir pintar** menggunakan image processing (Ruili et al., 2018) dapat digunakan untuk menganalisis data parkir yang terkumpul. Dengan menggunakan data historis tentang pola parkir, sistem dapat memberikan rekomendasi tentang lokasi parkir yang tersedia atau memberlakukan tarif dinamis berdasarkan permintaan. Pencarian ruang parkir kosong menggunakan beberapa kamera yang tertanam di dalam tempat parkir seperti terlihat pada gambar 7 yang

memberikan informasi ketersediaan ruang parkir, termasuk penggunaan Raspberry dengan algoritma Convolutet Neural Network (CNN) (Jung et al., 2022). Beberapa penelitian lainnya, juga telah melakukan eksplorasi teknologi CNN untuk meningkatkan proses pengolahan data seperti pada penelitian (Nghie & Thinh, 2022) yang diintegrasikan pada jenis hardware accelerator dan pada penelitian (Scekic et al., 2022) yang fokus dalam mengembangkan model algoritma R-CNN yang dapat melakukan prediksi dengan sangat cepat.



Gambar 7. Vehicle Tracking (Jung et al., 2022)

5. Penggunaan Papan Informasi Digital: Instalasi papan informasi digital di sekitar kota untuk memberikan informasi tentang ketersediaan tempat parkir, rute alternatif, dan informasi lalu lintas lainnya. Papan informasi ini dapat terhubung dengan sistem parkir pintar untuk memberikan informasi yang akurat dan terkini kepada pengguna jalan seperti pada Gambar 8. Data terkait jumlah dan waktu pengunjung mencari parkir dapat disimpan oleh fitur smart parking agar pengelola dapat menganalisis data pola pengunjung berdasarkan data historis tersebut. Dengan demikian, pengelola dapat menggunakan data ini untuk memprediksi lokasi parkir yang paling strategis dan menerapkan beberapa fitur seperti reservasi dan sistem parkir valet.



Gambar 8. Papan Informasi Digital (Sumber: signal-tech.com)

Penerapan smart parking di Daerah Khusus Jakarta dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan ruang parkir, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan kenyamanan bagi warga serta pengunjung kota. Namun, untuk berhasil menerapkan solusi ini, perlu dipertimbangkan beberapa aspek penting yang meliputi kesiapan SDM, teknologi, dan

infrastruktur.

Kesiapan SDM menjadi kunci dalam kesuksesan implementasi smart parking. Personel terkait, seperti petugas parkir dan teknisi IT, perlu diberi pelatihan dan pengembangan keterampilan untuk memahami dan mengelola sistem smart parking dengan baik. Mereka harus dapat mengoperasikan teknologi sensor parkir dan memastikan sistem berjalan dengan lancar. Selain itu, kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang konsep smart parking juga perlu ditingkatkan agar adopsi solusi ini lebih maksimal. Kampanye penyuluhan dan edukasi mengenai manfaat smart parking bagi kenyamanan dan efisiensi transportasi di Jakarta dapat menjadi langkah penting dalam mempersiapkan masyarakat untuk menerima dan menggunakan teknologi ini dengan baik.

Selain kesiapan SDM, kerjasama antara pemerintah, swasta, dan masyarakat juga menjadi kunci dalam keberhasilan penerapan smart parking. Pemerintah perlu menciptakan regulasi yang mendukung dan mendorong inisiatif smart city, termasuk smart parking. Kolaborasi dengan perusahaan teknologi dan industri parkir juga diperlukan untuk mengembangkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan. Di sisi lain, partisipasi aktif masyarakat dalam penggunaan dan pemeliharaan sistem smart parking juga akan mempengaruhi keberhasilan implementasi ini. Dengan implementasi yang tepat, smart parking dapat menjadi salah satu solusi cerdas untuk mengatasi tantangan transportasi perkotaan di Jakarta, beberapa aspek diatas harus diukur dan dianalisis sebelum menerapkan smart parking di Jakarta.

KESIMPULAN

Smart parking sensor mengubah proses pencarian tempat parkir bagi pengemudi dengan memberikan solusi yang efisien terhadap permasalahan lama terkait kesulitan menemukan tempat parkir yang tersedia. Sensor ini biasanya ditempatkan di area parkir atau sepanjang jalan, menggunakan teknologi canggih untuk mengidentifikasi ketersediaan tempat parkir. Saat tempat parkir kosong terdeteksi, sensor secara otomatis mengirimkan data ke sistem terpusat secara real time, yang kemudian menginformasikan pengemudi melalui aplikasi seluler. Metode ini membawa sejumlah manfaat, termasuk mengurangi waktu dan tenaga yang dibutuhkan untuk mencari tempat parkir, sehingga menurunkan penumpukan kendaraan dan kemacetan. Selain itu, teknologi ini juga dapat meningkatkan aksesibilitas yang secara tidak langsung mengurangi emisi kendaraan yang berputar-putar untuk mencari parkir di wilayah perkotaan. Salah satu fungsi penting yang mendukung efektivitas teknologi smart parking sensor adalah kemampuannya dalam menggunakan kecerdasan buatan untuk menganalisis data yang dikumpulkan. Teknologi ini memungkinkan sensor untuk mengenali pola-pola yang muncul dari data ketersediaan tempat parkir, seperti tren penggunaan parkir pada waktu-waktu tertentu atau preferensi lokasi parkir tertentu oleh pengemudi. Dengan demikian, sistem dapat memberikan rekomendasi parkir yang lebih akurat dan mengoptimalkan pemanfaatan ruang parkir yang tersedia. Selain itu, teknologi

smart parking dapat memungkinkan sistem untuk memprediksi permintaan parkir di masa depan berdasarkan pola-pola historis yang teridentifikasi. Hal ini memungkinkan pihak terkait, seperti pengelola parkir atau pemerintah daerah, untuk merencanakan strategi parkir yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan pengguna jalan. Secara tidak langsung, melalui pemanfaatan teknologi ini berperan dalam mengurangi kemacetan lalu lintas, meningkatkan kualitas udara, meningkatkan mobilitas, dan memfasilitasi perencanaan kota, sehingga dapat tercipta kota yang lebih layak huni dan ramah lingkungan bagi semua orang. Secara keseluruhan, penggunaan teknologi smart parking sensor tidak hanya meningkatkan kemampuan sistem untuk menganalisis data secara cepat dan akurat, tetapi juga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dalam pengelolaan parkir di wilayah perkotaan.

Dalam mengimplementasikan teknologi smart parking, terdapat beberapa poin penting yang harus diperhatikan, yakni diantaranya:

- Teknologi menjadi landasan utama dalam penerapan smart parking. Penggunaan sensor parkir dan Internet of Things (IoT) memungkinkan pengguna untuk mengetahui ketersediaan tempat parkir secara real-time melalui aplikasi atau platform online.
- Sistem manajemen parkir juga dapat mengolah data yang tersimpan dalam basis data *cloud* sehingga dapat menganalisa dan memprediksi berdasarkan pola atau tren jumlah, lokasi, dan waktu, permintaan lahan parkir.
- Pemasangan sensor parkir di tempat-tempat parkir umum yang strategis menjadi langkah penting dalam memastikan data yang akurat dan dapat diandalkan.
- Perangkat keras yang sering digunakan dalam sistem parkir, yaitu GPS, WiFi, Bluetooth, Ultra-wideband, dan RFID. Masing-masing penggunaan perangkat keras dapat disesuaikan dengan lokasi dan kebutuhan infrastruktur lahan parkir yang akan digunakan
- Pemanfaatan Algoritma AI dalam pengolahan data sering digunakan agar dapat mengolah data dengan cepat secara real time. Adapun algoritma yang sering digunakan adalah Optical Character Recognition (OCR) dan Convolutional Neural Network (CNN).
- Sensor parkir harus diintegrasikan dengan aplikasi seluler atau platform online yang memungkinkan pengguna untuk mencari, memesan, dan membayar tempat parkir dengan mudah akan menjadi bagian integral dari solusi smart parking.
- Sistem pembayaran yang efisien, seperti pembayaran melalui aplikasi seluler atau kartu pintar, juga perlu dipertimbangkan untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik.
- Infrastruktur memainkan peran krusial dalam keberhasilan penerapan smart parking. Oleh karena itu, Investasi dalam infrastruktur jaringan menjadi penting untuk mendukung transmisi data dari sensor parkir ke platform online.
- Jaringan internet yang cepat dan andal akan menjadi kunci untuk memastikan operasional yang lancar.

- Perencanaan yang matang dalam hal sumber daya manusia dan pengaturan sistem lalu lintas di sekitar tempat parkir juga penting untuk memastikan akses yang lancar bagi pengguna dan mengoptimalkan penggunaan ruang parkir yang ada.

SARAN

Pemerintah dapat mengadopsi beberapa kebijakan kunci dan *best practice* yang ada guna mendukung implementasi yang sukses. Beberapa rekomendasi tersebut ialah:

1. Regulasi yang memungkinkan penggunaan teknologi smart parking, termasuk standar teknis untuk sensor parkir dan infrastruktur pendukung lainnya, perlu dibuat. Regulasi ini juga harus mencakup ketentuan mengenai privasi data dan keamanan informasi untuk melindungi data pengguna yang dikumpulkan oleh sistem smart parking.
2. Pemerintah perlu memberikan insentif, seperti pembebasan pajak atau subsidi, kepada perusahaan yang berinvestasi dalam pengembangan infrastruktur smart parking. Insentif ini akan mendorong lebih banyak perusahaan untuk terlibat dalam pengembangan solusi smart parking di Jakarta.
3. Pemerintah harus mengadopsi kebijakan tarif parkir yang dinamis berdasarkan permintaan, sehingga mendorong pengguna untuk memanfaatkan ruang parkir yang tersedia secara lebih efisien. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem pembayaran yang terintegrasi dengan aplikasi seluler, sehingga pengguna dapat dengan mudah membayar parkir dan mendapatkan informasi tentang ketersediaan tempat parkir secara real-time.
4. Kemitraan dengan lembaga riset dan perguruan tinggi untuk melakukan studi dan pengembangan lebih lanjut mengenai penerapan smart parking perlu dijalin.

Dengan mengadopsi kebijakan-kebijakan ini, pemerintah Daerah Khusus Jakarta dapat menciptakan lingkungan yang kondusif bagi perkembangan smart parking dan meningkatkan efisiensi transportasi serta kualitas hidup warga kota serta pengunjung kota.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Rahman, N. A., Bahaj, A., Abdul Halim Sithiq, H. A., Farhana Kamsin, I., & Zainal, N. K. (2022). Secure Parking and Reservation System Integrated with Car Plate Recognition and QR Code. *2022 IEEE International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICDCECE53908.2022.9792692>
- Aftab, K., Kulkarni, P., Shergold, I., Jones, M., Dogramadzi, M., Carnelli, P., & Sooriyabandara, M. (2020). Reducing Parking Space Search Time and Environmental Impacts: A Technology Driven Smart Parking Case Study. *IEEE Technology and Society Magazine*, 39(3), 62–75. <https://doi.org/10.1109/MTS.2020.3012329>
- Ahmad, M. H., Cheah, N. A. C. Y., & Seman, M. T. A. (2022). Embedded RFID System: OKU Smart Parking (pp. 203–219). https://doi.org/10.1007/978-981-16-2406-3_17
- Al Taweel, Z., Challagundla, L., Pagan, A., & Abuzneid, A. (2020). Smart Parking for Disabled Parking Improvement Using RFID and Database Authentication. *2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT48130.2020.9221069>
- Alharbi, M. T. (2022). Real Time Parking System Algorithms. *2022 2nd International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT)*, 17–20. <https://doi.org/10.1109/ICCIT52419.2022.9711611>
- Alkhowaiter, W. A. (2020). Digital payment and banking adoption research in Gulf countries: A systematic literature review. *International Journal of Information Management*, 53, 102102. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102102>
- Arora, S., Pargaien, S., Khan, F., Misra, A., Gambhir, A., & Verma, D. (2023). Smart Parking Allocation Using Raspberry Pi based IoT System. *2023 5th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 1457–1461. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA57980.2023.10220619>
- Avinash, C., Rohit, G., Rajesh, C., Suresh, A., & Chinnadurai, S. (2022). IOT Based Smart Parking System With E-Ticketing. *2022 International Conference on Recent Trends in Microelectronics, Automation, Computing and Communications Systems (ICMACC)*, 108–112. <https://doi.org/10.1109/ICMACC54824.2022.10093659>
- Bassam, R., & Samann, F. (2020). Smart Parking System based on Improved OCR Model. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 978(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/978/1/012007>
- Channamallu, S. S., Kermanshachi, S., Rosenberger, J. M., & Pamidimukkala, A. (2023). A review of smart parking systems. *Transportation Research Procedia*, 73, 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.920>
- Cong, R., Kanega, S., & Fujikawa, N. (2022). Infrared Distance Sensor-based Parking Space Reservation System for People with Disabilities. *2022 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/DASC/PiCom/CBDCCom/Cy55231.2022.9927893>
- Eridani, D., Windarto, Y. E., & Zaka, G. (2023). IoT-Based Integrated Parking System Prototype using RFID and HC-SR04. *2023 10th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 360–364. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE58587.2023.10277099>
- Fikri, R. M., & Hwang, M. (2019). Smart Parking Area Management System for the Disabled

- using IoT and Mobile Application. 2019 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoTIS), 172–176. <https://doi.org/10.1109/IoTIS47347.2019.8980454>
- Geng, Y., & Cassandras, C. G. (2012). A new “Smart Parking” System Infrastructure and Implementation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 1278–1287. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.842>
- Ghorpade, S. N., Zennaro, M., & Chaudhari, B. S. (2021). GWO Model for Optimal Localization of IoT-Enabled Sensor Nodes in Smart Parking Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(2), 1217–1224. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.2964604>
- Ibrahim, M., Lee, Y., Kahng, H.-K., Kim, S., & Kim, D.-H. (2022). Blockchain-based parking sharing service for smart city development. *Computers and Electrical Engineering*, 103, 108267. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108267>
- Islam, M. R., Azam, S., Shanmugam, B., Karim, A., El-Den, J., DeBoer, F., Jonkman, M., & Yadav, A. (2020). Smart Parking Management System to Reduce Congestion In Urban Area. 2020 2nd International Conference on Electrical, Control and Instrumentation Engineering (ICECIE), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICECIE50279.2020.9309546>
- Jenulin Makros, G., Ancy Jenifer., J., Adithya, B. V, Rohan Samuel, R., & Giribalan, M. (2023). Disabled Smart Parking Management using RFID Technology. 2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), 22–28. <https://doi.org/10.1109/ICESC57686.2023.10193064>
- Jung, I. H., Lee, J. M., & Hwang, K. (2022). Smart Parking Management System Using AI. *Webology*, 19(1), 4629–4638. <https://doi.org/10.14704/WEB/V19I1/WEB19307>
- Kalašová, A., Čulík, K., Poliak, M., & Otahálová, Z. (2021). Smart Parking Applications and Its Efficiency. *Sustainability*, 13(11), 6031. <https://doi.org/10.3390/su13116031>
- Mainetti, L., Patrono, L., Stefanizzi, M. L., & Vergallo, R. (2015). A Smart Parking System based on IoT protocols and emerging enabling technologies. 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 764–769. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2015.7389150>
- Neupane, D., Bhattarai, A., Aryal, S., Bouadjenek, M. R., Seok, U., & Seok, J. (2024). Shine: A deep learning-based accessible parking management system. *Expert Systems with Applications*, 238, 122205. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122205>
- Nghi, H. P., & Thinh, T. N. (2022). A CNN-Based Vehicle Identification Solution in Parking System With Hardware Accelerator on FPGA. 2022 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (RIVF), 518–523. <https://doi.org/10.1109/RIVF55975.2022.10013847>
- Nugraha, D., Ahmed, F. Y. H., Abdullah, M. I., & Johar, M. G. M. (2021). Survey of smart parking application deployment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1108(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1108/1/012019>
- Paidi, V., Fleyeh, H., Håkansson, J., & Nyberg, R. G. (2018). Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: a review. *IET Intelligent Transport Systems*, 12(8), 735–741. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2017.0406>
- Patro, S. P., Patel, P., Senapaty, M. K., Padhy, N., & Sah, R. D. (2020). IoT based Smart Parking System: A Proposed Algorithm and Model. 2020 International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCSEA49143.2020.9132923>
- Perković, T., Šolić, P., Zargariasl, H., Čoko, D., & Rodrigues, J. J. P. C. (2020). Smart Parking Sensors: State of the Art and Performance Evaluation. *Journal of Cleaner Production*,

- 262, 121181. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121181>
- Pham, T. N., Tsai, M.-F., Nguyen, D. B., Dow, C.-R., & Deng, D.-J. (2015). A Cloud-Based Smart-Parking System Based on Internet-of-Things Technologies. *IEEE Access*, 3, 1581–1591. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2477299>
- Putu, I., Noviana, T., & Darma, G. S. (2020). Exploring Digital Marketing Strategies During the New Normal Era in Enhancing the Use of Digital Payment (Vol. 4, Issue 3). <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik>
- Rocco, G., Pipino, C., & Pagano, C. (2023). An Overview of Urban Mobility: Revolutionizing with Innovative Smart Parking Systems. *Sustainability*, 15(17), 13174. <https://doi.org/10.3390/su151713174>
- Ruili, J., Haocong, W., Han, W., O'Connell, E., & McGrath, S. (2018). Smart Parking System Using Image Processing and Artificial Intelligence. 2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST), 232–235. <https://doi.org/10.1109/ICSensT.2018.8603590>
- Saleem, A. A., Siddiqui, H. U. R., Shafique, R., Haider, A., & Ali, M. (2020). A Review on Smart IOT Based Parking System (pp. 264–273). https://doi.org/10.1007/978-3-030-36056-6_26
- Scekic, Z., Cakic, S., Popovic, T., & Jakovljevic, A. (2022). Image-Based Parking Occupancy Detection Using Deep Learning and Faster R-CNN. 2022 26th International Conference on Information Technology (IT), 1–5. <https://doi.org/10.1109/IT54280.2022.9743533>
- Singh, S. K., Pan, Y., & Park, J. H. (2022). Blockchain-enabled Secure Framework for Energy-Efficient Smart Parking in Sustainable City Environment. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103364. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103364>
- Solic, P., Leoni, A., Colella, R., Perkovic, T., Catarinucci, L., & Stornelli, V. (2021). IoT-Ready Energy-Autonomous Parking Sensor Device. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(6), 4830–4840. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3031088>
- Tsai, Y.-C., Chen, M.-T., & Chang, Y.-Y. (2023). Development of parking space certificate management system based on blockchain approach. 2023 IEEE/ACIS 8th International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science (BCD), 329–331. <https://doi.org/10.1109/BCD57833.2023.10466339>
- TURKI, M., DAMMAK, B., & Mars, R. (2022). A Private Smart parking solution based on Blockchain and AI. 2022 15th International Conference on Security of Information and Networks (SIN), 1–7. <https://doi.org/10.1109/SIN56466.2022.9970548>
- Veeramanickam, M. R. M., Venkatesh, B., Bewoor, L. A., Bhowte, Y. W., Moholkar, K., & Bangare, J. L. (2022). IoT based smart parking model using Arduino UNO with FCFS priority scheduling. *Measurement: Sensors*, 24, 100524. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100524>
- Zhang, C., Zhu, L., Xu, C., Zhang, C., Sharif, K., Wu, H., & Westermann, H. (2020). BSFP: Blockchain-Enabled Smart Parking With Fairness, Reliability and Privacy Protection. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(6), 6578–6591. <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.2984621>
- Zhang, Y., Zhang, L., Kang, B., Ma, Y., & Chen, T. (2021). Secure and Reliable Parking Protocol Based on Blockchain for VANETs. 2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 1–6. <https://doi.org/10.1109/WCNC49053.2021.9417281>
- Zulfiqar, H., Ul Haque, H. M., Tariq, F., & Khan, R. M. (2023). A survey on smart parking systems in urban cities. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 35(15). <https://doi.org/10.1002/cpe.6511>

**ANALISIS OPINI MASYARAKAT
TERHADAP PENERAPAN *ELECTRONIC
ROAD PRICING* MENGGUNAKAN MODEL
*BIDIRECTIONAL ENCODER
REPRESENTATIONS FROM
TRANSFORMERS***

**Elly Gautama^{1*}, Lucia Sri Istiyowati², M. Isnin
Faried³, Agnes Novita Ida Safitri⁴, Christine
Audrey Lerista⁵**

^{1,2,3,4,5} IKPIA Perbanas Jakarta

e-mail: elliana@perbanas.id

PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas di kota-kota besar telah menjadi masalah umum yang menghambat mobilitas warga dan mengurangi kualitas hidup. Jakarta, sebagai salah satu kota metropolitan terbesar di Asia Tenggara, menghadapi berbagai tantangan urban yang kompleks, salah satunya adalah kemacetan lalu lintas. Upaya menjadikan Jakarta sebagai '*Smart City*' telah mendorong penerapan berbagai solusi teknologi canggih untuk mengatasi masalah urban tersebut. Salah satu solusi yang diharapkan dapat mengurangi kepadatan lalu lintas adalah sistem *Electronic Road Pricing* (ERP). Sistem ini dirancang untuk mengontrol jumlah kendaraan di jalan-jalan utama melalui mekanisme tarif berdasarkan waktu dan lokasi, sehingga mendorong penggunaan transportasi publik dan pengurangan perjalanan pribadi. Implementasi sistem ERP di Jakarta telah menimbulkan berbagai respons dari masyarakat, yang mencerminkan beragam opini terkait kebijakan baru ini. Meskipun sistem ini diharapkan dapat memperbaiki aliran lalu lintas dan mengurangi polusi, penerimaannya oleh masyarakat memainkan peran krusial dalam keberhasilannya, oleh karena itu, memahami reaksi publik terhadap kebijakan ERP adalah esensial. Penelitian ini berusaha menganalisis secara mendalam sentimen dan opini masyarakat yang diungkapkan melalui berbagai *platform online* dengan menggunakan model *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT). Analisis ini tidak hanya menyoroti pandangan masyarakat terhadap ERP tetapi juga membantu dalam memformulasikan strategi yang lebih efektif dan diterima oleh warga, mendukung transisi Jakarta menuju konsep *smart city* yang berkelanjutan. Penggunaan teknologi seperti BERT dalam analisis opini publik menawarkan wawasan yang tak ternilai dalam mengidentifikasi sikap masyarakat terhadap inisiatif pemerintah, memungkinkan pembuat kebijakan untuk menyesuaikan dan meningkatkan strategi komunikasi serta implementasi (Manuel-Ilie et al., 2023). Analisis ini juga sangat penting dalam merumuskan tindakan yang akan memfasilitasi transisi yang mulus dari kebijakan lalu lintas tradisional ke model yang lebih dinamis dan berbasis teknologi, memastikan bahwa transisi ini mendapat dukungan luas dari warga kota. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan penilaian tentang efektivitas ERP saat ini tetapi juga membantu dalam mempersiapkan jalur ke depan yang akan menangani kemacetan lalu lintas dan meningkatkan kualitas hidup di Jakarta. Hasil analisis ini tidak hanya relevan untuk kebijakan transportasi, tetapi juga memberikan wawasan bagi para pemangku kepentingan dalam merencanakan dan melaksanakan kebijakan *smart city* lainnya yang berbasis teknologi. Keefektifan ERP sebagai solusi kemacetan dapat dijadikan acuan untuk mengimplementasikan teknologi serupa dalam aspek lain seperti pengelolaan sumber daya kota dan layanan publik. Dengan demikian, penelitian ini menyediakan kerangka kerja komprehensif yang dapat digunakan untuk evaluasi dan penyesuaian kebijakan berbasis teknologi di masa depan.

Di berbagai kota besar di dunia, pengenalan sistem ERP telah menjadi strategi yang efektif untuk mengatasi masalah kemacetan. Kota-kota seperti London, Singapura, dan Stockholm telah melihat penurunan signifikan dalam jumlah kendaraan di pusat kota dan peningkatan dalam kualitas udara setelah penerapan sistem seperti ERP (Crocì, 2016). Pengalaman internasional ini menunjukkan bahwa keberhasilan ERP tergantung pada beberapa faktor kritis, termasuk penetapan tarif yang efektif, komunikasi yang jelas kepada publik, dan ketersediaan alternatif transportasi yang memadai (Shatanawi et al., 2020). Dalam konteks Jakarta, mengadopsi pendekatan serupa memerlukan adaptasi terhadap kondisi lokal dan penyesuaian dengan preferensi serta kebutuhan masyarakat. Selanjutnya, ERP di Jakarta bukan hanya tentang mengurangi kemacetan, tetapi juga tentang mendukung pengembangan

konsep *smart city* yang berkelanjutan. Penerapan ERP diharapkan dapat mendorong lebih banyak warga untuk beralih ke transportasi publik, yang telah ditingkatkan kapasitas dan kualitasnya dalam beberapa tahun terakhir, ini sejalan dengan visi pemerintah kota untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sebagaimana digarisbawahi dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Jakarta (RPJMD, 2023). Namun, transisi ke ERP tidak tanpa tantangan. Opini masyarakat terhadap ERP terbagi, dengan sebagian besar kekhawatiran berkisar pada biaya tambahan yang harus ditanggung oleh pengguna jalan. Persepsi ini dapat mempengaruhi keberhasilan implementasi ERP jika tidak ditangani dengan strategi komunikasi yang efektif dan pendekatan inklusif. Keterlibatan masyarakat melalui dialog publik dan pendidikan tentang manfaat ERP, seperti pengurangan waktu perjalanan dan peningkatan kualitas udara, penting untuk meraih dukungan publik.



Gambar 1. Uji coba penerapan ERP di Jakarta
Sumber : (CNN, 2023)

Penelitian oleh Ziyuan Gu (Gu et al., 2018) menunjukkan bahwa informasi yang transparan dan partisipasi publik dalam proses perencanaan dapat signifikan meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap sistem tarif jalan berbayar (Gu et al., 2018). Selain itu, analisis opini dengan menggunakan teknologi AI dan NLP seperti BERT, seperti yang disuperposisikan dalam penelitian ini, memberikan kesempatan untuk memonitor dan memahami sentimen masyarakat secara *real-time*. Hal ini memungkinkan pembuat kebijakan untuk secara proaktif menyesuaikan aspek-aspek kebijakan ERP berdasarkan umpan balik publik yang dinamis dan beragam, sehingga meningkatkan kemungkinan keberhasilan implementasi (Yang et al., 2022). Dengan melihat berbagai faktor ini, penelitian yang mendalam tentang reaksi masyarakat terhadap ERP menjadi sangat relevan. Analisis sentimen yang komprehensif dapat mengungkap nuansa opini publik yang akan berguna dalam menyusun strategi implementasi yang tidak hanya teknis namun juga sensitif terhadap kebutuhan dan harapan masyarakat.

Penelitian ini menawarkan rekomendasi untuk pemangku kepentingan dalam menggunakan hasil analisis sentimen untuk meningkatkan kebijakan ERP dan menyesuaikannya dengan kondisi sosial-ekonomi dan kebutuhan spesifik Jakarta. Melalui pendekatan yang berbasis data dan partisipatif, Jakarta dapat lebih efektif dalam mencapai tujuannya sebagai *smart city*

yang tidak hanya canggih dalam teknologi tetapi juga responsif terhadap aspirasi warganya. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya komunikasi dan edukasi publik dalam mengimplementasikan kebijakan yang menimbulkan perubahan signifikan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Efektivitas ERP sangat bergantung pada pemahaman masyarakat mengenai manfaat jangka panjang sistem ini terhadap pengurangan kemacetan dan peningkatan kualitas udara. Strategi komunikasi yang efektif harus diterapkan untuk mengatasi misinformasi dan membangun dukungan publik terhadap kebijakan tersebut.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah menjadi beberapa elemen kunci dalam bidang NLP, analisis sentimen menggunakan BERT, dan aplikasi teknologi ini dalam konteks kebijakan publik seperti ERP. Berikut ini adalah ringkasan dari aspek-aspek kunci:

1. *Natural Language Processing (NLP)* dan BERT

Natural Language Processing telah berkembang pesat dengan kemajuan dalam teknologi pembelajaran mesin dan *deep learning*. Model BERT, yang dikembangkan oleh Google, adalah terobosan dalam pemahaman bahasa karena memanfaatkan arsitektur *transformer* yang memproses kata-kata dalam konteks kiri dan kanan secara simultan. BERT telah berhasil diterapkan dalam berbagai tugas NLP termasuk analisis sentimen, ekstraksi entitas, dan pemahaman teks. Kemampuan BERT untuk menangkap nuansa kontekstual dari data teks menjadikannya alat yang sangat efektif untuk analisis opini (Devlin, 2019).

2. Analisis Sentimen dan Kebijakan Publik

Analisis sentimen telah digunakan secara luas untuk memahami persepsi publik terhadap berbagai isu, termasuk kebijakan publik. Dalam konteks ERP, memahami sentimen publik adalah esensial untuk mengukur penerimaan masyarakat terhadap kebijakan tersebut dan untuk menyesuaikan strategi implementasi. Teknik analisis sentimen, ketika diterapkan pada data dari media sosial dan forum *online*, dapat menyediakan wawasan *real-time* tentang opini publik yang berdampak pada proses pengambilan keputusan dan perumusan kebijakan (Patel et al., 2015).

3. ERP dan *Smart City Initiatives*

ERP adalah komponen penting dalam inisiatif *Smart City* yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan infrastruktur kota dan mengurangi kemacetan. Integrasi ERP dengan teknologi seperti BERT untuk analisis sentimen membantu pemerintah dalam memahami dan merespons lebih baik terhadap kebutuhan dan preferensi warga. Ini membantu dalam menciptakan solusi yang lebih berkelanjutan dan diterima oleh masyarakat, serta dalam meningkatkan transparansi dan keadilan dalam penerapan kebijakan (Neirotti et al., 2014).

4. *Challenges* dan *Future Directions*

Walaupun penggunaan BERT dalam analisis sentimen menawarkan banyak keuntungan, terdapat tantangan seperti kebutuhan data besar untuk pelatihan yang efektif, potensi bias dalam data pelatihan, dan kebutuhan untuk interpretasi hasil yang transparan. Riset

masa depan mungkin mengeksplorasi integrasi model BERT dengan teknik *unsupervised learning* untuk mengurangi ketergantungan pada data berlabel, atau pengembangan pendekatan baru untuk meningkatkan keadilan dan akuntabilitas algoritma (Faryna et al., 2024).

5. Evolusi Model NLP untuk Bahasa Non-Inggris

Mengingat ERP diterapkan di Jakarta, penting juga untuk mempertimbangkan evolusi model NLP yang dioptimalkan untuk bahasa Indonesia. Model seperti BERT telah diadaptasi ke berbagai bahasa, termasuk Indonesia, yang memungkinkan analisis sentimen yang lebih akurat dalam konteks lokal. Penelitian terbaru telah memfokuskan pada adaptasi model NLP canggih untuk memahami nuansa dan konteks bahasa-bahasa lokal, yang sangat penting dalam menginterpretasikan opini publik secara efektif dalam berbagai *setting* kebudayaan (Yu & Jiang, 2019).

6. Visualisasi Data dan Pemahaman Sentimen Publik

Selain analisis teks, visualisasi data bermain penting dalam mempresentasikan hasil analisis sentimen kepada pemangku kepentingan dan publik. Alat visualisasi yang inovatif dapat membantu dalam memetakan tren sentimen dan pola geografis yang terkait dengan opini tentang ERP, memungkinkan pemerintah untuk melihat dan memahami dinamika opini publik dengan lebih intuitif dan responsif (Harbola & Coors, 2018).

7. Etika AI dan Transparansi dalam Kebijakan Publik

Diskusi tentang etika AI dan kebutuhan untuk transparansi dalam aplikasi NLP dan analisis sentimen menjadi semakin relevan. Dalam konteks ERP, penting untuk memastikan bahwa data dan algoritma yang digunakan tidak hanya efisien tetapi juga adil dan transparan, memperhatikan privasi dan hak individu (Verma, 2019).

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah akan mendalam dan relevan, memberikan kontribusi berharga pada literatur kebijakan transportasi dan teknologi NLP dalam konteks urban yang lebih besar. Setiap poin ini bertujuan untuk tidak hanya menambahkan kedalaman pada analisis, tetapi juga untuk menggarisbawahi pentingnya inovasi yang berkelanjutan dan pemikiran kritis tentang implementasi dan implikasi teknologi dalam kebijakan publik.

PEMBAHASAN

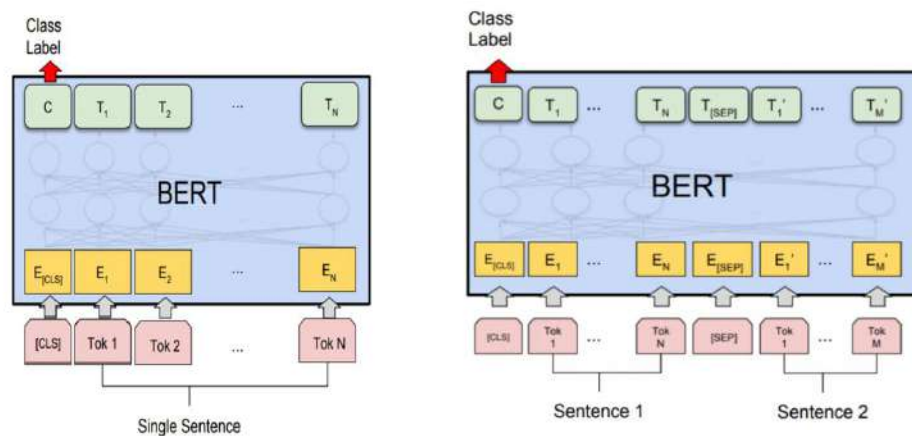
Konsep dan Teori Dasar

a. Pengertian Dasar Analisis Sentimen

Analisis Sentimen adalah teknik komputasional yang digunakan dalam NLP untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan opini yang diungkapkan dalam sebuah teks, baik itu positif, negatif, atau netral. Analisis ini bertujuan untuk memahami sentimen di balik komunikasi manusia yang terjadi secara digital (Patel et al., 2015).

b. Model *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT)

BERT adalah sebuah model pemrosesan bahasa alami yang revolusioner, dikembangkan oleh Google. BERT memungkinkan komputer untuk memahami makna kata-kata dalam konteksnya, yang sangat meningkatkan kemampuan sistem untuk memahami permintaan manusia. Keunggulan utama BERT terletak pada kemampuannya untuk memproses kata-kata dalam urutan secara *bidirectional*, artinya BERT mempertimbangkan semua informasi dalam kalimat sekaligus, bukan satu arah dari kiri ke kanan atau sebaliknya saja. Ini memberikan konteks yang lebih kaya dan hasil yang lebih akurat dalam tugas-tugas seperti analisis sentimen (Manuel-Ilie et al., 2023). Model ini memanfaatkan teknik "*transformer*", yaitu arsitektur yang mengandalkan mekanisme "*attention*" untuk memahami konteks kata dalam sebuah kalimat dari dua arah. BERT dirancang untuk meningkatkan pemahaman komputer terhadap makna kata dalam konteks yang lebih luas, yang secara signifikan meningkatkan kinerja model dalam tugas-tugas seperti ekstraksi entitas, pemahaman teks, dan tentu saja, analisis sentimen (Devlin, 2019).



Gambar 2. Sentence Classification Task

Sumber : (Sentiment Classification Using BERT, 2023)

Gambar 2. menunjukkan arsitektur kompleks dari BERT yang melibatkan *multiple layers of neural networks* dengan *transformer blocks*. BERT telah diimplementasikan dalam berbagai aplikasi NLP, mulai dari mesin pencari seperti *Google Search*, hingga sistem rekomendasi dan analisis sentimen. Kemampuannya untuk memahami nuansa dan konteks bahasa membuatnya sangat berguna dalam menangani pertanyaan-pertanyaan yang kompleks dan memberikan jawaban yang lebih relevan dan akurat.

c. *Electronic Road Pricing* (ERP)

ERP adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mengurangi kemacetan lalu lintas dengan cara mengenakan biaya pada penggunaan jalan di area dan waktu tertentu. Sistem ini bertujuan untuk mengatur aliran lalu lintas dan mendorong penggunaan alternatif transportasi umum, dengan memanfaatkan teknologi canggih. Penggunaan sistem ERP telah terbukti efektif di beberapa kota besar di dunia seperti Singapura, yang menjadi pionir dalam implementasi teknologi ini (Assidiq, 2023). Kota-kota yang telah menerapkan ERP,

seperti Singapura, London, dan Stockholm, telah mencatat penurunan signifikan dalam volume lalu lintas dan peningkatan efisiensi transportasi umum. Di Singapura, sistem ERP berhasil mengurangi volume lalu lintas di pusat kota sekitar 10-15% dan meningkatkan kecepatan lalu lintas rata-rata. Di London, pengenalan skema penagihan serupa telah menghasilkan pengurangan kemacetan hingga 30% di area pusat kota (Menon Sarath Guttikunda, 2010).

Implementasi ERP tidak hanya berdampak pada pengurangan kemacetan tetapi juga mempengaruhi aspek sosial dan ekonomi masyarakat. Kebijakan ini seringkali mengundang perdebatan mengenai keadilan sosial dan distribusi beban ekonomi. Studi menunjukkan bahwa pentingnya strategi kompensasi dan subsidi bagi penduduk berpenghasilan rendah untuk mencegah ketidakadilan dalam aksesibilitas dan mobilitas (Assidiq, 2023). Meskipun ERP telah menunjukkan banyak keuntungan, sistem ini juga menghadapi kritik, terutama terkait isu privasi dan keadilan sosial. Tantangan dalam penerapan ERP termasuk resistensi publik terhadap biaya tambahan dan kekhawatiran tentang pengawasan yang meningkat. Oleh karena itu, transparansi dan partisipasi publik menjadi kunci dalam merancang dan mengimplementasikan sistem yang diterima oleh masyarakat. Dalam konteks kebijakan publik seperti ERP, analisis sentimen dapat digunakan untuk menggali bagaimana reaksi publik terhadap kebijakan tersebut. Dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber seperti media sosial, forum *online*, dan portal berita, pemerintah dan para pembuat kebijakan dapat memahami sentimen umum, mendeteksi perubahan opini seiring waktu, dan merespons secara lebih informasi (Menon Sarath Guttikunda, 2010).

1. Analisis Sentimen untuk Kebijakan Publik dengan Menggunakan Model BERT

Analisis sentimen, khususnya melalui penggunaan model BERT, memberikan wawasan berharga dalam membentuk dan mengevaluasi kebijakan publik. Dalam konteks kebijakan transportasi seperti ERP, analisis ini digunakan untuk menilai penerimaan publik dan memprediksi reaksi terhadap perubahan tarif atau peraturan baru. Analisis opini masyarakat mengenai penerapan ERP di Jakarta melibatkan beberapa langkah penting yang mengintegrasikan teknik NLP dengan pengumpulan data opini publik. Berikut adalah langkah-langkah yang bisa diikuti:

a. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data adalah langkah awal dan krusial dalam proses analisis sentimen menggunakan model BERT untuk memahami opini masyarakat terhadap penerapan ERP di Jakarta. Berikut adalah beberapa strategi dan teknik yang lebih rinci untuk mengumpulkan data yang efektif:

1) Identifikasi Sumber Data

Pilih sumber data yang akan memberikan *insight* paling relevan tentang opini masyarakat. Untuk topik seperti ERP di Jakarta, sumber data yang potensial meliputi:

- Media Sosial: Twitter, Facebook, dan Instagram adalah *platform* utama tempat masyarakat sering menyuarakan opini dan melakukan diskusi tentang kebijakan lokal.
- Forum Online: Situs web seperti Kaskus atau forum regional khusus Jakarta bisa menjadi sumber informasi yang kaya.
- Situs Berita: Komentar pada artikel berita dari situs-situs seperti Detik, Kompas, atau Jakarta Post.
- Blog dan Kolom Opini: Tulisan individu atau analisis mendalam pada blog pribadi atau situs berita independen.

2) Penggunaan Tools untuk Pengumpulan Data

Menggunakan alat otomatis untuk mengumpulkan data dapat meningkatkan efisiensi dan volume data yang bisa diolah. Beberapa alat dan teknik yang dapat digunakan termasuk:

- *Web Scraping*: Menggunakan *library* seperti *BeautifulSoup* atau *Scrapy* untuk Python untuk mengambil data dari web.
- APIs: Menggunakan API yang disediakan oleh *platform* media sosial seperti Twitter API atau Facebook Graph API untuk menarik postingan atau komentar yang mengandung kata kunci tertentu.
- RSS Feeds: Menggunakan RSS untuk secara otomatis mengumpulkan artikel terbaru dari berbagai situs berita atau blog.

3) Pengaturan Kata Kunci dan Query

Menentukan kata kunci dan *query* yang tepat sangat penting untuk memastikan relevansi data yang dikumpulkan. Beberapa contoh kata kunci untuk ERP di Jakarta dapat mencakup:

- "ERP Jakarta"
- "tarif ERP"
- "kemacetan di Jakarta"
- "kebijakan lalu lintas Jakarta"
- "tanggapan ERP"

Kombinasi kata kunci ini dapat digunakan dalam *query* pencarian untuk menarik data yang paling relevan.

4) Penyaringan dan Validasi Data

Setelah data terkumpul, penting untuk melakukan penyaringan untuk memastikan bahwa data tersebut relevan dengan topik penelitian. Ini mungkin termasuk:

- Pemilahan Data: Memeriksa data secara manual atau menggunakan *software* untuk memastikan bahwa hanya data yang berkaitan dengan ERP Jakarta yang disertakan.
- Validasi Sumber: Memeriksa kredibilitas dan relevansi sumber data. Misalnya, memastikan bahwa komentar atau postingan berasal dari

pengguna yang berada di Jakarta atau memiliki kepentingan langsung dengan topik tersebut.

5) Penyimpanan Data

Akhirnya, pastikan data yang dikumpulkan disimpan dengan cara yang aman dan terorganisir, biasanya dalam *database* atau file yang terstruktur, sehingga mudah diakses dan dianalisis pada langkah selanjutnya dalam proses analisis sentimen. Pada Tabel 1 berisi Dataset berikut ulasan dan label sentimen yang sesuai:

Tabel 1. Contoh Dataset Ulasan dan Label Sentimen

Ulasan	Sentimen
"ERP di Jakarta sangat membantu mengurangi macet."	Positif
"Implementasi ERP menambah beban biaya bagi kami."	Negatif
"Sistem ERP di Jakarta perlu peningkatan lagi."	Netral

Sumber : (diolah oleh peneliti)

Pengumpulan data yang sistematis dan terorganisir adalah fondasi yang kuat untuk analisis sentimen yang sukses, memberikan dasar data yang solid untuk dianalisis dengan menggunakan teknologi NLP seperti BERT.

b. *Preprocessing Data*

Tahap *preprocessing* data dalam analisis sentimen menggunakan model BERT adalah proses vital untuk mempersiapkan data teks yang telah dikumpulkan sehingga siap untuk dianalisis. Ini melibatkan serangkaian teknik untuk membersihkan dan menormalkan teks. Berikut adalah langkah-langkah rinci dalam proses *preprocessing* data:

1) Pembersihan Teks

Ini melibatkan penghapusan elemen yang tidak diperlukan atau mengganggu dari teks, seperti:

- Menghapus Tag HTML: Jika data dikumpulkan dari web, menghapus semua tag HTML yang tidak perlu karena ini tidak membawa informasi penting.
- Menghilangkan URL dan Kode Khusus: Menghapus hyperlink, email, dan mencopot kode khusus seperti emotikon atau kode lain yang tidak diterjemahkan dengan baik ke dalam teks.
- Menghapus Tanda Baca dan Angka: Tanda baca dan angka sering kali tidak memberikan informasi penting untuk analisis sentimen dan dapat dihapus.
- Menghilangkan Karakter Khusus dan Ganda: Menghapus karakter khusus seperti simbol atau spasi ekstra dan pengulangan kata yang tidak perlu.

2) Tokenisasi

Tokenisasi adalah proses memecah teks yang kompleks menjadi potongan atau token yang lebih kecil. Hal ini biasanya melibatkan pemecahan teks pada setiap spasi, tetapi juga bisa melibatkan pemecahan teks di titik akhir kalimat atau pemisahan tanda baca dari kata:

- Tokenisasi Kata : Memisahkan teks menjadi kata individu.

- Tokenisasi Kalimat : Memisahkan teks menjadi kalimat individu, berguna khususnya untuk analisis sentimen pada level kalimat.

3) Normalisasi

Normalisasi bertujuan untuk mengurangi variasi dalam teks:

- *Case Folding*: Mengubah semua teks menjadi huruf kecil untuk memastikan bahwa analisis tidak sensitif terhadap huruf besar atau kecil.
- Stemming dan Lemmatisasi: Mengurangi kata ke bentuk dasar (misalnya, "running" menjadi "run"). *Stemming* melakukan pemotongan sederhana pada akhir kata, sedangkan lemmatisasi mengubah kata menjadi lemma yang sesuai, yang memerlukan pemahaman tentang konteks.

4) Penghapusan Stop Words

Stop words adalah kata yang sangat umum yang biasanya tidak memiliki makna analitis yang signifikan (seperti "dan", "tetapi", "adalah"). Penghapusan kata-kata ini membantu mengurangi ukuran data dan meningkatkan fokus pada kata-kata yang penting untuk analisis:

- Pengidentifikasian *Stop Words*: Menggunakan daftar *stop words* yang telah ditentukan atau dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan analisis.
- Penghapusan *Stop Words* dari Data: Membersihkan teks dari kata-kata yang diidentifikasi sebagai *stop words*.

5) Penanganan Slang dan Singkatan

Dalam teks dari media sosial atau komunikasi informal lainnya, *slang* dan singkatan sering muncul dan perlu ditangani adalah penggantian atau ekspansi untuk mengganti *slang* atau singkatan dengan bentuk kata penuh atau lebih formal untuk konsistensi dan pemahaman yang lebih baik.

Setiap langkah dalam proses *preprocessing* ini berperan penting dalam memastikan bahwa data yang masuk ke dalam model BERT telah dibersihkan dan disiapkan dengan cara yang memaksimalkan potensi analisis sentimen. Pada Tabel 2 menunjukkan Contoh konkret untuk setiap tahap *preprocessing* yang disebutkan di atas, menggunakan sebuah kalimat fiktif dari data media sosial yang mungkin berkaitan dengan penerapan ERP di Jakarta:

Tabel 2. Contoh Tahap *Preprocessing*

Kalimat Asli:	
Wow! ERP di Jakarta mulai diberlakukan bulan depan. Ikuti info lebih lanjut di www.erpjakarta.com. 😊 #lalulintas #kemacetan"	
Pembersihan Teks	
Menghapus Tag HTML: Tidak berlaku di sini karena tidak ada tag HTML.	
Menghilangkan URL dan Kode Khusus:	
Sebelum:	"Ikuti info lebih lanjut di www.erpjakarta.com."
Sesudah:	"Ikuti info lebih lanjut."
Menghapus Tanda Baca dan Angka:	
Sebelum:	Wow! ERP di Jakarta mulai diberlakukan bulan depan."
Sesudah:	Wow ERP di Jakarta mulai diberlakukan bulan depan"
Menghilangkan Karakter Khusus dan Ganda:	
Sebelum:	Wow 😊 #lalulintas #kemacetan"
Sesudah:	Wow lalulintas kemacetan"
Tokenisasi	
Tokenisasi Kata:	
Sebelum:	Wow ERP di Jakarta mulai diberlakukan bulan depan"
Tokens:	Wow", "ERP", "di", "Jakarta", "mulai", "diberlakukan", "bulan", "depan"]
Tokenisasi Kalimat: Tidak perlu dalam contoh ini karena hanya ada satu kalimat.	
Normalisasi	
Lower Case Folding:	
Sebelum:	Wow ERP di Jakarta mulai diberlakukan bulan depan"
Sesudah:	Wow erp di jakarta mulai diberlakukan bulan depan"
Stemming dan Lemmatisasi: (Contoh menggunakan lemmatisasi)	
Sebelum:	mulai diberlakukan"
Sesudah:	mulai diberlakukan" (tidak banyak perubahan karena kata-kata ini sudah dalam bentuk dasar)
Penghapusan Stop Words	
Sebelum:	Wow erp di jakarta mulai diberlakukan bulan depan"
Stop Words:	di", "bulan", "depan"]
Sesudah:	Wow erp jakarta mulai diberlakukan"
Penanganan Slang dan Singkatan	
Sebelum:	RP di Jakarta mulai diberlakukan."
Slang atau Singkatan:	RP bisa dianggap singkatan yang mungkin tidak dikenal oleh semua orang.
Sesudah:	Electronic Road Pricing di Jakarta mulai diberlakukan."

Sumber : (diolah oleh peneliti)

Setiap tahap ini bertujuan untuk mengoptimalkan teks agar lebih sesuai untuk pemrosesan lebih lanjut menggunakan teknologi NLP, seperti model BERT, dalam analisis sentimen.

c. Penerapan Model BERT

Tahap penerapan model BERT dalam analisis sentimen memerlukan pemahaman mendalam tentang bagaimana model ini bekerja dan bagaimana menggunakannya

secara efektif. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang langkah-langkah yang terlibat dalam penerapan model BERT untuk analisis sentimen:

1) Memilih Model BERT yang Tepat

Ada beberapa variasi dari model BERT yang telah dilatih sebelumnya dan tersedia untuk digunakan, seperti BERT *Base* dan BERT *Large*, dengan variasi yang lebih spesifik seperti DistilBERT (versi ringan), RoBERTa (optimalisasi dari BERT), atau versi yang telah dilatih pada domain tertentu (misalnya, BERT untuk ulasan produk). Pilihan model akan bergantung pada sumber daya komputasi yang tersedia dan kebutuhan spesifik proyek (misalnya, kebutuhan untuk analisis yang lebih cepat atau lebih akurat).

2) Pra-pelatihan dan *Fine-Tuning*

- Pra-pelatihan: BERT telah dilatih pada dua tugas NLP sebelumnya: memprediksi kata yang dihilangkan dalam sebuah kalimat (*masked language model*) dan memprediksi apakah dua kalimat berurutan (*next sentence prediction*). Ini membantu model mempelajari konteks yang lebih luas dan pemahaman bahasa yang mendalam.
- *Fine-Tuning*: Untuk tugas khusus seperti analisis sentimen, BERT umumnya membutuhkan proses *fine-tuning* dengan dataset target. Ini melibatkan pelatihan ulang *layer* terakhir dari model dengan dataset yang berisi contoh teks dan label sentimen. Proses ini menyesuaikan bobot model agar lebih baik dalam memprediksi sentimen teks berdasarkan konteks yang telah dipelajari selama pra-pelatihan.

3) Menyiapkan Dataset untuk *Fine-Tuning*

Dataset untuk *fine-tuning* harus terdiri dari teks yang telah di-*preprocess* dan label sentimen yang sesuai (positif, negatif, netral). Data ini biasanya dibagi menjadi set pelatihan, validasi, dan pengujian untuk memastikan bahwa model dapat generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

4) Pelaksanaan *Fine-Tuning*

- Konfigurasi *Hyperparameter*: Menentukan parameter seperti ukuran *batch*, jumlah *epoch* (iterasi pelatihan), dan *learning rate*.
- *Training Loop*: Melakukan pelatihan model menggunakan data pelatihan dengan menghitung *loss* (kerugian) dan menyesuaikan bobot model menggunakan algoritma optimasi seperti Adam.
- Validasi: Secara periodik mengevaluasi model pada set validasi untuk memantau *overfitting* dan menyesuaikan *hyperparameter* jika diperlukan.

5) Evaluasi Model

Setelah model telah dilatih, evaluasi kinerjanya menggunakan set pengujian untuk melihat seberapa baik model tersebut dalam mengklasifikasikan sentimen. Metrik umum termasuk akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

Tahap evaluasi hasil adalah langkah krusial dalam proses analisis sentimen menggunakan model BERT, di mana kinerja model dievaluasi untuk memastikan bahwa ia mengklasifikasikan sentimen secara akurat. Evaluasi ini melibatkan

penggunaan berbagai metrik statistik untuk menilai efektivitas model. Berikut adalah penjelasan rinci tentang proses evaluasi ini beserta contohnya.

Beberapa metrik utama yang digunakan untuk mengevaluasi model analisis sentimen termasuk:

- **Akurasi:** Persentase total prediksi yang benar dari semua prediksi yang dibuat. Ini adalah metrik yang paling intuitif untuk mengukur kinerja umum model.
- **Precision:** Proporsi prediksi positif yang benar-benar positif. *Precision* tinggi menunjukkan bahwa model tidak banyak membuat kesalahan positif palsu.
- **Recall (Sensitivity):** Proporsi positif aktual yang berhasil diidentifikasi. *Recall* tinggi berarti model sangat baik dalam menangkap kasus positif.
- **F1-Score:** Harmonic mean dari *precision* dan *recall*. F1-Score berguna ketika distribusi kelas label tidak seimbang.
- **Confusion Matrix:** Tabel yang digunakan untuk mendeskripsikan kinerja model klasifikasi pada set data uji yang sebenarnya diketahui labelnya.

Contoh Evaluasi Model:

Misalkan terdapat sebuah dataset pengujian dengan 100 ulasan yang telah diklasifikasikan oleh model BERT sebagai positif, negatif, atau netral. Kinerja model dapat dievaluasi pada Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 3. Data Prediksi dan Aktual

	Prediksi Positif	Prediksi Negatif	Prediksi Netral
Positif Aktual	25	5	2
Negatif Aktual	3	30	4
Netral Aktual	1	6	24

Sumber : (diolah oleh peneliti)

Dari data di atas, dapat dihitung metrik evaluasi:

- **Akurasi:**

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{Total}} = \frac{25 + 30 + 24}{100} = 0.79 \quad (79\%)$$

- **Precision** (untuk kelas Positif):

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} = \frac{25}{25 + 3 + 1} = 0.8621 \quad (86.21\%)$$

- **Recall** (untuk kelas Positif):

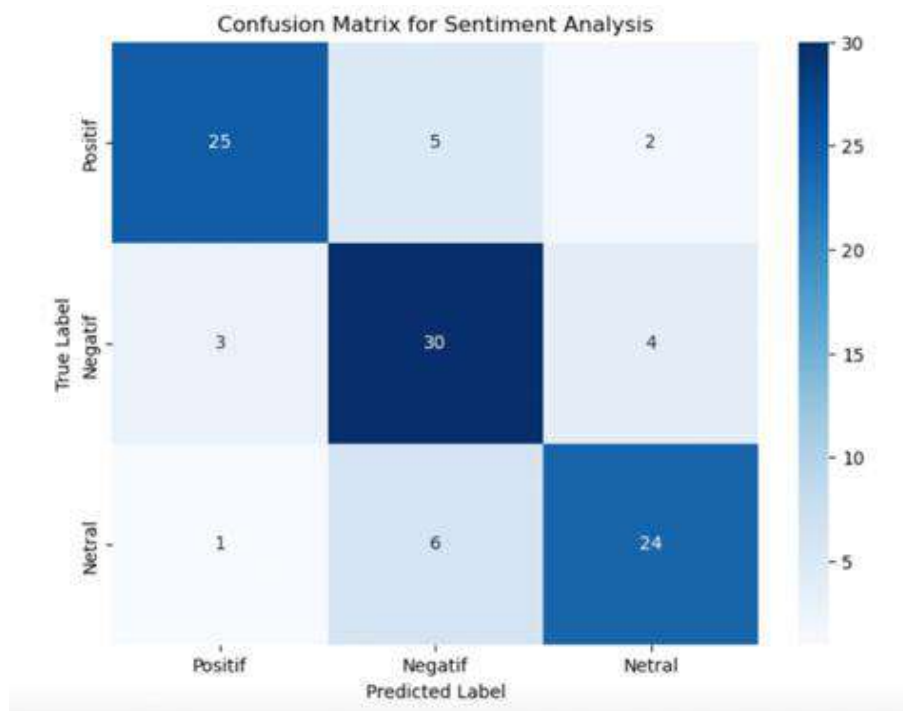
$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} = \frac{25}{25 + 5 + 2} = 0.78125 \quad (78.13\%)$$

- **F1-Score** (untuk kelas Positif):

$$\text{F1} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} = 2 \times \frac{0.8621 \times 0.78125}{0.8621 + 0.78125} = 0.8197 \quad (81.97\%)$$

Sebuah visualisasi confusion matrix juga bisa dibuat untuk memberikan gambaran

visual tentang kinerja model. Ini biasanya berupa *heatmap* dengan jumlah prediksi yang dikategorikan secara benar dan salah untuk masing-masing kelas. Melalui evaluasi ini, bisa mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan model dalam klasifikasi sentimen. Penyesuaian pada proses pra-pelatihan atau *fine-tuning* mungkin diperlukan jika model tidak berkinerja sesuai harapan, terutama dalam mengidentifikasi kelas tertentu.



Gambar 3. Diagram *Confusion Matrix*

Sumber : (diolah oleh peneliti)

6) Penerapan Model untuk Inferensi

Dengan model yang telah dilatih dan dioptimalkan, langkah selanjutnya adalah menggunakan model tersebut untuk melakukan prediksi sentimen pada data baru. Proses ini melibatkan memberi makan data teks yang di-*preprocess* ke dalam model dan menginterpretasikan outputnya untuk menentukan sentimen.

d. Analisis dan Visualisasi

Tahap analisis dan visualisasi dalam menggunakan model BERT untuk analisis sentimen adalah langkah penting untuk menginterpretasikan hasil model dan mempresentasikan *insight* yang dapat ditindaklanjuti. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai tahapan ini:

1) Analisis Sentimen

Setelah model BERT telah memberikan prediksi sentimen untuk dataset, langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil-hasil ini untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang opini yang diungkapkan dalam data:

- **Distribusi Sentimen:** Hitung persentase ulasan atau komentar yang positif, negatif, dan netral. Ini memberikan gambaran umum tentang sentimen masyarakat terhadap topik yang diteliti (misalnya, penerapan ERP di Jakarta).
- **Analisis Tren Waktu:** Jika data dikumpulkan selama periode waktu tertentu,

analisis bagaimana sentimen berubah seiring waktu. Hal ini bisa membantu mengidentifikasi faktor-faktor atau peristiwa yang mempengaruhi perubahan opini publik.

- Analisis Berdasarkan Demografi atau Lokasi: Jika data termasuk informasi demografis atau lokasi, menganalisis sentimen berdasarkan variabel-variabel ini untuk melihat bagaimana persepsi berbeda antar kelompok atau lokasi.

2) Visualisasi Data

Visualisasi adalah cara yang efektif untuk menyajikan hasil analisis sentimen agar lebih mudah dipahami. Beberapa teknik visualisasi yang umum digunakan termasuk:

- Grafik Batang atau *Pie* untuk Distribusi Sentimen: Visual ini menunjukkan proporsi ulasan positif, negatif, dan netral secara keseluruhan atau dalam kelompok-kelompok tertentu.
- Grafik Garis untuk Tren Waktu: Digunakan untuk menunjukkan bagaimana sentimen berubah sepanjang waktu, yang bisa diperkaya dengan menandai peristiwa penting yang mungkin mempengaruhi sentimen publik.
- *Heatmaps* atau Peta: Jika data termasuk informasi geografis, *heatmaps* dapat menunjukkan intensitas sentimen di berbagai lokasi, memberikan *insight* tentang wilayah yang memiliki persepsi positif atau negatif terhadap suatu topik.
- *Word Clouds*: Visualisasi ini bisa berguna untuk menonjolkan kata-kata atau frasa yang paling sering muncul dalam ulasan positif atau negatif, memberikan gambaran cepat tentang tema-tema umum atau masalah yang disoroti oleh responden.

3) Interpretasi dan Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan visualisasi, buat kesimpulan tentang sentimen umum dan nuansa yang lebih spesifik terkait dengan topik yang diteliti. Hal ini bisa termasuk:

- Identifikasi driver utama dari sentimen positif atau negatif.
- Saran untuk pembuat kebijakan atau praktisi berdasarkan hasil analisis.
- Diskusi tentang batasan analisis dan area untuk penelitian lebih lanjut.

4) Presentasi Hasil

Hasil dan *insight* yang didapat dari analisis dan visualisasi perlu disajikan dalam format yang mudah dipahami dan dapat diakses oleh audiens target. Ini bisa dalam bentuk laporan tertulis, presentasi *slide*, atau *dashboard* interaktif.

Melalui tahap analisis dan visualisasi ini, peneliti dapat memberikan narasi yang kuat dan *data-driven* mengenai sentimen masyarakat, yang sangat berharga dalam pengambilan keputusan dan perencanaan strategis.

Di bawah ini diberikan contoh ilustrasi analisis dan visualisasi untuk sentimen masyarakat terhadap penerapan ERP di Jakarta, menggunakan data fiktif dari ulasan yang telah diklasifikasikan menggunakan model BERT. Pada Tabel 4 berisi Dataset ulasan dan label sentimen setelah diklasifikasikan oleh model BERT.

Tabel 4. Contoh Dataset Ulasan dan Label Sentimen setelah diklasifikasi oleh Model BERT

Ulasan	Sentimen
"Erp Di Jakarta Sangat Membantu Mengurangi Macet."	Positif
"Implementasi Erp Menambah Beban Biaya Bagi Kami."	Negatif
"Sistem Erp Di Jakarta Perlu Peningkatan Lagi."	Netral
"Saya Mendukung Penuh Erp Jika Benar-Benar Efektif."	Positif
"Erp Hanya Membebani Warga Dengan Biaya Tambahan."	Negatif
"Efek Erp Terhadap Kemacetan Belum Terlihat Jelas."	Netral
"Harus Ada Solusi Lain Selain Erp Untuk Atasi Macet."	Negatif
"Erp Membantu Saya Menghemat Waktu Perjalanan."	Positif

Sumber : (diolah oleh peneliti)

Tahapan yang dilakukan:

a) Analisis Sentimen

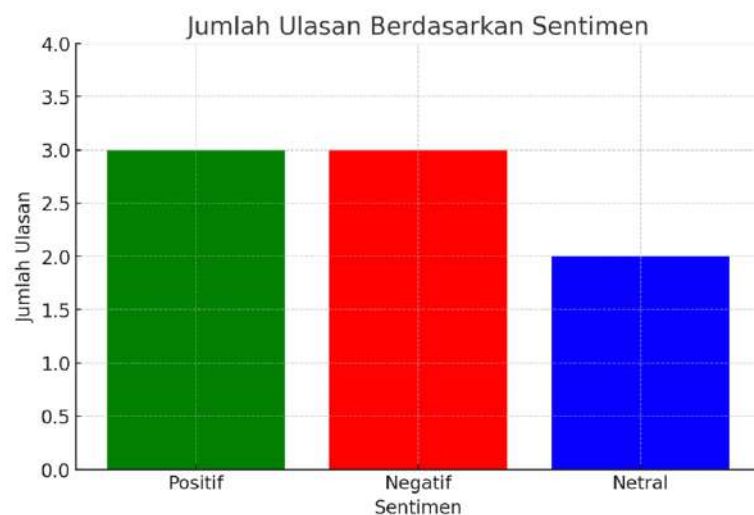
Distribusi Sentimen:

- Positif: 3
- Negatif: 3
- Netral: 2
-

b) Visualisasi Data

Grafik Batang Distribusi Sentimen:

- Untuk visualisasi ini, bisa menggunakan grafik batang untuk menunjukkan jumlah ulasan positif, negatif, dan netral.



Gambar 4. Grafik Batang Distribusi Sentimen

Sumber : (diolah oleh peneliti)

Word Clouds:

- juga bisa membuat *word clouds* untuk menonjolkan kata-kata yang sering muncul dalam ulasan positif dan negatif.
- Kata-kata seperti "membantu", "menghemat waktu" muncul di ulasan positif.

- Kata-kata seperti "beban biaya", "membebani" muncul di ulasan negatif.



Gambar 5. Word Clouds Ulasan Positif dan Negatif

Sumber : diolah oleh peneliti

c) Interpretasi dan Kesimpulan

Berdasarkan analisis, bisa menarik beberapa kesimpulan:

- Terdapat polarisasi dalam opini tentang ERP. Sebagian warga merasa terbantu, sementara yang lain merasa terbebani secara finansial.
- Kata-kata yang sering muncul menunjukkan bahwa faktor waktu dan biaya adalah elemen kunci dalam formasi sentimen.

d) Presentasi Hasil

Hasil dan insight dari analisis ini bisa disajikan dalam bentuk laporan atau presentasi yang mencakup grafik batang dan word clouds, disertai dengan kesimpulan dan rekomendasi untuk para pembuat kebijakan. Rekomendasi bisa mencakup pertimbangan untuk skema subsidi bagi warga yang terdampak secara finansial oleh ERP. Contoh proses yang diuraikan di atas dapat diperluas dan di-*deep-dive* tergantung pada jumlah data dan kompleksitas analisis yang diinginkan.

5) Penyajian Hasil

Buat laporan atau *dashboard* yang menampilkan temuan dari analisis, menyajikan *insight* yang dapat digunakan oleh pembuat kebijakan untuk mengoptimalkan atau menyesuaikan implementasi ERP di Jakarta. Menerapkan BERT dalam analisis sentimen ini memungkinkan pemangku kepentingan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang respon publik terhadap kebijakan ERP, yang merupakan kunci dalam mengelola kebijakan transportasi dan infrastruktur di Jakarta.

2. Tantangan dan Hambatan dalam Analisis Sentimen untuk Kebijakan Publik

Identifikasi Hambatan Umum.

Mengimplementasikan analisis sentimen dalam kebijakan publik, seperti ERP, menyajikan beberapa tantangan yang signifikan:

- Bias Data:** Data yang digunakan dalam analisis sentimen bisa saja mengandung bias yang tidak disengaja, baik dalam hal sampel yang tidak representatif maupun dalam isi yang *biased* secara sentimen. Hal ini dapat menyebabkan kesimpulan yang salah mengenai opini publik.
- Kualitas Data:** Kualitas data dari media sosial dan forum diskusi sering kali bervariasi, dengan banyak *noise* seperti *slang*, jargon, atau kesalahan ejaan, yang dapat mengganggu proses NLP.
- Kesulitan dalam Interpretasi Sentimen:** Sentimen yang diungkapkan dalam teks bisa

sangat kompleks dan kontekstual. Ironi dan sarkasme adalah contoh umum yang sering salah diinterpretasi oleh model NLP.

- d. Perubahan Dinamis Sentimen: Sentimen publik dapat berubah dengan cepat, sehingga data yang telah dianalisis mungkin tidak lagi relevan dengan kondisi saat ini.

Strategi Mengatasi Hambatan:

- a. Peningkatan *Preprocessing* Data: Mengimplementasikan teknik *preprocessing* yang lebih canggih untuk memastikan data bersih dari gangguan dan siap analisis. Ini termasuk penggunaan teknik NLP untuk normalisasi teks dan penghapusan *slang* atau *noise* lainnya.
- b. Menggunakan *Ensemble Models*: Menggunakan kombinasi berbagai model NLP untuk meminimalisir risiko bias. *Ensemble models* dapat meningkatkan akurasi dengan menyeimbangkan kelemahan satu model dengan kekuatan model lainnya.
- c. Pemantauan Berkelanjutan: Melakukan analisis sentimen secara berkala untuk menangkap perubahan dalam opini publik. Ini memungkinkan pembuat kebijakan untuk merespons dengan cepat terhadap pergeseran sentimen.
- d. Pelatihan Model dengan Data Beragam: Memastikan model BERT dilatih dengan set data yang luas dan beragam untuk meningkatkan kemampuannya menginterpretasikan berbagai bentuk ekspresi, termasuk ironi dan sarkasme.

Dengan mengatasi tantangan ini, analisis sentimen dapat menjadi alat yang lebih efektif dan akurat dalam membentuk dan menilai kebijakan publik. Solusi-solusi ini tidak hanya meningkatkan kualitas analisis tetapi juga membantu membangun kepercayaan antara publik dan pembuat kebijakan.

3. Tren Masa Depan dan Perkembangan yang Muncul dalam Analisis Sentimen dan Kebijakan Publik.

Perkembangan Teknologi NLP

Kemajuan dalam teknologi NLP terus berkembang dengan cepat, dengan algoritma yang semakin canggih untuk analisis sentimen. Model seperti BERT sedang berevolusi menjadi lebih sensitif terhadap konteks dan nuansa bahasa, yang meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi dan menginterpretasikan sentimen.

Integrasi dengan AI dan *Big Data*

Analisis sentimen di masa depan akan semakin terintegrasi dengan sistem kecerdasan buatan (AI) dan *big data*. Hal ini memungkinkan analisis yang lebih dinamis dan *real-time*, yang sangat penting dalam menginformasikan dan menyesuaikan kebijakan publik secara cepat berdasarkan respons masyarakat.

Contoh Aplikasi Masa Depan

Dalam konteks kebijakan seperti ERP, dapat dilihat integrasi sistem analisis sentimen dengan sistem transportasi cerdas yang menggunakan AI untuk mengoptimalkan tarif secara *real-time* berdasarkan data lalu lintas dan sentimen publik. Misalnya, sebuah kota bisa menyesuaikan tarif ERP secara dinamis untuk mengurangi kemacetan selama acara besar atau kondisi cuaca buruk, berdasarkan analisis sentimen yang mengindikasikan kepuasan atau ketidakpuasan pengguna.

Pengaruh pada Kebijakan Publik

Di masa depan, analisis sentimen bisa menjadi alat standar dalam pengembangan dan evaluasi kebijakan publik. Pemerintah dan organisasi bisa menggunakan *feedback* yang diperoleh dari analisis sentimen untuk membuat keputusan yang lebih informatif dan responsif terhadap kebutuhan dan preferensi masyarakat. Dengan tren ini, dapat mengantisipasi bahwa analisis sentimen akan memainkan peran yang lebih kritical dalam membentuk dan mengoptimalkan kebijakan publik, membantu menciptakan tata kelola yang lebih adaptif, transparan, dan responsif terhadap keinginan dan kebutuhan masyarakat.

KESIMPULAN

Perwujudan Jakarta Smart City dengan penerapan teknologi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi yang diharapkan juga dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakatnya. Salah satu permasalahan yang banyak terjadi adalah permasalahan lalu lintas kota dan kepadatannya. Sistem Electronic Road Pricing (ERP) atau Jalan berbayar telah diperkenalkan sebagai upaya untuk mengatasi masalah kemacetan lalu lintas dan meningkatkan efisiensi transportasi. Penerapan sistem ini telah menimbulkan berbagai opini dari masyarakat, termasuk pro dan kontra. Analisis opini dilakukan untuk mengidentifikasi sikap positif, negatif, atau netral dari masyarakat terhadap penerapan ERP. Analisis sentimen merupakan cabang dari Natural Language Processing (NLP) yang merupakan bagian dari Artificial Intelligence (AI). Dalam analisis sentimen dilakukan prosedur multi-langkah yang mencakup pengambilan data, ekstraksi, preprocessing dan ekstraksi fitur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pengumpulan data teks dari berbagai sumber online, termasuk media sosial, situs berita, dan forum diskusi. Data teks ini kemudian dianalisis menggunakan model Bidirectional Encoder Representations From Transformers (BERT) yang telah dilatih ulang untuk memahami sentimen yang terkandung dalam teks terkait penerapan ERP. Model BERT dirancang untuk membantu komputer memahami arti bahasa ambigu dalam teks dengan menggunakan teks di sekitarnya untuk menetapkan konteks di dalam teks secara otomatis, mengklasifikasikan teks-teks ke dalam kategori sentimen yang sesuai. Hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam, tentang bagaimana masyarakat merespons penerapan Sistem Jalan Berbayar Elektronik di Jakarta. Informasi ini dapat menjadi masukan berharga bagi pemerintah dan stakeholder terkait dalam merancang kebijakan transportasi yang lebih responsif terhadap kebutuhan dan preferensi masyarakat.

Berdasarkan analisis dan diskusi yang telah dibahas dalam bab ini mengenai penggunaan model BERT untuk analisis opini masyarakat terhadap penerapan ERP di Jakarta, beberapa kesimpulan penting dapat diambil:

1. Model BERT, sebagai bagian dari teknologi pemrosesan bahasa alami (NLP), efektif dalam menganalisis opini publik yang diekspresikan melalui teks. Melalui penerapan BERT, dapat menggali sentimen masyarakat secara lebih mendalam, memahami aspek positif, negatif, dan netral dari ERP.
2. Evaluasi model menunjukkan bahwa BERT setelah *fine-tuning* dengan data yang relevan, mampu mengklasifikasikan sentimen dengan tingkat akurasi yang baik. Metrik seperti akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score* digunakan untuk mengukur kinerja model, dan hasilnya menunjukkan bahwa model cukup efektif dalam menangani tugas analisis sentimen.
3. Analisis dan Visualisasi Data, pada tahap ini membantu memvisualisasikan dan menganalisis distribusi sentimen. Penggunaan grafik batang, *heatmap*, dan *word clouds*

memungkinkan pemangku kepentingan untuk melihat gambaran besar dari reaksi publik terhadap ERP serta tren yang muncul seiring waktu.

4. Hasil analisis memberikan wawasan yang berharga bagi pembuat kebijakan dalam menyesuaikan strategi penerapan ERP di Jakarta. Informasi tentang sentimen publik dapat digunakan untuk merancang komunikasi dan strategi intervensi yang lebih efektif, memastikan bahwa penerapan ERP lebih diterima oleh masyarakat dan mengatasi kekhawatiran yang ada.
5. Proaktif dalam Pengambilan Keputusan: Dengan memanfaatkan analisis sentimen, pemerintah dapat lebih proaktif dalam mengantisipasi dan mengatasi masalah sebelum berkembang menjadi isu yang lebih besar, serta lebih baik dalam merancang kebijakan yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan publik.

Pertanyaan Diskusi

1. Bagaimana model BERT dapat ditingkatkan lebih lanjut untuk mengatasi tantangan seperti ironi dan sarkasme dalam analisis sentimen?
2. Apa implikasi dari integrasi ERP dengan teknologi *Smart City* lainnya terhadap privasi dan keamanan data pengguna?
3. Bagaimana pemerintah dapat memastikan bahwa analisis sentimen tidak hanya mendengarkan tetapi juga responsif terhadap keberatan masyarakat?
4. Dalam konteks yang lebih luas, bagaimana kebijakan serupa dapat diterapkan di kota-kota lain yang mungkin tidak memiliki infrastruktur atau sumber daya yang sama?

Melalui diskusi dan refleksi atas pertanyaan-pertanyaan ini, pembaca diharapkan dapat lebih menginternalisasi konsep yang dibahas dan menerapkannya dalam praktik kebijakan publik, dengan mempertimbangkan konteks lokal dan spesifikasinya.

SARAN

Untuk meningkatkan keefektifan sistem *Electronic Road Pricing* (ERP) dalam mengelola kemacetan lalu lintas dan mendukung inisiatif Jakarta sebagai *Smart City*, direkomendasikan langkah-langkah strategis berikut:

1. **Penerapan Teknologi AI dan NLP:** Menggunakan teknologi *Natural Language Processing* (NLP) seperti BERT untuk menganalisis sentimen masyarakat terhadap ERP secara *real-time*. Hal ini akan memungkinkan pemerintah untuk memonitor dan menanggapi kekhawatiran masyarakat secara lebih efektif, serta mengadaptasi kebijakan ERP berdasarkan *feedback* yang diterima.
2. **Transparansi dan Edukasi Publik:** Pemerintah harus memastikan bahwa semua informasi mengenai cara kerja ERP, manfaatnya, dan tarif yang dikenakan tersedia secara luas dan mudah diakses oleh publik. Program edukasi dan kampanye kesadaran harus dilakukan secara rutin untuk membangun dukungan publik terhadap ERP.
3. **Pilot Project Sebelum Implementasi Penuh:** Melaksanakan proyek percontohan di beberapa area sebelum implementasi ERP secara penuh. Hal ini akan memungkinkan pemerintah untuk mengevaluasi efektivitas sistem, memperoleh umpan balik, dan melakukan penyesuaian yang diperlukan sebelum peluncuran luas.
4. **Analisis Dampak dan Kajian Berkelanjutan:** Menyelenggarakan studi dampak secara periodik untuk menilai efektivitas ERP dalam mengurangi kemacetan dan dampaknya terhadap perekonomian dan lingkungan. Hasil dari studi ini dapat digunakan untuk

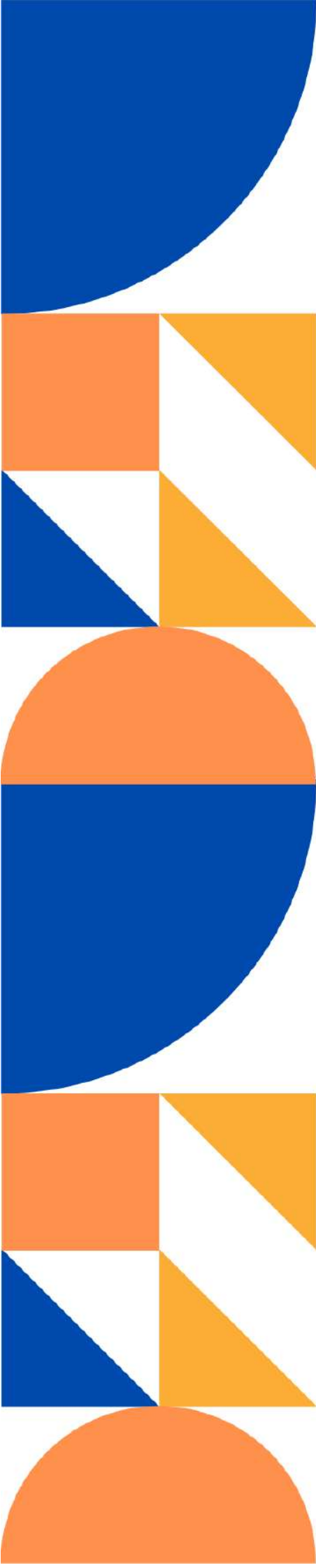
memperbaiki dan menyesuaikan kebijakan ERP di masa depan.

Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat memastikan bahwa penerapan ERP tidak hanya efektif dalam mengurangi kemacetan tetapi juga mendapat dukungan luas dari masyarakat, meningkatkan kualitas hidup, dan memajukan Jakarta menuju visi *Smart City* yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Assidiq, H. (2023). *Analisis Sentimen Masyarakat Terkait Rencana Penerapan ERP di Jakarta*. 1–27.
- CNN. (2023). *DKI Bakal Terapkan Jalan Berbayar, Berikut Daftar Jalan ERP*. <https://www.cnnindonesia.com/otomotif/20230103105049-579-895384/dki-bakal-terapkan-jalan-berbayar-berikut-daftar-jalan-erp>
- Croci, E. (2016). Urban Road Pricing: A Comparative Study on the Experiences of London, Stockholm and Milan. *Transportation Research Procedia*, 14, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.062>
- Devlin, J. (2019). *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*.
- Faryna, K., van der Laak, J., & Litjens, G. (2024). Automatic data augmentation to improve generalization of deep learning in H&E stained histopathology. *Computers in Biology and Medicine*, 170(October 2023), 108018. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2024.108018>
- Gu, Z., Liu, Z., Cheng, Q., & Saberi, M. (2018). Congestion pricing practices and public acceptance: A review of evidence. *Case Studies on Transport Policy*, 6(1), 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.01.004>
- Harbola, S., & Coors, V. (2018). Geo-visualisation and visual analytics for smart cities: A survey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(4/W11), 11–18. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W11-11-2018>
- Manuel-Ilie, D., Gabriel, P. A., & George, C. R. (2023). Sentiment Analysis Using Bert Model. *International Journal of Advanced Statistics and IT&C for Economics and Life Sciences*, 13(1), 59–66. <https://doi.org/10.2478/ijasitels-2023-0007>
- Menon Sarath Guttikunda, G. (2010). *Simple Interactive Models for Better Air Quality SIM-air Working Paper Series: 33-2010 Electronic Road Pricing: Experience & Lessons from Singapore. January 2010*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27671.83363>
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38(September 2018), 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>
- Patel, V., Prabhu, G., & Bhowmick, K. (2015). A Survey of Opinion Mining and Sentiment Analysis. *International Journal of Computer Applications*, 131(1), 24–27. <https://doi.org/10.5120/ijca2015907218>
- RPJMD. (2023). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD). Sentiment Classification Using BERT*. (2023). <https://www.geeksforgeeks.org/sentiment-classification-using-bert>
- Shatanawi, M., Abdelkhalek, F., & Mészáros, F. (2020). Urban Congestion Charging Acceptability: An International Comparative Study. *Sustainability*, 12(12), 5044. <https://doi.org/10.3390/su12125044>
- Verma, S. (2019). Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy. *Vikalpa: The Journal for Decision Makers*, 44(2), 97–98. <https://doi.org/10.1177/0256090919853933>
- Yang, L., Marmolejo Duarte, C., & Martí Ciriquíán, P. (2022). Quantifying the relationship between public sentiment and urban environment in Barcelona. *Cities*, 130(September). <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103977>

Yu, J., & Jiang, J. (2019). Adapting BERT for target-oriented multimodal sentiment classification. *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2019-Augus*, 5408–5414. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2019/751>



MODEL LALU LINTAS CERDAS BERBASIS KOMUNIKASI V2V TANPA MEMBANGUN INFRASTRUKTUR *ROAD SIDE UNIT* (STUDI KASUS KOTA JAKARTA)

**Ketut Bayu Yogha Bintoro*¹, Tri Kuntoro
Priyambodo², Yaddarabullah³**

^{1,3} Universitas Trilogi Jakarta

² Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

e-mail: ketutbayu@trilogi.ac.id

PENDAHULUAN

Komunikasi V2V (vehicle-to-vehicle) dalam sistem lalu lintas cerdas telah mendapatkan perhatian signifikan dalam beberapa tahun terakhir sebagai cara untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan transportasi. Komunikasi V2V memungkinkan kendaraan untuk saling berkomunikasi dan berbagi data real-time tentang lalu lintas, cuaca, dan kondisi lainnya, yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan keselamatan di jalan (Bintoro & Priyambodo, 2024). Beberapa studi telah meneliti potensi manfaat komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas. Sebuah studi survei, misalnya, menemukan bahwa komunikasi V2V dapat meningkatkan efisiensi aliran lalu lintas dengan memungkinkan kendaraan untuk mengkoordinasikan pergerakan mereka dan mengoptimalkan rute (Desai et al., 2017). Studi lain menunjukkan kelayakan simulasi acara diskret di sebuah persimpangan jalan yang mengintegrasikan fitur V2V dan V2I (vehicle-to-infrastructure) untuk meningkatkan aliran lalu lintas (Jameel, 2020). Komunikasi V2V dapat terjadi antara OBUs (on-board units) atau melalui perantara seperti RSUs (roadside units) (Choudhary & Purohit, 2019).

Namun, meskipun potensi manfaat komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas, beberapa tantangan harus diatasi sebelum adopsi secara luas. Salah satu tantangan utama adalah tingginya biaya infrastruktur (Hamdi et al., 2020) yang terkait dengan penerapan sistem komunikasi V2V dan perlunya menetapkan protokol keamanan untuk melindungi terhadap serangan siber dan pelanggaran data (Han et al., 2017). Selain itu, ada kebutuhan untuk memastikan interoperabilitas antara berbagai sistem komunikasi V2V (Ioana et al., 2022), yang bisa menjadi tantangan mengingat beragamnya produsen kendaraan dan penyedia teknologi. Masih ada kesenjangan yang signifikan dalam memahami bagaimana sistem komunikasi V2V dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam sistem lalu lintas cerdas untuk mencapai hasil yang diinginkan dan kebutuhan untuk penelitian lebih lanjut untuk mengatasi tantangan ini dan sepenuhnya mewujudkan potensi manfaat teknologi ini.

Untuk mendukung adopsi luas komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas, berbagai organisasi seperti IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), Departemen Transportasi AS, dan European Telecommunications Standards Institute (ETSI) telah mengembangkan standar untuk komunikasi V2V, termasuk IEEE 802.11p, WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments), dan DSRC (Dedicated Short-Range Communications), yang masing-masing mendefinisikan protokol komunikasi, layanan, dan format pesan yang diperlukan untuk mendukung komunikasi V2V. Mereka juga menyediakan langkah-langkah keamanan untuk melindungi komunikasi dari akses tidak sah dan perusakan. Salah satu tantangan utama terkait dengan biaya pengembangan. Tantangan lainnya adalah keamanan (Nkenyereye et al., 2019), karena penting untuk memastikan bahwa sistem komunikasi V2V aman dan tidak mudah diretas atau dikompromikan.

Selanjutnya, interoperabilitas antara sistem komunikasi V2V dari berbagai produsen, karena penting untuk memastikan bahwa sistem ini dapat bekerja dengan lancar bersama dan mendukung berbagai aplikasi. Selain itu, tantangan lain adalah biaya infrastruktur, karena penerapan sistem komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas memerlukan penyebaran peralatan dan infrastruktur komunikasi yang bisa mahal. Literatur menyoroti beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk adopsi luas komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas. Meskipun tantangan tersebut, jelas bahwa komunikasi V2V memiliki potensi untuk

menjadi alat yang berharga dalam meningkatkan keselamatan jalan dan aliran lalu lintas dalam sistem lalu lintas cerdas. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi tantangan ini dan mengembangkan sistem komunikasi V2V yang lebih maju dan hemat biaya. Penelitian ini memberikan gambaran umum tentang keadaan komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas saat ini dan manfaat potensialnya, seperti peningkatan keselamatan dan efisiensi di jalan. Penelitian ini juga mengakui tantangan yang perlu diatasi untuk adopsi luas komunikasi V2V, termasuk biaya infrastruktur, keamanan, dan interoperabilitas. Studi ini bertujuan untuk berkontribusi pada bidang ini dengan menyoroti manfaat dan tantangan komunikasi V2V dan memberikan pemahaman komprehensif tentang keadaan penelitian komunikasi V2V saat ini. Informasi ini dapat memandu penelitian masa depan dan membantu pengembangan serta implementasi komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah komunikasi V2V memanfaatkan teknologi Wi-Fi yang dikenal sebagai Dedicated Short Range Communication (DSRC) antara setiap kendaraan dan teknologi GPS yang menawarkan pandangan posisi detail melalui pertukaran komunikasi dengan kendaraan lain yang dilengkapi serupa (Bintoro & Priyambodo, 2024). DSRC adalah komunikasi tujuan khusus yang dirancang untuk kendaraan guna menyediakan komunikasi jarak pendek dengan kendaraan tetangga atau dengan lingkungan untuk mencapai situasi berkendara yang kooperatif (Bintoro et al., 2024). DSRC menggunakan spektrum 75 MHz untuk komunikasi kendaraan dan memanfaatkan teknologi radio berdasarkan IEEE 802.11p dengan bandwidth 3 hingga 27 Mbps.

DSRC berfungsi sebagai unit radio khusus yang berfungsi sebagai penerima dan pemancar data, sementara GPS Receiver bertanggung jawab menyediakan posisi dan waktu kendaraan (Vasili & Moreno, 2019). Data ini menjadi input untuk DSRC, memungkinkan kendaraan untuk menentukan posisi relatif mereka satu sama lain. Selain itu, Memori berfungsi sebagai penyimpanan untuk menyimpan informasi dari Safety Application Electronic Control Unit (SAECU), yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan dengan menghitung input dari DSRC dan memori serta Vehicle's Internal Communication Networks (VICN). SCMS (Security Credential Management System) adalah fasilitas yang memastikan sertifikat keamanan saat komunikasi berlangsung di antara kendaraan, memastikan bahwa data yang dipertukarkan aman dan tidak dapat diakses oleh pihak yang tidak berwenang.

Aplikasi komunikasi V2V dapat dikategorikan menjadi dua tujuan utama: tujuan keamanan dan non-keamanan (Özdemir et al., 2016). Untuk tujuan keamanan (Uhlemann, 2016), komunikasi V2V bertujuan meminimalkan masalah keselamatan dengan menyediakan panduan atau informasi lain untuk pengemudi guna mencegah atau mengantisipasi kecelakaan di jalan. Misalnya, sistem peringatan tabrakan (Collision Warning) memberikan peringatan pra-tabrakan dan pasca-tabrakan, peringatan titik buta, dan peringatan persimpangan buta. Sistem ini dirancang untuk membantu pengemudi menghindari kecelakaan atau mengurangi dampaknya. Selain itu, sistem berkendara kooperatif (Cooperative Driving System) (Liu et al., 2017) meliputi peringatan perubahan jalur dan pembentukan platoon yang aman, di mana kendaraan dapat berkomunikasi satu sama lain untuk mengoordinasikan pergerakan mereka, mengurangi risiko kecelakaan, dan meningkatkan efisiensi lalu lintas.

Contoh nyata dari aplikasi ini adalah peringatan pasca-tabrakan yang melibatkan beberapa kendaraan. Dalam situasi ini, kendaraan yang terlibat dalam kecelakaan mengirimkan sinyal

peringatan kepada kendaraan lain di sekitar untuk membantu pengemudi bereaksi dengan tepat dan menghindari kecelakaan lanjutan. Selain itu, komunikasi V2V juga sangat penting di titik-titik berisiko tinggi seperti persimpangan. Di sini, setiap kendaraan dalam jangkauan DSRC akan menerima pesan siaran dari kendaraan lain yang menginformasikan posisi dan arah pergerakan mereka untuk mengoordinasikan pergerakan mereka dan menghindari kecelakaan (Ghatwai et al., 2017).

Di luar aspek keselamatan, banyak layanan lain yang ditawarkan oleh komunikasi V2V, termasuk navigasi canggih dan konsumsi bahan bakar yang efisien (Ling et al., 2018). Misalnya, navigasi canggih memanfaatkan pertukaran informasi dari kendaraan lain untuk memberikan informasi tentang kondisi lalu lintas (Hoangt, 2018), peringatan kemacetan, atau informasi kecelakaan di jalan (Peng & Shao, 2018). Sistem ini menggabungkan informasi GPS dan data real-time dari kendaraan di sekitar untuk menghitung rute alternatif yang tersedia dan menghindari kemacetan. Selain itu, sistem ini juga membantu mengoptimalkan konsumsi bahan bakar dengan memberikan informasi tentang kondisi lalu lintas dan mengarahkan pengemudi untuk menghindari rute yang padat atau macet (Bintoro & Priyambodo, 2024).

Namun, komunikasi V2V dalam jaringan VANET menghadapi beberapa tantangan unik yang harus diatasi untuk memastikan fungsionalitas jaringan tetap terjaga. Salah satu tantangan utama adalah topologi dinamis (Dong et al., 2016). Pergerakan konstan dalam situasi jaringan yang sangat aktif membuat topologi jaringan terus berubah seiring waktu, sehingga membangun dan mempertahankan komunikasi menjadi sulit. Situasi ini memerlukan pendekatan yang tepat untuk menjaga proses komunikasi tetap di bawah waktu latensi maksimum yang mempengaruhi kualitas layanan jaringan. Membentuk dan memelihara komunikasi di antara kendaraan memerlukan pengetahuan tentang posisi node dan pergerakan mereka, yang sangat sulit diprediksi karena pola mobilitas setiap kendaraan dalam koneksi jaringan dinamis (Xu, 2023).

Selain itu, koneksi jaringan dinamis juga menjadi tantangan (Wang et al., 2020). Karena kendaraan bergerak dalam situasi jaringan yang sangat aktif, ini akan menghasilkan koneksi "ON/OFF" sepanjang jalan. Kondisi ini bisa memburuk dengan adanya hambatan radio yang berpotensi mengganggu saluran komunikasi. Ketika kepadatan kendaraan rendah, akan terjadi pemutusan koneksi yang sering, yang dapat menyebabkan tingkat kegagalan koneksi yang tinggi. Keduanya memerlukan protokol routing yang kuat untuk mengenali situasi dan menyediakan tautan alternatif dengan cepat untuk memastikan kualitas komunikasi (Homaei et al., 2021).

Kendala waktu nyata juga menjadi isu penting. Pesan yang dipertukarkan dalam jaringan VANET sebagian besar tidak membutuhkan sumber daya tinggi dan laju data yang tinggi. Namun, menjaga agar keterlambatan end-to-end tetap minimum sangat penting untuk mempertahankan kualitas layanan yang baik. Misalnya, pengiriman pesan peringatan harus memiliki keterlambatan minimum untuk menjaga layanan waktu nyata, atau pesan peringatan tersebut tidak lagi berguna untuk mengantisipasi kecelakaan atau menghindari tabrakan.

Kualitas layanan (QoS) didefinisikan sebagai persyaratan standar yang perlu dipenuhi saat membangun koneksi end-to-end untuk mempertahankan pertukaran data. Berbagai faktor dan kendala harus dipertimbangkan lebih awal untuk menjaga QoS yang baik karena setiap

aplikasi memiliki standar QoS-nya sendiri. Pendekatan routing yang tepat sangat penting untuk dengan efisien menetapkan rute baru ketika rute lain tidak lagi tersedia karena perubahan berbagai variabel seperti kecepatan kendaraan, posisi, topologi, jarak, dan lain-lain (Albattah et al., 2022).

Selain itu, masalah keamanan dan privasi data juga menjadi tantangan utama (Gupta et al., 2020). Penerapan berbagai sistem cerdas pada kendaraan berpotensi menyimpan sejumlah besar informasi pribadi yang mencatat aktivitas individu dan kebiasaan selain data lintasan kendaraan itu sendiri. Isu ini mungkin mempengaruhi penerimaan publik terhadap sistem VANET selain masalah keandalan dan kerentanan kebocoran informasi pribadi (Hasrouny et al., 2018). Ancaman lain dapat muncul dari manipulasi pesan atau merekam lintasan kendaraan secara remote.

Kaitan rasional dari penerapan teknologi komunikasi V2V di Jakarta sangat relevan mengingat tantangan lalu lintas yang dihadapi oleh kota metropolitan ini. Jakarta, sebagai ibu kota Indonesia, dikenal dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi dan frekuensi kemacetan yang sering terjadi. Implementasi komunikasi V2V di Jakarta dapat membantu mengatasi beberapa masalah lalu lintas kritis ini dengan meningkatkan efisiensi aliran lalu lintas dan keselamatan di jalan. Misalnya, dengan adanya sistem peringatan dini terhadap kemacetan dan kecelakaan, pengemudi dapat diarahkan untuk mengambil rute alternatif, sehingga mengurangi beban pada jalan utama dan mempercepat waktu perjalanan. Selain itu, dengan adanya komunikasi yang efektif antara kendaraan, risiko kecelakaan dapat diminimalkan, terutama di persimpangan-persimpangan sibuk yang sering menjadi titik rawan kecelakaan. Dengan demikian, penerapan teknologi V2V dapat berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas hidup masyarakat Jakarta dengan mengurangi kemacetan, meningkatkan keselamatan, dan mengoptimalkan konsumsi bahan bakar melalui pengelolaan lalu lintas yang lebih cerdas dan efisien.

PEMBAHASAN

Studi telah melaporkan bahwa komunikasi V2V dapat meningkatkan keselamatan jalan dan aliran lalu lintas dengan menyediakan informasi yang tepat waktu dan akurat tentang kendaraan di sekitar dan lingkungan jalan, memungkinkan pengemudian yang lebih efisien dan terkoordinasi. Tabel 1 merangkum manfaat dan tantangan komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas.

Tabel 1. Manfaat dan Tantangan (Kumar et al., 2019)

No Manfaat	Tantangan
1 Peningkatan keselamatan	Biaya infrastruktur
2 Peningkatan efisiensi	Masalah privasi
3 Peningkatan manajemen lalu lintas	Kemampuan terbatas untuk mendeteksi dan merespons serangan
4 Peningkatan transportasi publik	Kurangnya standarisasi dalam langkah-langkah keamanan yang digunakan
5 Peningkatan data real-time	

Berdasarkan studi literatur yang dirangkum dalam Tabel 1, penelitian ini mengidentifikasi manfaat penerapan komunikasi V2V pada sistem lalu lintas cerdas dan tantangan yang perlu dipertimbangkan saat mempersiapkan, menerapkan, dan mendukung keberlanjutan sistem transportasi cerdas berbasis komunikasi V2V. Tabel 1 juga memuat informasi tentang peluang penelitian lebih lanjut dalam mengembangkan komunikasi V2V pada sistem lalu lintas cerdas. Khususnya, untuk mengatasi beberapa tantangan yang perlu diselesaikan atau dioptimalkan dari berbagai perspektif, seperti teknis, ekonomi, sosial, dan sebagainya.

Manfaat Penggunaan Komunikasi V2V dalam Sistem Lalu Lintas Cerdas

Beberapa manfaat penggunaan komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas termasuk peningkatan keselamatan untuk mencegah kecelakaan dan meningkatkan keselamatan di jalan (Xiong et al., 2019), peningkatan efisiensi untuk mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi di jalan di mana komunikasi V2V dapat mendukung pengembangan sistem lalu lintas cerdas, yang mengarah pada peningkatan efisiensi dan keberlanjutan jaringan transportasi. Selain itu, peningkatan manajemen lalu lintas untuk meningkatkan keselamatan di jalan dengan memberi tahu pengemudi tentang potensi bahaya dan membantu mereka menghindari kecelakaan di mana komunikasi V2V dapat memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi satu sama lain untuk mengoordinasikan aktivitas pindah jalur dan penggabungan, mengurangi potensi kecelakaan dan meningkatkan aliran lalu lintas.

Peningkatan transportasi publik untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi publik dengan memungkinkan bus dan kereta api untuk berkomunikasi satu sama lain dan dengan pusat kontrol pusat. Dengan mengintegrasikan komunikasi V2V dengan sistem transportasi publik, agen transit dapat memberikan layanan pelanggan yang lebih baik dan lebih efisien. Dan peningkatan data real-time untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas sistem manajemen lalu lintas dengan mengumpulkan dan berbagi data real-time tentang lalu lintas, cuaca, dan kondisi lainnya. Ini dapat meningkatkan aliran lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan keselamatan di jalan (Zhu et al., 2019).

Peningkatan Keselamatan

Salah satu manfaat utama komunikasi V2V adalah memungkinkan kendaraan "melihat" melampaui garis pandang mereka dan mendeteksi potensi bahaya yang mungkin tidak terlihat oleh pengemudi (Bhatia et al., 2020). Komunikasi V2V dapat membantu mencegah kecelakaan dan meningkatkan keselamatan di jalan. Komunikasi V2V dapat meningkatkan aliran lalu lintas dengan memungkinkan kendaraan untuk mengoordinasikan pergerakan mereka dan menghindari kemacetan (Bhatia et al., 2020). Ini dapat memberikan pandangan yang lebih komprehensif tentang lingkungan sekitar daripada sensor tradisional, seperti kamera dan radar. Komunikasi V2V memungkinkan kendaraan untuk bertukar informasi tentang lokasi, kecepatan, dan arah perjalanan mereka satu sama lain, yang dapat membantu menciptakan gambaran yang lebih akurat dan lengkap tentang lingkungan sekitar (Hamdi et al., 2020).

Manfaat kedua adalah bantuan perubahan jalur; komunikasi V2V dapat mendeteksi kapan aman untuk berpindah jalur dan memberi tahu pengemudi tentang potensi bahaya di area buta (Ghatwai et al., 2017) mereka. Ini dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh perubahan jalur. Manfaat ketiga adalah peringatan tabrakan di persimpangan; komunikasi V2V dapat memberi tahu pengemudi tentang potensi tabrakan di persimpangan (Sun, 2020) dan membantu mereka menghindari kecelakaan. Selanjutnya, sistem peringatan darurat, komunikasi V2V memberi tahu pengemudi tentang potensi bahaya,

seperti kecelakaan, penutupan jalan, dan keadaan darurat lainnya.

Peningkatan Efisiensi

Komunikasi V2V dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem transportasi dengan mengurangi kemacetan, meningkatkan aliran lalu lintas, dan membuat perjalanan lebih dapat diprediksi. Peningkatan efisiensi dicapai melalui komunikasi V2V dalam beberapa cara, seperti lampu lalu lintas yang terkoordinasi yang memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi dengan lampu lalu lintas, memberikan informasi tentang lokasi, kecepatan, dan arah perjalanan mereka. Ini memungkinkan lampu lalu lintas untuk menyesuaikan waktu mereka berdasarkan aliran lalu lintas aktual, mengurangi waktu tunggu bagi kendaraan dan meningkatkan keseluruhan aliran lalu lintas (Hakak et al., 2022). Kedua adalah kontrol jelajah kooperatif yang memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi satu sama lain menggunakan komunikasi V2V untuk mengoptimalkan kecepatan dan jarak mereka, mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi. Kendaraan dapat berbagi informasi tentang kecepatan dan lokasi mereka, yang memungkinkan mereka untuk mengkoordinasikan kecepatan dan jarak mereka untuk mengurangi kebutuhan pengereman dan akselerasi tiba-tiba. Ketiga adalah menyediakan rute yang lebih baik yang dapat membantu kendaraan lain menghindari area ini dan menemukan rute tercepat ke tujuan mereka (W. Zhang & Wang, 2019).

Selanjutnya adalah prioritas kendaraan darurat. Kendaraan darurat seperti ambulans dan truk pemadam kebakaran dapat menggunakan komunikasi V2V untuk memberi tahu kendaraan lain tentang keberadaan mereka, memungkinkan mereka bergerak melalui lalu lintas dengan lebih cepat dan aman. Komunikasi V2V memiliki potensi untuk meningkatkan prioritas kendaraan darurat dalam sistem lalu lintas cerdas (Fawal et al., 2020). Komunikasi V2V dapat membantu kendaraan darurat menghindari kemacetan lalu lintas, menemukan rute tercepat ke tujuan mereka, dan mengurangi waktu tanggap darurat dengan bertukar informasi real-time tentang kecepatan kendaraan, lokasi, dan kondisi jalan, memungkinkan respons yang lebih cepat dan efektif dalam keadaan darurat, meningkatkan keselamatan publik dan mengurangi risiko kecelakaan. Pembentukan konvoi berbasis komunikasi V2V memungkinkan kendaraan untuk berkendara dalam formasi dekat, yang dikenal sebagai platooning (Maiti et al., 2020), yang dapat membantu mengurangi hambatan angin, meningkatkan efisiensi bahan bakar, dan menghemat waktu bagi pengemudi. Yang terakhir adalah penasihat kecepatan optimal lampu hijau. Dengan memberikan informasi tentang kecepatan yang seharusnya kendaraan untuk mencapai lampu hijau, komunikasi V2V dapat membantu pengemudi untuk berkendara pada kecepatan yang lebih konsisten, mengurangi kebutuhan pengereman dan akselerasi tiba-tiba, yang dapat membantu mengurangi kemacetan dan meningkatkan aliran lalu lintas (Rapelli et al., 2020).

Peningkatan Manajemen Lalu Lintas

Komunikasi V2V dapat meningkatkan manajemen lalu lintas dengan menyediakan informasi real-time tentang lokasi dan kecepatan kendaraan di jalan. Pengelola lalu lintas dapat menggunakan informasi ini untuk membuat keputusan yang lebih terinformasi tentang aliran lalu lintas, manajemen insiden, dan waktu sinyal lalu lintas. Komunikasi V2V dapat mencapai peningkatan manajemen lalu lintas melalui beberapa cara, seperti pemantauan lalu lintas real-time untuk memberi tahu kendaraan tentang informasi kemacetan lalu lintas, kecelakaan, dan bahaya jalan lainnya, yang dapat membantu pengelola lalu lintas mengidentifikasi area masalah dan membuat penyesuaian terhadap aliran lalu lintas sesuai kebutuhan. Terkait

dengan pemantauan lalu lintas real-time adalah manajemen insiden. Dalam hal kecelakaan atau insiden lainnya, kendaraan yang dilengkapi V2V dapat berbagi informasi tentang lokasi, keparahan, dan dampak dari insiden. Ini dapat membantu pengelola lalu lintas untuk merespons lebih cepat dan efektif, mengurangi dampak insiden terhadap aliran lalu lintas. Ketiga adalah kontrol sinyal lalu lintas adaptif yang memungkinkan beberapa kendaraan untuk berkomunikasi dengan lampu lalu lintas. Ini memungkinkan lampu lalu lintas untuk menyesuaikan waktu mereka berdasarkan aliran lalu lintas yang sebenarnya, mengurangi waktu tunggu bagi kendaraan dan meningkatkan keseluruhan aliran lalu lintas. Prioritas kendaraan darurat untuk memberi tahu kendaraan lain tentang keberadaan ambulans, memungkinkan mereka bergerak melalui lalu lintas dengan lebih cepat dan aman. Ini dapat membantu mengurangi keterlambatan dan memastikan bahwa kendaraan darurat mencapai tujuan mereka sesegera mungkin.

Peningkatan Transportasi Publik

Komunikasi V2V dapat meningkatkan transportasi publik dengan menyediakan informasi real-time tentang lokasi dan status kendaraan transportasi publik, yang dapat membantu meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem transportasi publik. Layanan transportasi publik yang ditingkatkan, komunikasi V2V, dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan keseluruhan sistem transportasi publik, menarik lebih banyak penumpang dan mengurangi jumlah mobil di jalan, yang mengarah pada pengurangan kemacetan lalu lintas dan polusi udara. Komunikasi V2V dapat meningkatkan transportasi publik dengan memberikan beberapa peningkatan, seperti pelacakan kendaraan real-time, yang dapat membantu menyediakan informasi pelacakan real-time kepada penumpang dan pengelola lalu lintas serta meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem transportasi publik dengan mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan keandalan waktu kedatangan kendaraan. Ketiga, komunikasi V2V dapat meningkatkan pengaturan dan perencanaan rute; kendaraan umum yang dilengkapi V2V dapat berbagi informasi tentang kemacetan lalu lintas, kecelakaan, dan bahaya jalan lainnya, yang dapat membantu dispatcher untuk membuat keputusan yang lebih terinformasi tentang perencanaan rute (Rahman, 2020) dan jadwal kendaraan.

Keempat, kontrol sinyal lalu lintas kooperatif (Hu et al., 2020) memungkinkan lampu lalu lintas menyesuaikan waktu mereka berdasarkan aliran lalu lintas yang sebenarnya dari kendaraan umum, mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan aliran lalu lintas secara keseluruhan. Respons darurat yang ditingkatkan, dalam keadaan darurat, kendaraan umum yang dilengkapi V2V dapat berbagi informasi tentang lokasi, keparahan, dan dampak dari insiden, yang dapat membantu responden darurat merespons lebih cepat dan efektif. Secara keseluruhan, komunikasi V2V dapat meningkatkan transportasi publik dengan menyediakan informasi real-time tentang lokasi dan status transportasi umum, yang dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan keseluruhan sistem transportasi umum.

Peningkatan Data Real-Time

Peningkatan data real-time adalah komponen kritis dari komunikasi V2V. Ini memungkinkan kendaraan untuk membuat keputusan yang terinformasi dan merespons dengan cepat terhadap kondisi jalan yang berubah (Y. Zhang et al., 2017), sehingga meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan mobilitas di jalan. Peningkatan data real-time sangat penting untuk komunikasi V2V karena memungkinkan kendaraan membuat keputusan real-time berdasarkan informasi yang mereka terima dari kendaraan lain. Pertukaran data real-time ini dapat secara signifikan meningkatkan keselamatan jalan dengan mengurangi jumlah

kecelakaan dan insiden yang disebabkan oleh kesalahan manusia atau keterbatasan visibilitas. Ini juga dapat meningkatkan efisiensi dengan mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan aliran lalu lintas di jalan. Selain itu, peningkatan data real-time dapat meningkatkan mobilitas dengan menyediakan informasi real-time kepada pengemudi tentang kondisi jalan, pola lalu lintas, dan rute alternatif.

Tantangan Penggunaan Komunikasi V2V dalam Sistem Lalu Lintas Cerdas

Namun, berdasarkan Tabel 1, studi juga menyoroti tantangan seperti peningkatan keamanan, masalah privasi, dan biaya infrastruktur. Biaya perangkat keras adalah salah satu biaya terbesar yang terkait dengan komunikasi V2V adalah biaya perangkat keras yang diperlukan untuk mendukung komunikasi. Perangkat lunak yang diperlukan untuk komunikasi V2V juga mahal. Perangkat lunak ini mencakup biaya pengembangan dan pemeliharaan protokol komunikasi, layanan, dan format pesan, biaya integrasi sistem komunikasi V2V dengan sistem lain, seperti komputer onboard kendaraan dan sistem navigasi, sementara biaya lainnya adalah sertifikasi, pengembangan, dan pemeliharaan untuk memastikan mereka terus berfungsi dengan benar dan aman (Albattah et al., 2022).

Kedua adalah masalah privasi. Sistem komunikasi V2V mengumpulkan dan mengirimkan data penting tentang kendaraan dan penghuninya. Data ini dapat mencakup lokasi, kecepatan, dan informasi sensitif lainnya. Jika data ini tidak dilindungi dengan baik, data ini dapat diakses dan digunakan oleh pihak yang tidak berwenang, yang menimbulkan kekhawatiran privasi yang serius (Gupta et al., 2022). Juga ada kebutuhan untuk lebih banyak standarisasi dalam langkah-langkah keamanan yang digunakan; sulit untuk memastikan keamanan komunikasi. Masalah lain adalah kemampuan terbatas untuk mendeteksi dan merespons serangan; sistem komunikasi V2V saat ini tidak dapat mendeteksi dan merespons serangan siber secara real-time. Standarisasi yang baik membuat sulit untuk menghentikan serangan setelah diluncurkan. Penting untuk mengembangkan dan menerapkan langkah-langkah keamanan yang kuat untuk sistem komunikasi V2V yang dapat melindungi terhadap serangan siber dan memastikan privasi data yang ditransmisikan. Dalam kategori Masalah Teknis, studi telah melaporkan bahwa ada kurangnya standarisasi dan regulasi untuk komunikasi V2V, yang menjadi penghalang penerapan teknologi ini (Lakshmipraba & Sivakumar, 2019).

Beberapa masalah teknis perlu diatasi saat menerapkan komunikasi V2V dalam sistem lalu lintas cerdas, seperti infrastruktur jaringan untuk mendukung komunikasi berbandwidth tinggi dan latensi rendah antara kendaraan yang bisa sulit untuk diterapkan, terutama di daerah dengan cakupan jaringan yang buruk atau di mana infrastruktur yang ada tidak memadai. Kompatibilitas perangkat keras, komunikasi V2V mengharuskan semua kendaraan di jalan dilengkapi dengan perangkat keras dan protokol komunikasi yang sama agar sistem dapat bekerja secara efektif. Memastikan kompatibilitas antara berbagai merek dan model kendaraan bisa menjadi tantangan. Interoperabilitas untuk memastikan bahwa semua kendaraan dapat berkomunikasi satu sama lain dengan efektif, konsumsi energi dapat menjadi masalah untuk kendaraan listrik dengan sumber daya atau kapasitas baterai terbatas. Dan skalabilitas untuk menangani volume data yang meningkat dan jumlah kendaraan yang terhubung, terutama di daerah dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi, di mana sistem harus mampu menangani sejumlah besar kendaraan yang berkomunikasi satu sama lain secara bersamaan (Yasser et al., 2017).

Perspektif Masa Depan Komunikasi V2V untuk Sistem Lalu Lintas Cerdas

Komunikasi V2V memiliki potensi untuk secara signifikan meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan mobilitas sistem lalu lintas cerdas di masa depan. Komunikasi V2V bisa digunakan di masa depan untuk mendukung sistem kendaraan otonom; seiring meningkatnya prevalensi kendaraan otonom, komunikasi V2V akan menjadi semakin penting bagi kendaraan ini untuk berbagi informasi dengan infrastruktur lalu lintas. Ini dapat menyebabkan aliran lalu lintas yang lebih baik, peningkatan keselamatan, dan pengurangan kemacetan. Mendukung Sistem Transportasi Cerdas untuk memberikan pandangan yang lebih komprehensif tentang kondisi lalu lintas dan membantu meningkatkan aliran lalu lintas. Ini adalah komponen penting dari ITS karena memungkinkan kendaraan untuk berbagi informasi real-time, seperti kecepatan, lokasi, dan kondisi jalan. Komunikasi V2V dapat digunakan untuk mendukung pengembangan kota pintar sebagai bagian dari inisiatif kota pintar (Shouran et al., 2019) untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan transportasi dalam wilayah perkotaan. Komunikasi V2V memungkinkan sistem manajemen lalu lintas untuk mengontrol dan mengelola aliran lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan pengalaman berkendara. Ini memungkinkan kendaraan untuk berbagi informasi real-time seperti lokasi, kecepatan, dan kondisi lalu lintas dengan kendaraan lain dan infrastruktur jalan, sehingga memberikan pandangan yang komprehensif tentang sistem lalu lintas kota.

Selanjutnya, komunikasi V2V akan secara signifikan meningkatkan pengembangan kendaraan listrik yang terhubung untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan listrik dan mengurangi biaya keseluruhan kepemilikan kendaraan listrik. Dengan memungkinkan kendaraan listrik untuk berkomunikasi satu sama lain dan dengan infrastruktur di sekitarnya, komunikasi V2V dapat menyediakan informasi penting seperti ketersediaan stasiun pengisian, status baterai, dan jangkauan perjalanan, yang dapat membantu pengemudi membuat keputusan yang terinformasi tentang perilaku berkendara dan perencanaan rute mereka. Peningkatan sistem bantuan pengemudi lanjutan (ADAS) (Cheong et al., 2017), komunikasi V2V, diterapkan untuk meningkatkan fungsi ADAS, seperti kontrol jelajah adaptif, peringatan keberangkatan jalur, dan pengereman darurat otomatis, yang dapat membantu meningkatkan keselamatan dan membuat mengemudi lebih nyaman. Dan Sistem Parkir Cerdas, komunikasi V2V, diterapkan untuk mengkomunikasikan ketersediaan tempat parkir, yang dapat membantu kendaraan lain menemukan tempat parkir lebih efisien, mengurangi kemacetan dan polusi udara yang disebabkan oleh berkeliling mencari tempat parkir. Komunikasi V2V juga dapat menyediakan informasi tentang biaya parkir, jam operasi, dan pembatasan parkir, yang dapat membantu pengemudi membuat keputusan yang terinformasi saat memarkir kendaraan mereka (Horng, 2019).

Secara keseluruhan, masa depan komunikasi V2V untuk sistem lalu lintas cerdas sangat cerah, karena teknologi ini akan terus berkembang dan diintegrasikan dengan teknologi lain untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan pengalaman transportasi secara keseluruhan. Integrasi komunikasi V2V dengan teknologi lain seperti V2I, V2N, dan V2X serta penggunaan AI, ML, Cloud, dan teknologi 5G dianggap sebagai peluang untuk perbaikan sistem V2V untuk sistem lalu lintas cerdas (Muhammad & Safdar, 2021).

Potensi Penerapan di Jakarta

Jakarta, sebagai ibu kota Indonesia dengan populasi yang sangat padat dan tingkat kemacetan yang tinggi, memiliki potensi besar untuk penerapan teknologi komunikasi V2V dalam upaya meningkatkan manajemen lalu lintas dan efisiensi transportasi. Beberapa

manfaat dan tantangan yang diuraikan di atas sangat relevan untuk Jakarta dan dapat berkontribusi secara signifikan terhadap solusi masalah lalu lintas di kota ini.

Peningkatan Keselamatan Jalan

Penerapan teknologi komunikasi V2V di Jakarta dapat secara signifikan meningkatkan keselamatan jalan dengan mengurangi risiko kecelakaan melalui peringatan dini tentang potensi bahaya, seperti kendaraan yang melambat mendadak atau insiden di depan. Teknologi ini juga dapat membantu dalam manajemen lalu lintas di persimpangan yang rawan kecelakaan dengan memberikan peringatan tentang kemungkinan tabrakan.

Peningkatan Efisiensi Lalu Lintas

Dengan adanya komunikasi V2V, efisiensi lalu lintas di Jakarta dapat ditingkatkan melalui koordinasi yang lebih baik antara kendaraan dan infrastruktur jalan. Misalnya, komunikasi real-time antara kendaraan dan lampu lalu lintas dapat mengurangi waktu tunggu dan memperbaiki aliran lalu lintas. Selain itu, fitur seperti cruise control kooperatif dan pembentukan peloton dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi, yang sangat penting di kota dengan tingkat polusi tinggi seperti Jakarta.

Manajemen Transportasi Publik

Teknologi V2V dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan transportasi publik di Jakarta dengan memberikan informasi real-time tentang lokasi dan status kendaraan umum. Ini dapat membantu penumpang dalam merencanakan perjalanan mereka dengan lebih baik dan mengurangi waktu tunggu. Selain itu, koordinasi yang lebih baik antara kendaraan umum dan sistem kontrol lalu lintas dapat memperbaiki waktu tempuh dan keandalan layanan transportasi publik.

Peningkatan Data Real-Time

Peningkatan data real-time melalui komunikasi V2V akan memberikan pandangan yang lebih komprehensif tentang kondisi lalu lintas di Jakarta, memungkinkan pihak berwenang untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam manajemen lalu lintas. Informasi real-time tentang kemacetan, kecelakaan, dan kondisi jalan dapat membantu dalam pengelolaan lalu lintas yang lebih responsif dan efektif.

Tantangan Infrastruktur dan Keamanan

Namun, penerapan teknologi V2V di Jakarta juga menghadapi beberapa tantangan signifikan. Salah satu tantangan utama adalah biaya infrastruktur yang tinggi untuk menginstal perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Selain itu, masalah privasi dan keamanan data harus diatasi dengan langkah-langkah keamanan yang kuat dan standar yang ketat untuk mencegah akses yang tidak sah dan serangan siber.

KESIMPULAN

Penelitian ini menanggapi tantangan serius di Jakarta terkait tingkat kemacetan tinggi, efisiensi waktu perjalanan rendah, dan prioritas transportasi umum serta kendaraan darurat. Kami mengusulkan model lalu lintas cerdas V2V yang terjangkau dan konstruktif untuk mengatasi permasalahan ini. Fokus penelitian kami adalah pada pengurangan kemacetan melalui rekomendasi rute adaptif dan sinkronisasi sinyal lalu lintas. Kami berupaya meningkatkan efisiensi waktu perjalanan dengan menyediakan informasi real-time kepada pengemudi berdasarkan komunikasi antar kendaraan otonom dimasa depan. Komitmen untuk memberikan prioritas kepada transportasi umum dan kendaraan darurat tercermin dalam strategi penyesuaian dinamis, yaitu model lalu lintas cerdas berbasis V2V untuk secara aktif beradaptasi dengan perubahan kondisi lalu lintas secara real-time. dasar sistem. Tahap kedua melibatkan pembuatan simulasi menggunakan perangkat lunak seperti SUMO untuk menguji dan memvalidasi kinerja model dalam berbagai skenario lalu lintas. Tahap ketiga melibatkan pembuatan prototipe berdasarkan hasil simulasi dan model dasar, yang dapat diuji coba pada skala kecil di lapangan atau melalui simulasi lanjutan sebelum penerapan. Simulasi dilakukan menggunakan SUMO, sementara pengukuran performansi kualitas jaringan komunikasi V2V diimplementasikan dengan menggunakan NS3. Dengan fokus pada tahap 1 dan 2, penelitian ini bertujuan untuk membangun landasan yang kuat sebelum memasuki tahap prototipe dan uji coba skala kecil pada tahap berikutnya. Dengan pendekatan konstruktif ini, kami berharap memberikan kontribusi signifikan sesuai arah kebijakan pemerintah daerah Jakarta terkait masalah lalu lintas. Tujuan utama penelitian ini adalah agar solusi yang dihasilkan dapat diadopsi luas, sejalan dengan fokus kebijakan pemerintah dalam meningkatkan mobilitas, keselamatan, dan efisiensi waktu perjalanan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar implementasi kebijakan yang mendukung peningkatan mobilitas dengan mengurangi kemacetan, memberikan prioritas pada transportasi umum, dan meningkatkan keselamatan jalan. Sinergi antara inovasi teknologi dan kebijakan pemerintah diharapkan dapat efektif mengatasi permasalahan lalu lintas di Jakarta.

Penelitian ini menanggapi tantangan serius di Jakarta terkait tingkat kemacetan tinggi, efisiensi waktu perjalanan rendah, dan prioritas transportasi umum serta kendaraan darurat. Kami mengusulkan model lalu lintas cerdas V2V yang terjangkau dan konstruktif untuk mengatasi permasalahan ini. Fokus penelitian kami adalah pada pengurangan kemacetan melalui rekomendasi rute adaptif dan sinkronisasi sinyal lalu lintas. Kami berupaya meningkatkan efisiensi waktu perjalanan dengan menyediakan informasi real-time kepada pengemudi berdasarkan komunikasi antar kendaraan otonom dimasa depan. Komitmen untuk memberikan prioritas kepada transportasi umum dan kendaraan darurat tercermin dalam strategi penyesuaian dinamis, yaitu model lalu lintas cerdas berbasis V2V untuk secara aktif beradaptasi dengan perubahan kondisi lalu lintas secara real-time. dasar sistem. Tahap kedua melibatkan pembuatan simulasi menggunakan perangkat lunak seperti SUMO untuk menguji dan memvalidasi kinerja model dalam berbagai skenario lalu lintas. Tahap ketiga melibatkan pembuatan prototipe berdasarkan hasil simulasi dan model dasar, yang dapat diuji coba pada skala kecil di lapangan atau melalui simulasi lanjutan sebelum penerapan. Simulasi dilakukan menggunakan SUMO, sementara pengukuran performansi kualitas jaringan komunikasi V2V diimplementasikan dengan menggunakan NS3. Dengan fokus pada tahap 1 dan 2, penelitian ini bertujuan untuk membangun landasan yang kuat sebelum memasuki tahap prototipe dan uji coba skala kecil pada tahap

berikutnya. Dengan pendekatan konstruktif ini, kami berharap memberikan kontribusi signifikan sesuai arah kebijakan pemerintah daerah Jakarta terkait masalah lalu lintas. Tujuan utama penelitian ini adalah agar solusi yang dihasilkan dapat diadopsi luas, sejalan dengan fokus kebijakan pemerintah dalam meningkatkan mobilitas, keselamatan, dan efisiensi waktu perjalanan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar implementasi kebijakan yang mendukung peningkatan mobilitas dengan mengurangi kemacetan, memberikan prioritas pada transportasi umum, dan meningkatkan keselamatan jalan. Sinergi antara inovasi teknologi dan kebijakan pemerintah diharapkan dapat efektif mengatasi permasalahan lalu lintas di Jakarta.

Dalam bab ini, kita telah menjelajahi potensi dan tantangan dari implementasi teknologi Vehicle-to-Vehicle (V2V) dalam konteks sistem transportasi pintar. Ditemukan bahwa pengembangan infrastruktur V2V membutuhkan alokasi dana yang signifikan dan kemitraan yang kuat antara sektor publik dan swasta. Regulasi ketat juga diperlukan untuk melindungi privasi dan keamanan data dalam komunikasi V2V, sementara edukasi pengguna jalan menjadi kunci untuk meningkatkan kesadaran akan manfaat teknologi ini. Integrasi V2V dengan sistem transportasi publik dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan secara keseluruhan. Dalam konteks yang lebih luas, penting untuk mempertimbangkan bagaimana teknologi V2V dapat diadaptasi untuk mengatasi masalah transportasi yang unik, seperti kemacetan lalu lintas dan polusi udara di kota-kota besar seperti Jakarta. Dengan refleksi mendalam tentang tantangan dan potensi solusi, kita dapat memandang teknologi V2V sebagai alat yang kuat dalam merancang masa depan transportasi yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan.

SARAN

Sebagai salah satu kota terpadat di dunia, Jakarta dihadapkan pada tantangan lalu lintas yang kompleks dan seringkali menyebabkan kemacetan yang parah. Dengan populasi yang terus berkembang dan tingkat kepemilikan kendaraan yang tinggi, solusi inovatif diperlukan untuk meningkatkan mobilitas kota dan mengurangi kecelakaan lalu lintas. Teknologi Komunikasi Vehicle-to-Vehicle (V2V) menawarkan potensi untuk memperbaiki situasi ini dengan meningkatkan koordinasi antara kendaraan dan infrastruktur jalan.

1. **Pengembangan Infrastruktur V2V:** Pemerintah Jakarta harus mengalokasikan dana untuk pengembangan infrastruktur V2V yang meliputi instalasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Ini mencakup pemasangan sensor dan komponen V2V di persimpangan, jalan raya, dan kendaraan di seluruh kota.
2. **Kemitraan Publik-Swasta:** Penting untuk memperkuat kemitraan antara pemerintah dan sektor swasta dalam pengembangan dan implementasi teknologi V2V. Ini dapat melibatkan perusahaan swasta dalam pembiayaan, instalasi, dan pemeliharaan infrastruktur V2V, serta pembentukan kerangka kerja regulasi yang menguntungkan bagi investasi swasta.
3. **Regulasi Privasi dan Keamanan Data:** Jakarta harus mengembangkan regulasi ketat untuk melindungi privasi dan keamanan data dalam konteks komunikasi V2V. Hal ini melibatkan penetapan standar keamanan yang ketat untuk mencegah akses yang tidak sah, serta penegakan hukum yang kuat terhadap pelanggaran privasi dan keamanan.

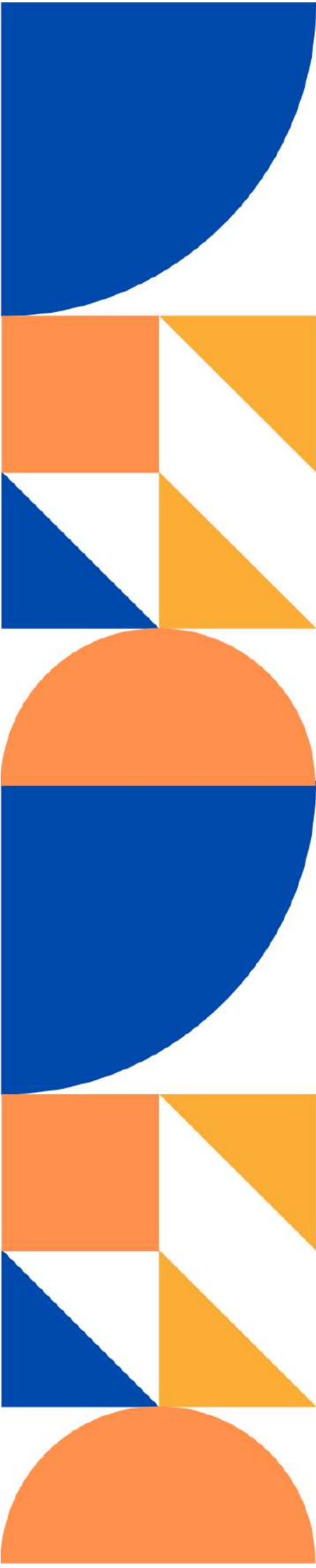
4. **Pelatihan dan Kesadaran Pengguna:** Program pelatihan dan kampanye kesadaran harus dilakukan untuk mendidik pengguna jalan tentang manfaat dan penggunaan teknologi V2V. Ini mencakup edukasi tentang cara kerja sistem, manfaat keselamatan, dan hak privasi pengguna.
5. **Integrasi dengan Transportasi Publik:** Integrasi teknologi V2V dengan sistem transportasi publik yang ada akan meningkatkan efisiensi dan keandalan layanan transportasi. Pemasangan perangkat V2V pada armada kendaraan umum dan pengembangan aplikasi yang menyediakan informasi real-time kepada penumpang akan membantu meningkatkan pengalaman pengguna

DAFTAR PUSTAKA

- Albattah, W., Habib, S., Alsharekh, M. F., Islam, M., Albahli, S., & Dewi, D. A. (2022). An Overview of the Current Challenges, Trends, and Protocols in the Field of Vehicular Communication. *Electronics* (Switzerland), 11(21). <https://doi.org/10.3390/electronics11213581>
- Bhatia, T. K., Ramachandran, R. K., Doss, R., & Pan, L. (2020). A Survey on Controlling the Congestion in Vehicle-to-Vehicle Communication. *ICRITO 2020 - IEEE 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)*, 573–578. <https://doi.org/10.1109/ICRITO48877.2020.9197884>
- Bintoro, K. B. Y., & Priyambodo, T. K. (2024). Learning Automata-Based AODV to Improve V2V Communication in A Dynamic Traffic Simulation. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 17(1), 666–678. <https://doi.org/10.22266/ijies2024.0229.56>
- Cheong, M., Lee, Y., Park, W., & Yeom, I. (2017). Analysis of V2V communication for ADAS. *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN*, 284–286. <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2017.7993794>
- Choudhary, S., & Purohit, K. (2019). VANET: Its applications, security requirements, types of attacks and its corrective measures. *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies, GUCON 2018*, 883–888. <https://doi.org/10.1109/GUCON.2018.8674976>
- Desai, P., Loke, S. W., & Desai, A. (2017). Cooperative vehicles for robust traffic congestion reduction: An analysis based on algorithmic, environmental and agent behavioral factors. *PLoS ONE*, 12(8), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182621>
- Dong, B., Deng, J., Wu, W., & Meng, T. (2016). Topology analysis system for vehicular Ad Hoc network. *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, PDCAT Proceedings*, 0, 299–302. <https://doi.org/10.1109/PDCAT.2016.070>
- Fawal, A. H. El, Mansour, A., & Najem, M. (2020). V2V Influence on M2M and H2H Traffics During Emergency Scenarios. In *Global Advancements in Connected and Intelligent Mobility* (pp. 93–134). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9019-4.ch003>
- Ghatwai, N. G., Harpale, V. K., & Kale, M. (2017). Vehicle To vehicle communication for crash avoidance system. *Proceedings - 2nd International Conference on Computing, Communication, Control and Automation, ICCUBEA 2016*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2016.7860118>
- Gupta, M., Benson, J., Patwa, F., & Sandhu, R. (2020). Secure V2V and V2I Communication in Intelligent Transportation using Cloudlets. *IEEE Transactions on Services Computing*, 1374(c), 1–1. <https://doi.org/10.1109/tsc.2020.3025993>
- Gupta, M., Benson, J., Patwa, F., & Sandhu, R. (2022). Secure V2V and V2I Communication in Intelligent Transportation Using Cloudlets. *IEEE Transactions on Services Computing*, 15(4), 1912–1925. <https://doi.org/10.1109/TSC.2020.3025993>
- Hakak, S., Gadekallu, T. R., Ramu, S. P., M. P., Maddikunta, P. K. R., de Alwis, C., & Liyanage, M. (2022). Autonomous Vehicles in 5G and Beyond: A Survey. *Vehicular Communications*, 39, 100551. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2022.100551>
- Hamdi, M. M., Audah, L., Rashid, S. A., Mohammed, A. H., Alani, S., & Mustafa, A. S. (2020). A Review of Applications, Characteristics and Challenges in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs). *HORA 2020 - 2nd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/HORA49412.2020.9152928>
- Han, D., Bai, B., & Chen, W. (2017). Secure V2V Communications via Relays: Resource

- Allocation and Performance Analysis. *IEEE Wireless Communications Letters*, 6(3), 342–345. <https://doi.org/10.1109/LWC.2017.2690292>
- Hasrouny, H., Samhat, A. E., Bassil, C., & Laouiti, A. (2018). A security solution for V2V communication within VANETs. *IFIP Wireless Days*, 2018-April, 181–183. <https://doi.org/10.1109/WD.2018.8361716>
- Hoangt, G. M. (2018). Cooperative localization in VANETs: An experimental proof-of-concept combining GPS, IR-UWB ranging and V2V communications. In *2018 15th Workshop on Positioning, Navigation and Communications, WPNC 2018*. <https://doi.org/10.1109/WPNC.2018.8555767>
- Homaiei, M. H., Band, S. S., Pescape, A., & Mosavi, A. (2021). DDSLA-RPL: Dynamic Decision System Based on Learning Automata in the RPL Protocol for Achieving QoS. *IEEE Access*, 9, 63131–63148. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3075378>
- Horng, G. J. (2019). The cooperative on-street parking space searching mechanism in city environments. *Computers and Electrical Engineering*, 74, 349–361. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.02.010>
- Hu, J., Bhowmick, P., Arvin, F., Lanzon, A., & Lennox, B. (2020). Cooperative Control of Heterogeneous Connected Vehicle Platoons: An Adaptive Leader-Following Approach. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(2), 977–984. <https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2966412>
- Ioana, A., Korodi, A., & Silea, I. (2022). Automotive IoT Ethernet-Based Communication Technologies Applied in a V2X Context via a Multi-Protocol Gateway. *Sensors*, 22(17). <https://doi.org/10.3390/s22176382>
- Jameel, F. (2020). Performance Analysis of Cooperative V2V and V2I Communications under Correlated Fading. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(8), 3476–3484. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2929825>
- Ketut Bayu Yogha Bintoro, Permana, S. D. H., & Syahputra, A. (2024). V2V Communication in Smart Traffic Systems : Current Status , Challenges and Future Perspectives. 19(1), 21–31.
- Kumar, P., Verma, A., & Singhal, P. (2019). VANET protocols with challenges- A review. *Proceedings of the 2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2019*, 598–602.
- Lakshmipraba, B., & Sivakumar, V. G. (2019). IoT in connected cars: Challenges and chances. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 6620–6629. <https://doi.org/10.35940/ijeat.A1859.109119>
- Ling, G., Lindsten, K., Ljungqvist, O., Löfberg, J., Norén, C., & Larsson, C. A. (2018). Fuel-efficient Model Predictive Control for Heavy Duty Vehicle Platooning using Neural Networks. *Proceedings of the American Control Conference*, 2018-June, 3994–4001. <https://doi.org/10.23919/ACC.2018.8431520>
- Liu, Y., Zhai, C., & Gao, H. (2017). Autonomous Multi-vehicle Consensus for High-order Systems. 9548–9553.
- Maiti, S., Winter, S., Kulik, L., & Sarkar, S. (2020). The Impact of Flexible Platoon Formation Operations. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 5(2), 229–239. <https://doi.org/10.1109/TIV.2019.2955898>
- Muhammad, M., & Safdar, G. A. (2021). 5G-based V2V broadcast communications: A security perspective. *Array*, 11, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100084>
- Nkenyereye, L., Liu, C. H., & Song, J. S. (2019). Towards secure and privacy preserving collision avoidance system in 5G fog based Internet of Vehicles. *Future Generation Computer Systems*, 95, 488–499. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.12.031>

- Özdemir, Ö., Kılıç, İ., Yazıcı, A., & Özkan, K. (2016). A V2V System Module for Inter Vehicle Communication. *Applied Mechanics and Materials*, 850, 16–22. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.850.16>
- Peng, J., & Shao, Y. (2018). Intelligent Method for Identifying Driving Risk Based on V2V Multisource Big Data. In *Complexity* (Vol. 2018, pp. 1–9). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2018/1801273>
- Rahman, F. I. (2020). Impact of V2V Communication on Eco-Route Choice. In *LOGI – Scientific Journal on Transport and Logistics* (Vol. 11, Issue 1, pp. 37–45). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.2478/logi-2020-0004>
- Rapelli, M., Casetti, C., & Sgarbi, M. (2020). A Distributed V2V-Based Virtual Traffic Light System. In *2020 International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS (COMSNETS)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/comsnets48256.2020.9027339>
- Shouran, Z., Ashari, A., & Kuntoro, T. (2019). Internet of Things (IoT) of Smart Home: Privacy and Security. *International Journal of Computer Applications*, 182(39), 3–8. <https://doi.org/10.5120/ijca2019918450>
- Sun, G. (2020). Intersection Fog-Based Distributed Routing for V2V Communication in Urban Vehicular Ad Hoc Networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(6), 2409–2426. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2918255>
- Uhlemann, E. (2016). Toward Autonomous Vehicles. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 11(3), 13–18.
- Vasili, A., & Moreno, W. A. (2019). Applications and trends in connected vehicles: Debates and conclusions. *2019 8th IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo, ICCVE 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICCVE45908.2019.8965236>
- Wang, C., Gong, S., Zhou, A., Li, T., & Peeta, S. (2020). Cooperative adaptive cruise control for connected autonomous vehicles by factoring communication-related constraints. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 113(November 2018), 124–145. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.04.010>
- Xiong, X., Wang, M., Cai, Y., Chen, L., Farah, H., & Hagenzieker, M. (2019). A forward collision avoidance algorithm based on driver braking behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 129(May), 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.05.004>
- Xu, Y. (2023). Routing Strategies and Protocols for Efficient Data Transmission in the Internet of Vehicles: A Comprehensive Review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(9), 955–965. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01409100>
- Yasser, A., Zorkany, M., & Abdel Kader, N. (2017). VANET routing protocol for V2V implementation: A suitable solution for developing countries. *Cogent Engineering*, 4(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1362802>
- Zhang, W., & Wang, W. (2019). Learning V2V interactive driving patterns at signalized intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 108(September), 151–166. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.09.009>
- Zhang, Y., Lin, Q., Wang, J., & Verwer, S. (2017). Car-following Behavior Model Learning Using Timed Automata. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 2353–2358. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.423>
- Zhu, L., Yu, F. R., Wang, Y., Ning, B., & Tang, T. (2019). Big Data Analytics in Intelligent Transportation Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(1), 383–398. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2815678>



TRANSFORMASI PARKIR PINTAR DENGAN IMPLEMENTASI TITIK TERDEKAT MENUJU SMART CITY JAKARTA

**Luthfi Atikah^{1*}, Dwi Diana Wazaumi², Rosa
Eliviani³, Fahriel Dwi Faldi⁴**
^{1,2,3,4} Politeknik Astra Bekasi

e-mail: luthfi.atikah@polytechnic.astra.ac.id

PENDAHULUAN

Urbanisasi yang terjadi di Jakarta telah memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi suatu daerah khususnya Jakarta. Pertumbuhan sosial- ekonomi di Indonesia khususnya di Jakarta dipengaruhi oleh urbanisasi yang terjadi setiap tahunnya. Pertumbuhan tersebut menyebabkan meningkatnya kepemilikan kendaraan pribadi serta berdampak ke kemacetan yang terjadi di Jakarta. Dampak dari kemacetan sendiri yaitu menjadikan polusi udara yang berdampak pada kesehatan tubuh. Dampak dari kemacetan sendiri selain kesehatan juga dapat mengakibatkan masyarakat stres, terbuang waktu produktif, serta jika berlarut-larut masalah polusi udara juga bisa berakibat kematian. Untuk menangani kemacetan dan meningkatkan mobilitas perkotaan regulasi integrasi transportasi perlu dilakukan. Regulasi yang perlu dibenahi salah satunya yaitu masalah parkir. Peningkatan jumlah kendaraan pribadi telah menyebabkan kelangkaan tempat parkir dan kemacetan lalu lintas yang semakin parah di seluruh kota. Pada sisi lain, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, terutama dalam konteks Smart City, telah membuka peluang baru untuk mengatasi masalah parkir ini dengan pendekatan yang lebih cerdas dan efisien. Oleh karena itu, parkir pintar secara bertahap menjadi isu strategis dalam membangun sebuah smart city (Xiao, et al., 2023).

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah melihat data dari Badan Pusat Statistika, bahwa perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis (unit) dari tahun 2018 sampai 2022 terus mengalami peningkatan. Jenis kendaraan bermotor tersebut adapun mobil penumpang, mobil bis, mobil barang, dan sepeda motor. Jumlah kendaraan tersebut pada tahun 2018 adalah 126.508.776 unit, tahun 2019 adalah 133.617.012 unit, tahun 2020 adalah 136.137.451 unit, tahun 2021 adalah 141.992.573, dan tahun 2022 adalah 148.261.817 unit.

PEMBAHASAN

TUJUAN DAN RUANG LINGKUP

Tujuan utama dari Bunga Rampai ini adalah untuk mengidentifikasi masalah parkir di Kota Jakarta, khususnya dalam konteks peningkatan jumlah kendaraan bermotor dan kelangkaan tempat parkir. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi solusi cerdas yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah parkir tersebut, dengan fokus pada konsep parkir pintar dalam pembangunan Smart City.

Definisi Parkir Pintar

Dalam strategi manajemen lalu lintas smart city, teknologi Smart Parking menyediakan solusi untuk mengurangi waktu kedatangan parkir dan kemacetan lalu lintas. Sistem parking ini dapat dilihat manfaatnya dari sisi ekonomi, lingkungan dan estetikanya (Pham, Mai, & Pham, 2023). Parkir pintar adalah ide baru tentang cara mengatur parkir di kota yang melihat harga sebagai alat utama. Berbeda dengan pendekatan tradisional yang fokus pada teknologi seperti sensor dan perangkat lunak, parkir pintar menganggap harga sebagai cara untuk menentukan siapa yang mendapat tempat parkir. Tujuan dari parkir pintar adalah untuk mengurangi kemacetan lalu lintas dan mendorong perilaku pengemudi yang lebih baik dengan menggunakan harga. Ini membuka jalan bagi inovasi dalam manajemen parkir di kota-kota di masa depan (Aljohani, Olariu, Alali, & Shubham, 2022).

Tujuan Parkir Pintar

Tujuan dari sistem parkir pintar yang didorong oleh Internet of Things (IoT) adalah sebagai berikut (Alam, et al., 2023).

1. Meningkatkan Pemanfaatan Sumber Daya Parkir dengan menyediakan informasi lokasi parkir secara real-time dan memanfaatkan teknologi komunikasi nirkabel, yang bertujuan mengoptimalkan penggunaan tempat parkir yang tersedia untuk memenuhi permintaan minimum tempat parkir pada kota yang padat.
2. Mengurangi Pemborosan Energi : yaitu memanfaatkan sensor berbasis IoT untuk mengidentifikasi lokasi parkir, sistem ini dapat membantu mengurangi penggunaan energi yang berlebihan.
3. Memperbaiki Pengalaman Pengguna: yaitu menyediakan fitur-fitur seperti reservasi online, otentikasi pengguna, panduan parkir, dan pembayaran online bertujuan untuk meningkatkan pengguna dalam menggunakan tempat parkir dengan cara lebih nyaman dan efisien.
4. Meningkatkan Keamanan: yaitu menerapkan otentikasi pengguna dan pemantauan secara real-time bertujuan untuk meningkatkan keamanan tempat parkir bagi pengguna kendaraan.

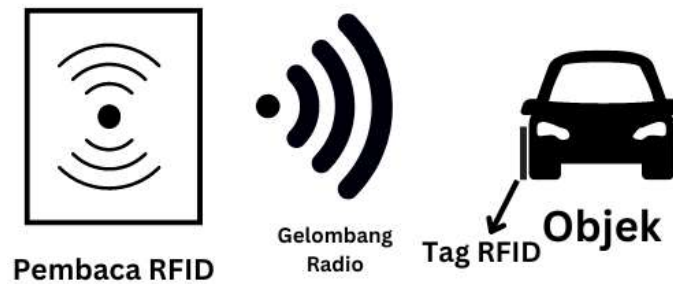
TEKNOLOGI YANG DIGUNAKAN DALAM PARKIR PINTAR

Parkir pintar ini menarik banyak perhatian karena kemajuan Internet of Things (IoT). Adanya parkir pintar diharapkan mengurangi tingkat stress dan emisi CO₂ di lingkungan saat mencari parkir. Pada implementasinya, ruang parkir dilengkapi dengan sensor atau seperangkat sensor yang mengumpulkan data tempat parkir dan mengirimkan data yang disensing ke sistem cloud. Pengguna menjalankan sistem dari laptop atau ponsel seluler kemudian dapat mengakses sistem untuk memeriksa status tempat parkir.

Beberapa faktor perlu dipertimbangkan sebelum merancang sistem parkir pintar karena kinerjanya tergantung pada faktor-faktor tersebut. Bagian paling krusial dari sistem adalah mendeteksi objek dengan benar, menyimpan data, dan mengakses data melalui komunikasi yang efektif. Analisis yang tepat diperlukan untuk mencapai keseimbangan antara solusi tersebut. Berikut adalah beberapa teknologi yang dimanfaatkan untuk parkir pintar (Alam, et al., 2023).

1. Radio Frequency Identification (RFID)

Parkir pintar yang memanfaatkan RFID berfungsi sebagai autentikasi sebuah kendaraan, sehingga dapat membaca tag untuk identifikasi mobil tersebut. Teknologi RFID ini sebagai saluran komunikasi untuk membaca dan mengirimkan tag radio yang terpasang pada objek kendaraan menggunakan medan elektromagnetik. Tag radio yang terpasang terdiri atas pemancar, penerima dan transponder. Arsitektur sistem parkir yang menggunakan RFID salah satunya terdapat pada penelitian (Tsiropoulou, Baras, Papavassiliou, & Sinha, 2017). Penelitian tersebut menyebutkan bahwa komponen utama dari jaringan RFID adalah pembaca RFID untuk mengirimkan gelombang elektromagnetik dan juga mengaktifkan tag RFID untuk memantulkan sinyal dengan informasi dari tag ke pembaca RFID. Gambar berikut menjelaskan bagaimana tag RFID diaktifkan.



Gambar 1. Mengaktifkan tag RFID

2. Narrowband Internet of Things (NB-IoT)

NB-IoT ini termasuk salah satu jaringan sensor nirkabel yang dikembangkan pada Low Power Wide Area Network (LPWAN). Teknologi NB-IoT dirancang untuk menggunakan sedikit daya dan memberikan cakupan yang luas untuk jaringan. Meskipun memiliki keunggulan dalam hal efisiensi daya dan jangkauan, NB-IoT memiliki keterbatasan, terutama dalam hal ketergantungan pada penyedia jaringan seluler yang mungkin tidak stabil di daerah yang terpencil. Sistem parkir berbasis NB-IoT, sensor magnetik digunakan untuk mendeteksi ketersediaan tempat parkir. Data dari sensor dikirimkan melalui jaringan NB-IoT, dan informasi tersebut dapat diakses oleh pengguna melalui aplikasi seluler. Ketika mobil masuk atau keluar dari tempat parkir, perubahan dalam medan magnet dideteksi oleh sensor dan informasi tentang ketersediaan tempat parkir akan diperbarui secara otomatis.

Meskipun sistem parkir menggunakan teknologi NB-IoT dapat menghasilkan informasi parkir real-time yang akurat, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah ketergantungan pada jaringan seluler, yang dapat mengakibatkan ketidakstabilan dalam akses data. Teknologi ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan transmisi data yang relatif kecil dan memiliki latensi yang tinggi.

3. ZigBee

ZigBee adalah teknologi nirkabel yang memungkinkan komunikasi antar mesin dengan biaya dan konsumsi daya yang rendah. Ini adalah standar terbuka yang dikembangkan oleh ZigBee Alliance dan didesain khusus untuk jaringan pengendalian dan sensor. Jaringan ZigBee dapat menghubungkan banyak perangkat secara bersamaan (biasanya sekitar 240), yang luar biasa dibandingkan dengan jaringan jarak pendek lainnya seperti WiFi dan Bluetooth. Itulah mengapa jaringan ZigBee adalah pilihan terbaik untuk sistem parkir pintar. Gambar 13 menunjukkan diagram blok sistem parkir berbasis ZigBee, yang diusulkan dalam (Qadir, Al-Turjman, Khan, & Nesimoglu, 2018). Komponen utama dari sistem ini adalah: (1) sensor IR, (2) Arduino, (3) perangkat ZigBee, dan (4) motor servo. Meskipun efisiensi dan kelebihan lain dari sistem parkir mobil berbasis jaringan ZigBee, ada tantangan dalam hal skalabilitas jaringan. Jangkauan pendek ZigBee dapat menyebabkan cakupan yang terbatas dan rentan terhadap kebutuhan layanan perawatan yang tinggi karena ketergantungan pada pasokan daya baterai untuk sensor yang digunakan.

4. Fuzzy Logic

Sistem parkir pintar terus melakukan perkembangan mengingat pentingnya untuk mengurangi waktu dan membuat lalu lintas yang lebih efektif. Teknologi

mengimplementasikan fuzzy logic ini menjadi salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan pada sistem parkir pintar. Sistem yang menggunakan aturan fuzzy dapat merekomendasikan tempat parkir kepada pelanggan. Beberapa input yang menjadi bahan pertimbangan aturan ini adalah jumlah ruang parkir yang tersedia, jarak pengguna ke tempat parkir, dan perkiraan waktu untuk mencapai tempat parkir. Meskipun fuzzy logic telah banyak diterapkan, sistem ini bisa jadi sulit untuk dirancang karena kompleksitasnya, yang bisa menyulitkan saat menerapkannya. Selain itu, sistem semacam itu membutuhkan banyak pemrosesan komputer untuk menangani aturan-aturan dan perhitungan, yang bisa membuat sulit merancang sistem parkir yang efektif.

5. Global Positioning System (GPS)

Teknologi Global Positioning System (GPS) merupakan teknologi yang umumnya terdapat pada perangkat seluler. Dengan teknologi GPS, maka dapat mengetahui area parkir, sehingga area parkir tersebut dapat terlihat lokasinya pada peta. Banyak sistem yang telah memanfaatkan GPS, namun karena GPS hanya dapat mengetahui lokasi parkir tanpa mengetahui ketersediaan tempat parkir, maka adapun beberapa algoritma yang perlu ditambahkan untuk mengetahui ketersediaan lahan parkir tersebut, seperti algoritma Dijkstra.

6. Vehicular Communication

Teknologi ini termasuk baru yaitu Vehicle Ad-hoc Network, atau disingkat dengan VANET. Ide VANET ini berangkat dari memperhatikan keselamatan di jalan raya. Komunikasi VANET ini bekerja dengan cara menghubungkan komunikasi antar kendaraan, komunikasi kendaraan dengan infrastruktur, dan komunikasi packet routing. Penulis dalam (Lu, Lin, Zhu, & Shen, 2009) telah mengusulkan sistem parkir menggunakan VANET ini. Sistem ini disebut Parkir Cerdas atau SPARK, yang bertujuan untuk menyediakan navigasi parkir real-time. Selain itu, sistem ini juga memberikan perlindungan anti-pencurian dan berbagi informasi parkir dengan kendaraan lain yang bergerak. Namun, sistem yang diusulkan tidak memungkinkan mengingat biaya implementasinya. Mahal untuk membangun infrastruktur RSU dengan setiap tempat parkir. Selain itu, spektrum frekuensi yang dialokasikan untuk komunikasi nirkabel VANET mungkin tidak tersedia di setiap negara.

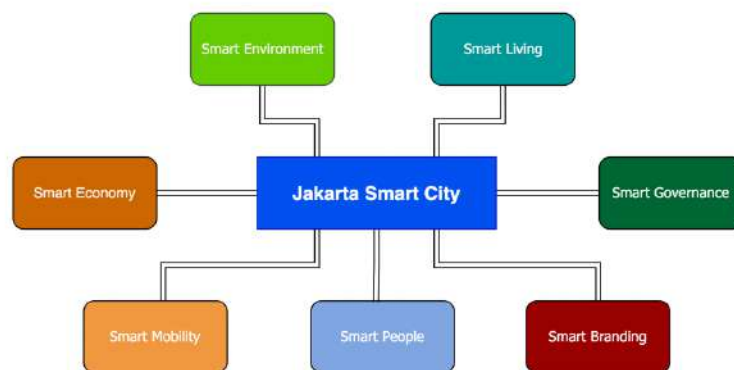
7. Smartphone Sensing

Smartphone sangat berguna dengan kemampuan sensor multi-level, dan di sisi lain, jaringan seluler merata. SmartPark bekerja dengan memanfaatkan kedua hal ini. Deteksi jenis transportasi penting karena pengguna smartphone mungkin menggunakan berbagai jenis transportasi, misalnya bus, kereta, pesawat. Namun, hanya mobil, sepeda motor, sepeda yang perlu diparkir. Untuk menghindari deteksi yang salah, SmartPark menggunakan beberapa sensor smartphone: Akselerometer, Girooskop, Orientasi, Sensor medan magnet, Sensor luminositas, Sensor tekanan atmosfer, dan Mikrofon. Langkah penting kedua adalah menghasilkan profil lokasi dari setiap pengguna ParkSense. Setiap kali kendaraan diparkir, pengemudi perlu memasukkan beberapa informasi parkir, misalnya nomor tempat parkir, di aplikasi. Profil lokasi terdiri dari informasi tertentu, yaitu SSID & RSSI dari titik akses WiFi, CELLID & RSSI dari BTS seluler yang melayani. SmartPark memeriksa jenis kendaraan pengguna dan mengirim permintaan ke server SmartPark untuk tempat parkir. Setelah pengguna parkir, SmartPark mulai memindai jaringan WiFi dan seluler untuk membuat profil lokasi dan kemudian menyimpannya. Saat kendaraan diparkir, SmartPark memicu deteksi mode

transportasi setiap 10 detik. Setelah pengguna meninggalkan tempat parkir, SmartPark mengirim pesan ke server SmartPark untuk menandai tempat tersebut sebagai tersedia (Nawaz, Efstratiou, & Mascolo, 2013).

KONDISI SMART CITY DI JAKARTA

Konsep yang dikenal sebagai "kota pintar" menyoroti sebuah sistem perkotaan yang terhubung secara cerdas, yang bertujuan untuk memberikan akses cepat dan akurat kepada masyarakat terhadap informasi yang mereka butuhkan. Konsep kota pintar ini dianggap sebagai solusi untuk mengelola sumber daya secara efisien (Hasibuan & Sulaiman, 2019). Secara sederhana, kota pintar mengintegrasikan informasi langsung dengan kehidupan masyarakat perkotaan. Pemerintah Provinsi Jakarta mendirikan Jakarta Smart City pada Tahun 2016 sebagai bentuk motor utama dalam mendorong terciptanya ekosistem kota cerdas 4.0 di Jakarta. Tidak hanya menjadi tempat eksperimen untuk ide-ide baru, tetapi juga sebagai wadah sinergi yang memfasilitasi kerja sama antara warga Jakarta dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.



Gambar 2. Indikator Jakarta Smart City

Saat ini Jakarta memiliki 7 indikator kota pintar untuk mewujudkan ekosistem smart city 4.0 di Jakarta terdiri dari *Smart Environment*, *Smart Economy*, *Smart Mobility*, *Smart People*, *Smart Branding*, *Smart Governance*, *Smart Living*.

1. **Smart Environment** : Transformasi lingkungan dalam sebuah kota cerdas adalah proses yang mengubah wajah kota serta membentuk lingkungan yang lebih bersih dengan tujuan menciptakan pemukiman manusia yang lebih baik (Salleh et al., 2022). Langkah yang telah diambil Jakarta *smart city* terdiri dari pengolahan sampah, kolaborasi dengan warga untuk bantuan lingkungan, pengendalian banjir, pengurangan emisi gas buang, program sampah tanggung jawab bersama, program Jakarta *Recycle Center* (Simorangkir, 2023).
2. **Smart Economy** : Fokus pada smart economy adalah pada pengelolaan ekonomi dengan mempertimbangkan proses inovasi dan kemampuan daya saing suatu kota untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang lebih baik dan cerdas. Hal ini dianggap sebagai salah satu faktor kunci dalam meningkatkan pengembangan sumber daya (Saputra et al., 2022). Dalam Jakarta Smart City, terutama dalam ranah Smart Economy, upaya yang dilakukan adalah mengembangkan budaya kewirausahaan dan semangat inovasi di kalangan masyarakat untuk meningkatkan produktivitas.

Contohnya adalah program-program seperti jakpraner, harga pasar di aplikasi JAKI, dan JakNaker (Sofa et al., 2022).

3. Smart Mobility : Menurut (Benevolo et al., 2016) dalam (Kaledi et al., 2019), Smart mobility merupakan gagasan tentang pembangunan perkotaan sebagai bagian dari konsep kota pintar yang berfokus pada pengembangan sistem transportasi berbasis teknologi informasi dan komunikasi. Dalam menghadapi tantangan kemacetan dan untuk meningkatkan mobilitas, Jakarta Smart City telah mengimplementasikan berbagai upaya, seperti pengembangan *Transit Oriented Development*, revitalisasi Halte Transjakarta, pengoperasian Bus Listrik Transjakarta, dan implementasi Sistem Pembayaran Terintegrasi Jaklingo (Sofa, 2023).
4. Smart People : Smart people merujuk pada penduduk perkotaan yang tidak hanya memiliki kualifikasi pendidikan yang baik, tetapi juga memperhatikan kualitas interaksi sosial mereka, yang merupakan bagian integral dari pembentukan kota cerdas yang melibatkan masyarakat yang cerdas (Aptika, 2015). Aplikasi JAKI merupakan salah satu implementasi smart people di Jakarta, dimana masyarakat berperan aktif dalam pengembangan kota Jakarta. Selain itu, JSCLab Sharing, Musrenbang, JSC Goes to School, Data Science Trainee juga merupakan program yang telah dilaksanakan oleh Jakarta Smart City.
5. Smart Branding: Smart Branding adalah strategi pemasaran atau penamaan wilayah yang bertujuan meningkatkan daya saing perkotaan agar mampu menarik perhatian serta partisipasi dari berbagai elemen ekosistemnya, termasuk masyarakat lokal maupun dari luar daerah, pelaku bisnis, dan investor, dengan tujuan mempercepat pertumbuhan kota (Sofa et al., 2023).
6. Smart Governance : Smart Governance adalah sistem tata kelola pemerintahan yang menggunakan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, transparansi, partisipasi, dan konektivitas antara pemerintah, warga, industri, dan pemangku kepentingan lainnya dalam proses pengambilan kebijakan. Ini melibatkan berbagai inovasi smart city seperti layanan publik digital, kebijakan berbasis data, penggunaan Master Data Management dan Big Data, pengaduan warga online, partisipasi komunitas, serta keterbukaan data (Sofa et al., 2023).
7. Smart Living : Smart City adalah lingkungan hunian pintar yang meliputi infrastruktur, ekonomi, mobilitas, komunitas, dan aspek lain yang meningkatkan kualitas layanan publik, tetapi tetap memperhatikan kebutuhan dan aspirasi kota (Arrohman et al., 2023). Contoh bentuk implementasinya di Jakarta seperti pencarian taman melalui aplikasi JAKI, taman literasi, *Jakarta future city hub*.

ANALISA IMPLEMENTASI PARKIR PINTAR DALAM KONTEKS SMART CITY

Total jumlah kendaraan bermotor di Provinsi DKI Jakarta terus meningkat dari tahun 2020 hingga 2022, menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Peningkatan jumlah kendaraan pribadi sebesar 11,90%, atau setara dengan 400,592 kendaraan, dan kenaikan jumlah sepeda motor sebesar 7,20%, atau setara dengan 1,163,067 kendaraan (BPS DKI Jakarta, 2022). Dengan kecenderungan masyarakat yang lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi daripada transportasi umum, ini menimbulkan tantangan baru bagi kota seperti Jakarta karena pemerintah diharuskan untuk menyediakan lebih banyak lahan parkir. Dengan setiap individu atau keluarga memiliki kendaraan pribadi seperti mobil, motor, atau sepeda, fasilitas parkir kendaraan menjadi semakin diperlukan (Hernikawati, 2021). Kepala Dinas Perhubungan (dishub) Jakarta mencatat bahwa selama bulan Ramadhan, banyak kendaraan

pribadi yang parkir di jalanan, yang berpotensi menyebabkan kemacetan. Hal ini menyoroti perlunya penanganan lebih lanjut terhadap parkir liar yang dapat mengganggu kelancaran lalu lintas dan mobilitas di kota (Ramadhan & Prihammada, n.d.). Untuk mengatasi hal tersebut, smart parking menjadi solusi atas masalah tersebut, penulis melakukan analisa SWOT (*Strengths, weakness, opportunities, threats*) untuk menemukan peluang, tantangan dan solusi paling sesuai untuk masalah smart parking di Jakarta seperti pada Gambar 2.



Gambar 3. Analisis SWOT Smart Parking dalam Konteks Smart City

a. Strengths

1. Lahan Parkir

Dengan memanfaatkan teknologi, aplikasi smart parking dapat memberikan informasi real-time tentang ketersediaan lahan parkir di berbagai lokasi. Hal ini memungkinkan penggunaan lahan parkir yang ada menjadi lebih efisien, mengurangi kemungkinan terjadinya lahan parkir yang tidak terpakai sepenuhnya atau terlalu penuh.

2. Efisiensi Waktu

Dengan adanya sistem parkir yang efisien, pengguna kendaraan dapat dengan cepat menemukan tempat parkir yang sesuai, menghemat waktu yang sebelumnya dihabiskan untuk mencari tempat parkir. Hal ini berkontribusi pada produktivitas masyarakat perkotaan secara keseluruhan, karena waktu yang dihemat dapat digunakan untuk kegiatan yang lebih produktif.

3. Transparansi biaya

Dengan mengetahui biaya parkir secara transparan, pengguna dapat merencanakan anggaran mereka dengan lebih baik saat berpergian ke kota. Transparansi biaya juga dapat membantu mencegah kemungkinan biaya tersembunyi atau penipuan yang terkait dengan parkir.

b. Weakness

1. Proses Adaptasi

Beberapa masyarakat mungkin menghadapi kesulitan dalam beradaptasi dengan teknologi baru, seperti penggunaan aplikasi mobile untuk membayar parkir.

2. Biaya

Implementasi sistem parkir pintar memerlukan investasi awal yang signifikan untuk infrastruktur dan teknologi, yang mungkin menjadi hambatan bagi beberapa

pemerintah kota.

c. Opportunities

1. Peningkatan Mobilitas

Implementasi parkir pintar dapat meningkatkan mobilitas di kota dengan mengurangi kemacetan dan waktu mencari parkir.

2. Kemitraan

Peluang untuk kerjasama antara sektor swasta dan publik dalam pengembangan dan operasionalisasi sistem parkir pintar.

3. Peningkatan Pendapatan

Penggunaan teknologi parkir pintar dapat meningkatkan pendapatan daerah melalui pengelolaan parkir yang lebih efisien dan penagihan yang lebih akurat.

d. Threats

1. Persaingan

Persaingan dari solusi parkir tradisional atau alternatif dapat menghambat adopsi teknologi parkir pintar.

2. Kebijakan Pemerintah

Perubahan regulasi dan kebijakan pemerintah dapat mempengaruhi implementasi dan operasionalisasi sistem parkir pintar.

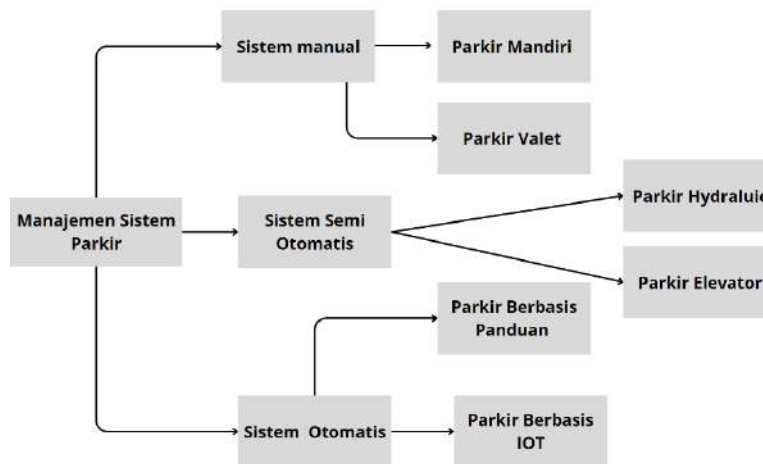
e. Solusi yang bisa diimplementasikan:

1. Kecukupan kebutuhan mesin e-parking yang memadai, pemeliharaan mesin secara berkala dan kerjasama dengan perbankan
2. Kecukupan kebutuhan jukir sesuai dengan analisa kebutuhan
3. Tersedianya papan informasi, tarif dan marka rambu yang informatif
4. Penyediaan atribut dan peralatan pendukung jukir.

SISTEM PARKIR TITIK TERDEKAT

Pengertian Sistem Parkir

Konsep Smart City telah diusulkan untuk menangani masalah kemacetan dan polusi kendaraan di berbagai belahan dunia termasuk khususnya Jakarta, Indonesia. Pembangunan parkir untuk lahan terbatas secara besar dilakukan di bawah tanah dari bangunan gedung. Karena kurangnya cahaya pada suatu gedung dibutuhkan sumber listrik yang besar untuk menerangi parkiran yang luas. Hal tersebut mengakibatkan pemborosan energi. Diketahui sistem parkir sendiri dibagi menjadi beberapa bagian:



Gambar 4. Sistem Parkir Kendaraan

1. Sistem Manual

Parkir manual sendiri merupakan parkir yang dilakukan melibatkan manusia secara utuh. Parkir Valet merupakan contoh sistem parkir manual yang masih dilakukan hingga saat ini. Masih banyak masalah yang ditimbulkan akibat dari parkir manual yaitu biaya yang dikeluarkan cukup banyak, selain itu banyak slot kosong yang masih harus dideteksi secara manual.

2. Sistem Semi Otomatis

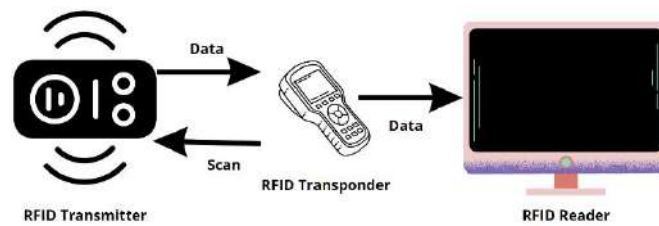
Pengertian dari parkir Semi Otomatis merupakan parkir yang dilakukan melibatkan teknologi dan manusia. Seperti contohnya parkir Hydraulic dan Elevator merupakan contoh parkir semi otomatis.

3. Sistem Otomatis

Parkir otomatis merupakan sistem parkir yang sepenuhnya dilakukan oleh teknologi. Contoh parkir otomatis yaitu parkir menggunakan teknologi IOT dan Guide Sistem. Kelebihan yang didapatkan dari parkir otomatis yaitu: Informasi terkait slot parkir yang masih tersedia, Navigasi otomatis melalui sistem serta Pemantauan dan keamanan.

Arsitektur Pencarian Lahan Parkir

Berbagai pendekatan IOT dilakukan salah satunya Radio Frequency Identification (RFID) merupakan teknologi identifikasi berbasis gelombang radio, salah satu solusi dalam pengembangan teknologi dengan memanfaatkan identifikasi. RFID dibagi menjadi tiga yaitu RFID Tag yang biasa disebut dengan transponder, RFID Reciver, dan RFID interogrator. RFID Tag yang berisi data, diletakan pada objek parkir atau gate untuk mengidentifikasi lahan parkir yang kosong sehingga pengguna tidak perlu berkeliling untuk mencari slot parkir yang kosong.



Gambar 5. Sistem RFID Pada Sistem Parkir Cerdas

Cara kerja RFID untuk mengidentifikasi kendaraan secara otomatis saat memasuki maupun meninggalkan lahan parkir. Cara kerja umum RFID untuk parkir cerdas diantaranya:

1. Pemasangan Tag (Transmitter)

Kendaraan yang menggunakan RFID akan dipasang Tag. Tag tersebut akan dipasang pada area yang mudah dideteksi oleh pembaca, seperti di area kaca depan

2. RFID Reader

Pembaca RFID dapat dipasang pada gerbang keluar maupun gerbang masuk, RFID Reader akan membaca RFID Tag yang terpasang pada kendaraan

3. Pengidentifikasi Kendaraan

Setelah skema RFID Reader membaca RFID tag yang terpasang pada kendaraan maka sistem akan melakukan identifikasi informasi kendaraan. Informasi kendaraan tersebut berupa nomor unik atau data unik lain terkait kendaraan yang masuk ke area parkir.

Near Field Communication (NFC)

Near Field Communication (NFC) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang digunakan untuk penukaran data melalui perangkat elektronik yang saling berdekatan. Teknologi NFC sendiri didasarkan dengan standar ISO/IEC 18092. Teknologi NFC dimaksudkan untuk mengurangi resiko intersepsi data yang rendah. NFC bermanfaat untuk mengganti tiket parkir yang sebelumnya berupa kertas menjadi digital, penyimpanan data juga tidak mudah hilang atau rusak. Informasi dari teknologi NFC memiliki beberapa fungsi dalam sistem parkir pintar:

1. Pembayaran Parkir Tanpa Kontak langsung

NFC dapat memungkinkan pengguna parkir untuk melakukan pembayaran parkir tanpa adanya kontak langsung dengan pusat terminal pembayaran parkir. Pada skemanya pengguna dapat menggunakan perangkat NFC seperti smartphone maupun kartu NFC untuk melakukan pembayaran dengan mendekatkan ke alat pembaca NFC.

2. Otentikasi Akses NFC

NFC memungkinkan menjadi alat otentikasi akses pada area parkir. Kartu NFC dapat digunakan untuk membuka palang pintu masuk maupun keluar pembatas parkir secara otomatis.

3. Pemantauan Area Parkir

Pada saat pengguna parkir meninggalkan maupun memasuki area parkir, sistem

dapat mencatat waktu kedatangan maupun waktu meninggalkan area parkir dengan memindai perangkat yang terpasang NFC.

4. Terintegrasi dengan aplikasi

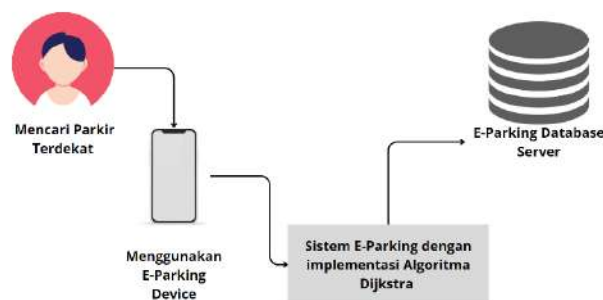
Beberapa aplikasi sudah banyak yang melakukan integrasi dengan NFC untuk memudahkan pengguna layanan dalam melakukan pembayaran. Seperti aplikasi banking maupun aplikasi E-Parking.

Dengan memanfaatkan NFC untuk sistem parkir, pengguna dapat dengan lebih nyaman dan aman karena memungkinkan pengelola untuk membantu maupun mengelola penggunaan lahan parkir secara efisien.

Algoritma Penentu Titik Terdekat

Pada praktiknya pendekatan algoritma titik terdekat menuju titik lokasi yang ditentukan pada pemetaan GIS untuk mencari lahan parkir juga diperlukan. Pemilihan rute terpendek menjadi perhatian pada saat ini, karena fokus pemilihan rute terpendek melibatkan waktu mencapai titik tujuan, biaya, dan jarak. Beberapa pendekatan dilakukan untuk membandingkan algoritma pencarian titik terdekat diantaranya algoritma Greedy, A-Star, dan Dijkstra (Wayahdi et al., 2021). Berdasarkan perbandingan tiga algoritma Greedy, A-Star, dan Dijkstra. Algoritma Greedy dapat berkerja secara cepat dalam mencari rute terdekat, namun kurang optimal dalam mempertimbangkan sub-solusi secara optimal. Algoritma A-Star dinilai lebih baik dibandingkan algoritma Greedy namun, algoritma ini cenderung memerlukan data kompleks karena menggunakan fungsi heuristik. Algoritma terakhir yaitu Algoritma Dijkstra dinilai lebih baik dibandingkan kedua algoritma lainnya karena dapat berkerja secara optimal. Cara kerja Algoritma Dijkstra mencari rute terpendek berdasarkan tepi bobot non-negatif. Pada beberapa kasus algoritma Dijkstra cenderung memerlukan kompleksitas waktu yang tinggi.

Beberapa penelitian melakukan perbandingan algoritma A* dan Dijkstra dalam pencarian rute terpendek ke pusat kesehatan pada saat pandemi Covid-19 (Ali et al., n.d.). Pada praktiknya pencarian jalur terpendek untuk jalur lalu lintas sangat berperan penting. Sistem navigasi membantu membuat keputusan berdasarkan jalur lalu lintas terpendek dan juga memberikan jalur alternatif. Algoritma berkerja di dalam graf dari satu simpul ke simpul tujuan, ketika mencapai jalur terpendek maka algoritma akan berhenti (Makariye Neha, n.d.). Pada Gambar 6. merupakan arsitektur yang diusulkan dapat membangun parkir terintegrasi dengan menerapkan algoritma Dijkstra.



Gambar 6. Arsitektur Perancangan Algoritma Dijkstra Pada Sistem E-Parking

Informasi mengenai parkir dapat diakses sesuai kebutuhan menggunakan aplikasi E-Parking melalui perangkat pribadi pengguna. Kemudian tempat-tempat parkir terdekat dilacak melalui peta berdasarkan titik terdekat melalui algoritma Dijkstra. E-Parking database server akan menyimpan terkait informasi-informasi parkir terdekat.

STUDI KASUS: IMPLEMENTASI PARKIR PINTAR

Beberapa studi kasus implementasi parkir pintar dilakukan untuk meninjau keberhasilan parkir pintar yang akan diimplementasikan.

A. Implementasi Parkir Pintar di Kota Lain

1. Kota Bandung

Pada tahun 2016, Kota Bandung memulai pemasangan mesin parkir elektronik sebagai solusi untuk masalah parkir yang serius, termasuk parkir liar dan pengelolaan retribusi parkir yang tidak efektif (Nurani, 2017). Pada akhir Desember 2016, Dinas Perhubungan Kota Bandung memasang 445 mesin parkir elektronik dengan dana sebesar Rp.55 miliar, yang terpasang di 211 lokasi di seluruh kota (Ispranoto, 2018). Cara kerja mesin ini adalah, pengguna memilih jenis kendaraan yang ingin diparkir dan memasukkan durasi parkir yang diinginkan. Mesin akan mengeluarkan tiket parkir secara otomatis setelah proses ini selesai. Selanjutnya, pengguna dapat membayar biaya parkir dengan kembali ke mesin dan menggunakan kartu pembayaran elektronik. Gambar 3 menunjukkan mesin parkir otomatis.



Gambar 7. Mesin Parkir Bandung (Ispranoto, 2018)

Hasil evaluasi dari mesin parkir dibandung menunjukkan bahwa penerapan mesin parkir elektronik di Kota Bandung sebagai bagian dari smart city belum terealisasi secara optimal, dilihat dari berbagai aspek seperti penggunaan mesin parkir, sistem pembayaran yang masih manual, dan target peningkatan retribusi parkir yang jauh dari target Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kota Bandung (Suherman, 2020). Untuk itu, perlu langkah perbaikan seperti kajian penempatan mesin, peningkatan sumber daya manusia, dan sosialisasi secara masif.

2. Kementerian PUPR

Salah satu contoh implementasi teknologi smart parking di Kementerian PUPR adalah di gedung Kantor Pusat Kementerian PUPR di Jakarta. Teknologi ini dibuat atas dasar mengatasi permasalahan keterbatasan lahan di Jakarta. Ilustrasi parkir pintar digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 8. Ilustrasi Smart Parking Kementerian PUPR (Arbi, 2022)

Teknologi ini dilengkapi dengan fitur pengenalan nomor kendaraan (ANPR) yang mendeteksi masuk dan keluar kendaraan dari area parkir. Informasi tentang ketersediaan tempat parkir ditampilkan di layar luar gedung. Pengemudi hanya perlu menyerahkan mobilnya di titik yang ditentukan, di mana mesin akan menempatkannya di ruang parkir yang tersedia, yang dipilih oleh sistem komputerisasi berdasarkan informasi yang diberikan (Ashari, 2023).

3. Jepang

Parkir otomatis berlantai banyak, yang memindahkan mobil ke tempat parkir secara otomatis, umum di Jepang. Dengan peningkatan penggunaan mobil, kemacetan lalu lintas parah terjadi, dan parkir liar di tepi jalan meningkat drastis. Sebagai solusi untuk masalah parkir di negara dengan lahan terbatas, jumlah fasilitas parkir otomatis terus bertambah (Japan, 2017).



Gambar 9. Hi-Tech Bicycle Parking (Japan, 2017)

Gambar 9. menunjukkan metode parkir sepeda dengan teknologi Smart Parking yang telah diimplementasikan di Jepang. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah menemukan dan memarkirkan sepeda mereka melalui aplikasi seluler atau terminal khusus. Dengan sistem ini, pengguna dapat menghemat waktu dan mengurangi kerumitan dalam

mencari tempat parkir yang tersedia.

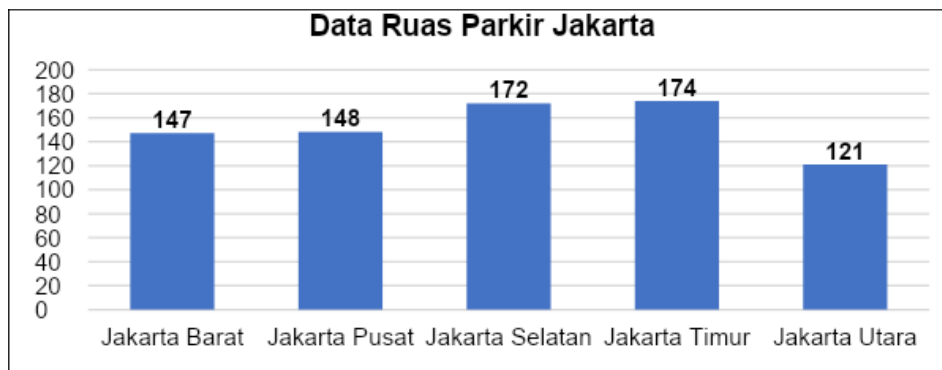


Gambar 10. Automated Parking System (Japan, 2017)

Selain itu, mengingat tingginya jumlah pengguna mobil pribadi di Jepang dan keterbatasan lahan parkir yang semakin mendesak, diperlukan sebuah solusi baru.

B. Hasil Implementasi Parkir Pintar di Jakarta

Menurut data yang dirilis oleh BPS, Jakarta memiliki 762 ruas parkir yang dikelola oleh unit pengelola (UP) perparkiran. Terdiri dari Jakarta Barat 147 titik, Jakarta Pusat 148 titik, Jakarta Selatan 172 titik, Jakarta Timur 174, Jakarta Utara 121 titik (BPS DKI Jakarta, 2023). Perbandingan antar kota Jakarta dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 11. Data Ruas Parkir Provinsi DKI Jakarta

Selain itu, jumlah bangunan yang memiliki IMB pada tahun 2020 adalah 6.798, meningkat menjadi 10.131 pada tahun 2021 (BPS, 2022). Kenaikan jumlah bangunan ini dapat berdampak pada peningkatan permintaan akan fasilitas parkir di sekitar area tersebut. Penerapan solusi parkir konvensional membutuhkan lebih banyak tenaga kerja jika dibandingkan dengan smart parking. Solusi smart parking memberikan kenyamanan bagi pengguna parkir dalam menemukan tempat parkir untuk kendaraan mereka dan memungkinkan reservasi sebelumnya. Ini merupakan keunggulan yang tidak dimiliki oleh sistem parkir konvensional yang mengharuskan pengguna datang langsung dan mencari tempat parkir yang tersedia (Hernikawati, 2021). Selain itu, tingkat keamanan smart parking juga lebih tinggi dibandingkan dengan parkir konvensional. Telah dilakukan penelitian tentang parkir pintar di Jakarta yang menjelaskan penggunaan IoT dalam sistem parkir. Mulai dari pemesanan parkir, tiket tanpa kertas, pembayaran non-tunai, hingga parkir berpemandu

otomatis, semuanya telah dijelaskan. Implementasi sistem ini telah diuji coba di beberapa mal di Jakarta Selatan (Mufaqih et al., 2020b).

Sektor transportasi merupakan yang pertama dalam memperkenalkan IoT kepada masyarakat umum. Ini karena transportasi, sebagai layanan publik yang langsung dirasakan oleh banyak orang, melibatkan mobilitas, sehingga IoT dalam transportasi berhubungan dengan jaringan teknologi nirkabel (Sriratnasari et al., 2019). Untuk menambah optimalisasi penerapan smart parking, pemerintah dapat mengembangkan pengolahan citra atau visi komputer untuk mendeteksi kendaraan. Penggunaan sistem pengolahan citra atau visi komputer untuk mendeteksi kendaraan membutuhkan jumlah sensor yang lebih sedikit, tetapi memerlukan biaya instalasi yang tinggi karena kebutuhan akan jaringan kamera. Namun, setelah terpasang, biasanya mereka memerlukan perawatan yang minim (Channamallu et al., 2023). Dengan menggunakan teknologi seperti Internet of Things (IoT), aplikasi parkir pintar dapat membantu pengguna untuk menemukan tempat parkir yang tersedia secara real-time, mengurangi kemacetan dan waktu yang terbuang akibat mencari tempat parkir. Selain itu, data tentang jumlah ruas parkir yang dikelola oleh UP perparkiran juga dapat diintegrasikan ke dalam sistem smart parking untuk meningkatkan pengelolaan dan efisiensi penggunaan ruang parkir secara keseluruhan. Biaya operasional jangka panjang untuk smart parking cenderung lebih rendah dibandingkan dengan biaya operasional parkir konvensional, membuatnya lebih menguntungkan secara finansial.

C. Indikator Keberhasilan Pada Aspek Ekonomi Sosial

Dalam mengembangkan smart parking, evaluasi menjadi sangat penting, terutama dalam konteks dampaknya pada aspek ekonomi dan sosial. Evaluasi ini akan membantu dalam memahami efektivitas sistem parkir pintar tersebut serta kontribusinya terhadap pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan sosial masyarakat. Tabel 1 menggambarkan indikator keberhasilan pada pengembangan smart parking di Jakarta khususnya pada aspek ekonomi dan sosial serta metode yang dapat dilakukan pada proses evaluasi dukungan *smart parking* terhadap Jakarta *smart city*.

Tabel 1. Indikator Keberhasilan Pengembangan Smart Parking dalam Mendukung Smart City

Aspek	Indikator Keberhasilan	Relevansi	Metode
Ekonomi	Peningkatan PAD	Meningkatkan pendapatan pemerintah daerah untuk pembangunan dan pelayanan publik.	Analisis pertumbuhan Pendapatan Asli Daerah dari sektor parkir, seperti pajak dan retribusi.
	Pengaruh Pendapatan Masyarakat	Meningkatkan daya beli masyarakat dan kontribusi ekonomi secara keseluruhan.	Survei untuk mengukur perubahan dalam pendapatan dan pengeluaran masyarakat setempat terkait penggunaan parkir.
Sosial	Tingkat Kepuasan	Mencerminkan kualitas layanan dan kepuasan pengguna secara keseluruhan.	Survei kepuasan pengguna dan analisis umpan balik dari pelanggan parkir.
	Penyerapan Tenaga Kerja	Menciptakan lapangan kerja dan kesempatan ekonomi bagi masyarakat setempat.	Analisis data jumlah pekerja yang terlibat dalam manajemen dan pengelolaan area parkir.

Dampak ekonomi merupakan salah satu indikator kunci yang dapat digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan pengembangan smart parking di Jakarta. Penerapan ini sudah

diterapkan di Kota Bandung dan Kota Medan. Pada Kota Bandung, target penerimaan retribusi parkir pada tahun 2017 adalah sebesar 140 miliar rupiah, namun hanya tercapai sekitar 5 miliar rupiah, atau sekitar 5% dari target yang ditetapkan (Nurmawan et al., 2019). Sementara itu, di Kota Medan, implementasi parkir elektronik bertujuan untuk meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kota Medan telah tercapai, sebagian karena adanya target setoran minimum yang harus dicapai oleh para penjaga parkir setiap hari (Ivana & Mohammad Ridwan, 2023). Selain itu, pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat mengukur pengaruh pendapatan masyarakat terhadap pengembangan *Smart Parking*. Hal ini bisa dilakukan dengan mengumpulkan survei serta data untuk mengetahui daya beli masyarakat Jakarta. Evaluasi ini akan membantu memahami sejauh mana pengembangan *Smart Parking* telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan daya beli dan kesejahteraan masyarakat setempat. Untuk menilai dampak sosial terhadap masyarakat Provinsi DKI Jakarta, pemerintah perlu memperhatikan aspirasi warga, baik yang bersifat negatif maupun positif. Hal ini penting untuk mengukur sejauh mana tingkat penerimaan dan pemahaman masyarakat terhadap pengembangan *Smart Parking*. Evaluasi ini juga dapat membantu menentukan apakah upaya sosialisasi yang telah dilakukan sudah memadai atau memerlukan langkah-langkah tambahan. Dengan demikian, tindakan ini dapat mencegah potensi penolakan terhadap perkembangan teknologi di kalangan masyarakat. Harapannya bukan hanya mengembangkan pusat pengelolaan pemerintah, tetapi juga memberikan peluang penyerapan tenaga kerja bagi warga sekitar melalui pengembangan smart parking. Hal ini akan mendukung pertumbuhan ekonomi lokal dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan. Hasil dari evaluasi ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang keberhasilan implementasi smart parking di Jakarta serta dampaknya terhadap masyarakat dan ekonomi kota tersebut. Ini akan menjadi dasar untuk penyempurnaan dan pengembangan lebih lanjut dari sistem parkir pintar di masa depan.

1. Analisis Terhadap Hasil Implementasi

Penerapan sistem parkir pintar di berbagai kota telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengatasi tantangan parkir dan meningkatkan efisiensi. Kota-kota seperti Bandung telah berhasil memasang mesin parkir elektronik untuk mengatasi masalah seperti parkir ilegal dan pengelolaan biaya parkir yang tidak efektif. Proses otomatis mengeluarkan tiket parkir dan menerima pembayaran elektronik telah merampingkan pengalaman parkir bagi pengguna. Inisiatif parkir cerdas memiliki potensi untuk meningkatkan mobilitas perkotaan dan mengurangi kemacetan lalu lintas. Dengan memanfaatkan teknologi seperti Transit Oriented Development dan bus listrik, kota dapat meningkatkan sistem transportasi. Sistem pembayaran terintegrasi seperti Jaklingko berkontribusi pada pengalaman parkir yang mulus bagi penghuni dan pengunjung. Namun, tantangan yang terkait dengan literasi digital dan masalah privasi harus diatasi untuk adopsi luas solusi parkir pintar.

Mendidik pengguna tentang fitur aplikasi parkir pintar dapat meningkatkan kegunaan mereka. Memastikan privasi dan keamanan data dalam sistem parkir pintar sangat penting untuk membangun kepercayaan di antara pengguna dan menjaga informasi sensitif. Pemantauan dan evaluasi berkelanjutan dari implementasi parkir pintar sangat penting untuk menilai efektivitasnya dan mengidentifikasi area untuk perbaikan. Melakukan penilaian rutin dapat membantu kota mengoptimalkan operasi parkir dan

meningkatkan kepuasan pengguna. Mekanisme umpan balik harus dibentuk untuk mengumpulkan masukan dari para pemangku kepentingan dan memasukkan saran untuk meningkatkan sistem parkir cerdas.

2. Perbandingan dengan Metode Konvensional

Berikut adalah perbandingan antara sistem parkir pintar dan metode parkir konvensional dari berbagai aspek:

Table 2. Perbandingan Sistem Parkir Pintar dengan Metode Konvensional

Aspek	Sistem Parkir Pintar	Metode Parkir Konvensional
Teknologi	NFC dan ANPR untuk manajemen parkir	Proses manual untuk tiket dan pembayaran
Informasi <i>Real-time</i>	Tersedia melalui aplikasi seluler	Tidak tersedia, bergantung pada tanda fisik
Pembayaran	Melalui aplikasi seluler terintegrasi	Proses manual
Waktu Pencarian	Singkat, dengan panduan real-time	Panjang, dengan pemeriksaan manual
Integrasi Aplikasi	Terintegrasi dengan perbankan dan E-Parking	Tidak terintegrasi
Efisiensi Pengelolaan	Optimalisasi pemanfaatan ruang dengan teknologi NFC	Tidak ada optimasi teknologi
Dampak Lingkungan	Mendukung mobilitas berkelanjutan dengan fitur ramah lingkungan	Mengabaikan dampak lingkungan

7. Diskusi tentang Tantangan yang Dihadapi

A. Tantangan Integrasi Teknologi

Mengintegrasikan teknologi canggih seperti NFC dan ANPR ke dalam infrastruktur yang ada menimbulkan tantangan dalam hal kompatibilitas dan kompleksitas sistem. Memastikan komunikasi yang mulus antara komponen dan sistem yang berbeda sangat penting untuk keberhasilan penerapan solusi parkir pintar.

B. Kelangsungan Keuangan dan Keberlanjutan

Investasi awal dan biaya pemeliharaan berkelanjutan dari sistem parkir pintar dapat menjadi signifikan. Memastikan kelangsungan finansial sistem ini melalui penghasil pendapatan dan operasi hemat biaya adalah tantangan utama. Mengembangkan model bisnis yang berkelanjutan dan mengeksplorasi kemitraan dengan sektor swasta sangat penting untuk kesuksesan jangka panjang.

C. Persaingan dengan Metode Parkir Konvensional

Persaingan dari solusi parkir tradisional yang sudah lebih dikenal dan digunakan oleh masyarakat menjadi tantangan lain. Pengguna yang sudah terbiasa dengan sistem parkir konvensional mungkin enggan untuk beralih ke sistem yang baru. Untuk itu, diperlukan upaya lebih dalam mempromosikan keunggulan dan manfaat dari sistem parkir pintar

dibandingkan metode konvensional.

D. Adopsi Pengguna dan Perubahan Perilaku

Mendorong adopsi pengguna solusi parkir pintar dan mempromosikan perubahan perilaku menuju praktik transportasi yang lebih berkelanjutan menghadirkan tantangan. Mendidik masyarakat tentang manfaat parkir pintar, mengatasi kekhawatiran pengguna tentang privasi data, dan memberi insentif kepada kebiasaan parkir ramah lingkungan sangat penting untuk penerimaan dan pemanfaatan secara luas.

E. Masalah Efisiensi Operasional

Mempertahankan efisiensi operasional dalam sistem parkir pintar memerlukan pelatihan yang memadai untuk staf dan pemantauan kinerja sistem secara berkelanjutan. Tantangan mungkin timbul dalam mengoptimalkan pemanfaatan ruang parkir dan memastikan pengalaman pengguna yang lancar, yang memerlukan strategi manajemen proaktif.

KESIMPULAN

Urbanisasi di Jakarta terus meningkat, menyebabkan pertumbuhan sosial-ekonomi yang signifikan. Namun, masalah kemacetan lalu lintas menjadi dampak negatif serius. Sistem parkir yang tidak efisien, disertai pertumbuhan kendaraan pribadi yang tidak seimbang dengan lahan parkir yang terbatas, menjadi penyebab utama kemacetan. Selain itu, kesulitan mencari tempat parkir juga menyebabkan pemborosan bahan bakar dan pencemaran udara. Untuk mengatasi tantangan ini, penggunaan teknologi seperti Digitalisasi dan Internet of Things (IoT) diusulkan. Pengembangan sistem parkir pintar yang memanfaatkan teknologi Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC), Cloud, dan seluler penting untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir dengan mendeteksi titik terdekat dengan implementasi Sistem Cerdas. Integrasi teknologi ini diharapkan dapat mengurangi kemacetan lalu lintas dan mendukung transformasi menjadi smart city di Jakarta. Implementasi teknologi inovatif ini berpotensi meningkatkan kualitas hidup penduduk perkotaan dan memperkuat infrastruktur kota secara keseluruhan.

Pentingnya implementasi sistem parkir pintar di Jakarta sebagai bagian dari inisiatif kota pintar (smart city). Sistem parkir pintar menawarkan keuntungan signifikan dibandingkan metode parkir konvensional melalui penggunaan teknologi canggih yang memanfaatkan teknologi Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC), Cloud, dan seluler penting untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir dengan mendeteksi titik terdekat dengan implementasi Sistem Cerdas.

Tantangan yang dihadapi dalam implementasi ini meliputi adaptasi teknologi oleh masyarakat, biaya tinggi untuk pemasangan infrastruktur, perubahan kebijakan pemerintah, persaingan dengan metode parkir tradisional, keterbatasan infrastruktur, serta isu keamanan dan privasi data. Solusi yang disarankan mencakup edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat, alokasi anggaran yang memadai, kebijakan pemerintah yang mendukung, promosi keunggulan sistem parkir pintar, peningkatan infrastruktur, serta perlindungan data pengguna dan pengembangan sumber daya manusia yang kompeten.

Secara keseluruhan, Integrasi teknologi ini diharapkan dapat mengurangi kemacetan lalu lintas dan mendukung transformasi menjadi smart city di Jakarta yang menyediakan informasi real-time tentang ketersediaan parkir dan mempermudah proses pembayaran

melalui aplikasi seluler.

SARAN

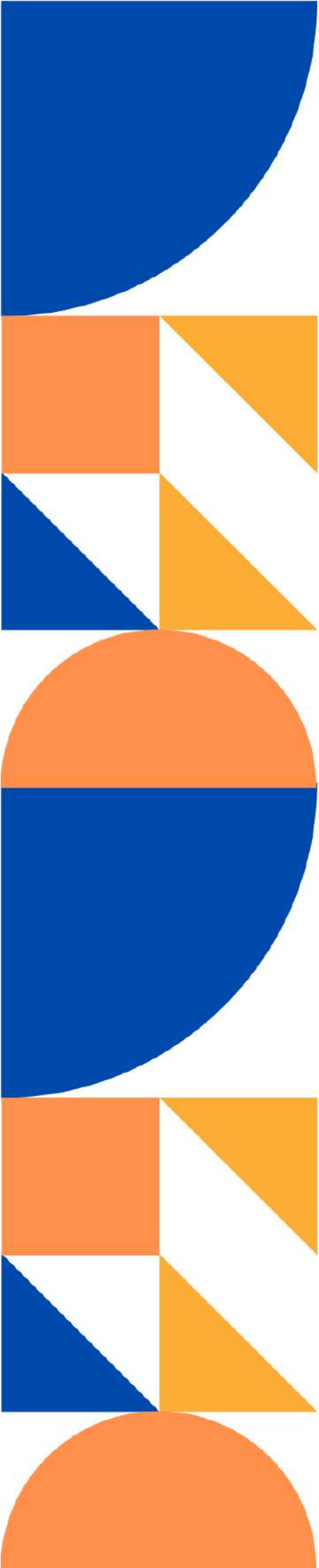
Parkir pintar dapat berjalan selain melakukan regulasi kebijakan parkir program edukasi dan sosialisasi menjadi kunci penting dalam mendorong penerimaan masyarakat terhadap teknologi baru seperti sistem parkir pintar. Melalui kampanye informasi yang menyeluruh, baik melalui media sosial, seminar, maupun lokakarya, diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan penerimaan masyarakat terhadap konsep dan manfaat dari sistem parkir pintar. Selain itu, Investasi berkelanjutan menjadi faktor krusial dalam keberlangsungan infrastruktur parkir pintar. Kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta menjadi kunci dalam memastikan adanya investasi yang berkelanjutan meliputi alokasi dana untuk perangkat keras, perangkat lunak, dan pelatihan tenaga kerja agar infrastruktur parkir pintar dapat terus beroperasi dan berkembang seiring waktu.

Pengembangan sumber daya manusia menjadi aspek penting dalam memastikan keberhasilan implementasi sistem parkir pintar. Pelatihan dan pengembangan sumber daya manusia yang kompeten dalam bidang teknologi informasi dan manajemen parkir diperlukan untuk memastikan bahwa sistem parkir pintar dikelola dengan baik dan memberikan layanan optimal kepada pengguna. Selain itu, peningkatan infrastruktur yang ada juga menjadi prioritas dalam mengoptimalkan operasional sistem parkir pintar. Hal ini mencakup peningkatan jaringan internet yang stabil dan pemasangan sensor parkir yang memadai. Dengan demikian, melalui pendidikan dan sosialisasi yang komprehensif, investasi berkelanjutan, pengembangan sumber daya manusia, dan peningkatan infrastruktur, diharapkan implementasi sistem parkir pintar dapat berjalan lancar dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat serta mendukung kemajuan menuju Smart City yang lebih berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Alasadi, A., Talib Aziz, M., Dhiya, M., & Abdulmajed, A. (n.d.). *A Network Analysis for Finding the Shortest Path in Hospital Information System with GIS and GPS*. <https://doi.org/10.23977/jnca.2020.050103>
- Aptika. (2015). *Dari Internet Of Thing Menuju Smart City dan Smart People*. Aptika Kominfo. <https://aptika.kominfo.go.id/2015/12/dari-internet-of-thing-menuju-smart-city-dan-smart-people/>
- Arbi, I. (2022). *Menengok Inovasi Perparkiran di Kementerian PUPR, Mobil-mobil Disusun bak Menara dengan Bantuan Mesin*. Kompas.Com.
- Arrohman, Z. D., Andriani, W., & Gunawan. (2023). Analisis Penerapan Smart Living Dalam Pembangunan Smart City Di Kota Tegal. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 4(2), 347–356.
- Ashari, M. (2023). *Menilik Inovasi Smart Parking di Kementerian PUPR*. Kninght Frank. <https://kfmap.asia/blog/menilik-inovasi-i-smart-parking-i-di-kementerian-pupr/2503>
- Benevolo, C., Dameri, R. P., & D'Auria, B. (2016). *Smart Mobility in Smart City BT - Empowering Organizations* (T. Torre, A. M. Braccini, & R. Spinelli, Eds.; pp. 13–28). Springer International Publishing.
- BPS. (2022). *Jumlah IMB, Bangunan dan Luas Bangunan DKI Jakarta*.
- BPS DKI Jakarta. (2022). Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (unit) di Provinsi DKI Jakarta. In *BPS DKI Jakarta*.
- BPS DKI Jakarta. (2023). *Filed Data Data Ruas Parkir di Provinsi DKI Jakarta yang Dikelola Oleh Unit Pengelola (UP) Perparkiran*.
- Channamallu, S. S., Kermanshachi, S., Rosenberger, J. M., & Pamidimukkala, A. (2023). A review of smart parking systems. *Transportation Research Procedia*, 73(November), 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.920>
- Hartawan, M. S., Putra, A. S., & Muktiono, A. (n.d.). Smart City Concept for Integrated Citizen Information Smart Card or ICISC in DKI Jakarta. In *International Journal Of Science*. <http://ijstm.inarah.co.id>
- Hasibuan, A., & Sulaiman, O. K. (2019). Smart Cit, Konsep Kota Cerdas Sebagai Alternatif Penyelesaian Masalah Perkotaan Kabupaten/Kota, di Kota-Kota Besar Provinsi Sumatera Utara. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 127–135.
- Hernikawati, D. (2021). Perbandingan Solusi Parkir Konvensional dengan Smart Parking. *Majalah Semi Ilmiah Populer Komunikasi Massa*, 2(2), 118–130.
- Ispranoto, T. (2018). Lima Bulan Beroperasi Mesin Parkir Bandung Hasilkan Rp 1,4 M. Detik News. <https://news.detik.com/berita-jawa-barat/d-3985935/lima-bulan-beroperasi-mesin-parkir-bandung-hasilkan-rp-1-4-m>
- Ivana, I. R., & Mohammad Ridwan. (2023). Efektivitas Penggunaan Sistem Parkir Elektronik (E-Parking) Dalam Mewujudkan Smart City di Kota Medan. *Jurnal Administrasi Publik*, 19(2), 276–297. <https://doi.org/10.52316/jap.v19i2.184>
- Japan, W. (2017). *HIDDEN LIKE SECRET BASES – AUTOMATED MULTISTORY PARKING FACILITIES*. Web Japan : Trends in Japan.
- Kaledi, S., Herwangi, Y., & Dewanti. (2019). Strategi Pengembangan Smart Mobility Berbasis Transportasi Publik Di Kota Yogyakarta. *REGION: Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 14, 113–123.
- Makariye Neha. (n.d.). 06. *Towards Shortest Path Computation using*.
- Mufaqih, M. S., Kaburuan, E. R., & Wang, G. (2020a). Applying smart parking system with internet of things (IoT) design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012095>
- Mufaqih, M. S., Kaburuan, E. R., & Wang, G. (2020b). Applying smart parking system with internet of things (IoT) design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012095>
- Nurani, K. (2017). Mesin parkir elektronik sebagai wujud dari smart city di kota bandung. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik*, 7(2), 63–80.
- Nurmawan, A. R., Saadah, K., & Suwondo, S. (2019). Analisis Efektivitas Program Terminal

- Parkir Elektronik Sebagai Perwujudan Smart City Kota Bandung. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 1274–1284.
- Ramadhan, B., & Prihammanda, B. (n.d.). *Dishub: Jalanan di Jakarta Bakal Jadi Tempat Parkir Jika Kemacetan tak Diatasi*.
- Rifai, A. I., Wibowo, T., Isradi, M., & Mufhidin, A. (2020). *Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) On-Street Parking and Its Impact on Road Performance: Case Comersil Area in Jakarta City*. <http://world.journal.or.id/index.php/wjce>
- Salleh, M., Fahmy-Abdullah, M., Sufahani, S., & Ali, M. (2022). *Smart Cities with Smart Environment* (pp. 273–283). https://doi.org/10.1007/978-981-16-7597-3_22
- Saputra, D. A. D., Kismartini, K., Dwimawanti, I. H., & Afrizal, T. (2022). Mewujudkan Semarang Hebat melalui Smart City (Studi Kasus pada Dimensi Smart Economy Kota Semarang). *Perspektif*, 11(3), 1043–1049. <https://doi.org/10.31289/perspektif.v11i3.6273>
- Simorangkir, E. (2023). *Smart Environment: Cara Cerdas Mengelola Lingkungan Jakarta*. Jakarta Smart City. <https://smartcity.jakarta.go.id/id/blog/smart-environment-cara-cerdas-mengelola-lingkungan-jakarta/>
- Sofa, A. (2023). *Smart Mobility: Bagaimana Jakarta Menerapkan Smart Mobility?* Jakarta Smart City: Smart Mobility. <https://smartcity.jakarta.go.id/id/blog/bagaimana-jakarta-menerapkan-smart-mobility/>
- Sofa, A., Batubara, R., & Gagat, A. (2022). *Membedah Smart Economy dan Manfaatnya Buat Jakarta*. Jakarta Smart City: Smart Economy. <https://smartcity.jakarta.go.id/id/blog/membedah-smart-economy-dan-manfaatnya-buat-jakarta/>
- Sofa, A., Batubara, R., & Gagat, A. (2023). *Kenali Smart City, Definisi dan Pengertiannya*. Smart City: Jakarta Smart City. <https://smartcity.jakarta.go.id/id/blog/mengenal-konsep-pengertian-smart-city/>
- Sriratnasari, S., Wang, G., Kaburuan, E., & Jayadi, R. (2019). *Integrated Smart Transportation using IoT at DKI Jakarta*. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2019.8843747>
- Suherman, D. (2020). Evaluasi Dampak Kebijakan Mesin Parkir Elektronik di Kota Bandung Evaluation Of Electronic Parking Machine Impact Policy In Bandung City Diki Suherman. *POLITICON: Jurnal Ilmu Politik*, 2(1), 75–86.
- Wayahdi, M. R., Ginting, S. H. N., & Syahputra, D. (2021). Greedy, A-Star, and Dijkstra's Algorithms in Finding Shortest Path. *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, 2(1), 45–52. <https://doi.org/10.25008/ijadis.v2i1.1206>



PENERAPAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM SISTEM PANDUAN PERJALANAN WARGA *SUBURBAN* MENUJU JAKARTA

**M. Isnin Faried^{1*}, Elliana Gautama², Agnes
Novita I.S.³**

^{1,2,3} IKPIA Perbanas Jakarta

e-mail: isninfaried@perbanas.id

PENDAHULUAN

Faktor kemacetan khususnya pada jam sibuk di Jakarta menjadi masalah yang belum terpecahkan saat ini. Kondisi transportasi umum sudah lebih baik dan nyaman namun belum mampu menggerakkan warga untuk beralih menggunakan fasilitas ini. Harapan pemerintah agar warga beralih ke transportasi umum dapat mengurangi kemacetan tentu saja belum tercapai dan masalah kemacetan tetap ada. Dampak lain dari kemacetan adalah polusi gas buang (CO₂) akut yang dihasilkan oleh kendaraan dan berdampak pada pemborosan dari segi bahan bakar maupun biaya operasional. Fakta tersebut dirangkum dari tulisan yang dipublikasikan oleh Kementerian Perhubungan Republik Indonesia melalui laman resminya (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia [Internet], 2022). Kemampuan bidang ilmu *Artificial Intelligence* (AI) atau Kecerdasan Buatan sudah memungkinkan melakukan olah data skala kompleks (Big Data) secara cepat dengan hasil mendekati sempurna (Boddington, n.d.). Kesempurnaan dapat dicapai jika data yang diolah dalam keadaan bersih dan selalu mutakhir serta didukung perangkat keras yang memiliki kemampuan pengolahan data tingkat tinggi (*High Performance Data Analytics/HPDA*). Hal ini sesuai dengan sebuah artikel *online* dari laman yang dimiliki run:ai (Run:ai, 2023).

Aplikasi yang sudah diimplementasikan di seputar Jakarta yang memiliki kemiripan ide penelitian yaitu Moovit. Aplikasi ini memberikan fitur pilihan rute terbaik, rute terdekat, estimasi waktu tempuh perjalanan serta tarif kendaraan. Secara prinsip aplikasi ini memberikan informasi memanfaatkan transportasi umum dalam melakukan perjalanan agar memperoleh panduan perjalanan beserta biaya yang dibutuhkan untuk setiap jenis transportasi. Berdasarkan pengalaman beberapa sumber aplikasi ini memiliki kelemahan yaitu belum mencakup seluruh transportasi umum yang ada. Rangkuman ini dirangkum berdasarkan sumber tulisan *online* yaitu oto-detik (Adli, 2023) dan medcom.id (Diana, 2022).

Pemerintah Provinsi Jakarta sudah mencoba menerapkan AI yang diimplementasikan pada 20 persimpangan dalam usaha mengelola kemacetan. Penerapan ini diterapkan oleh perwakilan yang ditunjuk yaitu Jakarta Transportation Service. Target peralatan ini adalah penentuan rasio antara kapasitas jalan dengan kepadatan lalu lintas (menggunakan analisa visual menggunakan kamera) sehingga dapat melakukan identifikasi jalur mana yang lebih padat kendaraannya dengan demikian prioritas lampu hijau menyala lebih lama dapat direkayasa. Secara umum penerapan AI ini memiliki dampak efektifitas dalam mengurangi kemacetan akan tetapi faktor banyaknya jumlah kendaraan dibanding kapasitas jalan tidak berdampak pada pengurangan kemacetan di Jakarta. Penjelasan ini hasil rangkuman dari dua sumber yang dilusikan di laman *online* antaranews.com (Nurhaliza & S, 2023) dan kompas.id (Arandito, 2023).

Tulisan ini merupakan penuangan ide dari peneliti sebagai usaha memberikan kontribusi alternatif penyelesaian masalah di atas melalui topik implementasi AI dalam penentuan perjalanan warga daerah penyanggah saat berangkat atau kembali beraktifitas di Jakarta khususnya pada jam sibuk. Tulisan *Bunga Rampai* ini luaran hasil karya peneliti tahap awal dari rangkaian penelitian yang akan dilakukan dalam waktu 2 sampai 3 tahun hingga diperoleh hasil aplikasi yang final. Luaran tahap awal yang dituliskan di sini dalam bentuk model yang terdiri dari model arsitektur dan model sinkronisasi antar metode mesin pembelajaran (*Machine Learning*).

Ide ini akan dikembangkan menjadi aplikasi berbasis *mobile* dimana pengguna dapat melakukan rencana perjalanan menuju Jakarta dan kembali dari Jakarta saat jam sibuk (macet). Sebelum ide ini menjadi aplikasi yang siap digunakan perlu dilakukan tahapan pengembangan mulai penyusunan gagasan menjadi model dilanjutkan dengan mengembangkan model menjadi aplikasi melalui rangkaian penulisan kode program, uji data dan uji aplikasi yang memiliki tingkat kecepatan proses dengan akurasi hasil olah data maksimal. Aplikasi ini memiliki kemampuan melakukan penelusuran rute perjalanan yang akan dijadikan pilihan atau panduan pengguna dengan hasil perhitungan jarak terpendek dan atau waktu tempuh paling singkat ditambah dengan perkiraan biaya perjalanan serta pilihan jenis transportasi apa saja yang digunakan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah ide murni dari peneliti yang dibuat dalam bentuk model. Model dikembangkan dengan pertimbangan kondisi sehari-hari untuk daerah penyanggah dan situasi rute perjalanan menuju Jakarta dan sebaliknya dengan variabel ukur waktu perjalanan, kondisi jalan dengan data yang selalu *updated* dan sarana transportasi normal dengan adanya dukungan infrastruktur teknologi informasi yang *reliable* dan *sustainable*. Yang dimaksud dengan kondisi jalan memiliki arti kondisi dimana terdapat kemungkinan jalan yang akan ditempuh terdapat pekerjaan perbaikan atau mengalami rekayasa lalu lintas selain kondisi normal. Sedangkan transportasi normal di atas memiliki arti tidak terdapat perubahan biaya, tidak mengalami gangguan perjalanan atau jumlah yang beroperasi tidak mengalami perubahan. Selain menggunakan variabel di atas model ini juga memanfaatkan teknologi yang sudah diimplementasikan yaitu pemantauan kondisi lalu lintas di beberapa lampu merah persimpangan di Jakarta. Data hasil olahan tersebut disinergikan ke dalam data sudah direncanakan dalam model.

Kemampuan aplikasi ini cukup lengkap karena mencakup fungsi pencarian rute optimal diintegrasikan dengan pilihan jenis moda transportasi untuk perhitungan biaya perjalanan sehingga dapat dijadikan usulan perbaikan dari aplikasi yang sudah ada karena berdasarkan analisis peneliti beberapa penerapan AI untuk implementasi transportasi umumnya masih belum otomatis terintegrasi sesuai variabel di atas. Hal inilah yang membedakan ide penulis dengan penelitian atau penerapan tentang implementasi AI yang sudah ada. Muatan terapan teknologi dalam penelitian ini termasuk juga penerapan algoritma tertentu yang disesuaikan dengan tujuan pencarian rute perjalanan optimal.

PEMBAHASAN

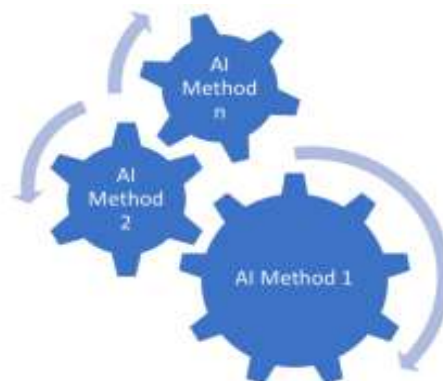
Model sistem yang akan dikembangkan untuk panduan perjalanan warga *suburban* dibuat dengan memanfaatkan data acuan sumber, rekaman transaksi harian, dan data *real-time* ditambah dengan data sumber lain (pantauan kamera jalan raya atau perkiraan cuaca) dan diolah menggunakan algoritma tertentu yang secara spesifik disiapkan dalam konsep *Artificial Intelligence*. Secara spesifik model sistem yang dikembangkan dibuat dalam bentuk model arsitektur aplikasi yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Model Arsitektur Proses Pencarian Rute Optimal Aplikasi

Berdasarkan gambar di atas aplikasi diawali dengan pengguna memberikan masukan data rencana perjalanan yang digambarkan sebagai bagan “Kondisi Awal Pengguna”. Selanjutnya masukan tersebut akan diproses oleh blok “Pemrosesan Menggunakan Konsep AI (proses)” guna dilakukan perhitungan dan olah data dengan target hasil rute perjalanan optimal. Berdasarkan gambar tersebut terlihat blok proses membutuhkan simpanan data menjadi sumber olahan. Proses tersebut melakukan komputasi untuk analisis data kondisi saat itu (*real time*). Selain itu proses tersebut disiapkan juga untuk menghasilkan simpanan data pola perilaku perjalanan dalam kondisi tertentu (data rekaman). Akhirnya hasil olahan data ini dibagi menjadi dua bagian yaitu data *real-time* dan data rekaman. Data tersebut akan ditambah dengan hasil olahan proses eksternal dari alat pemantauan berbasis AI yang sudah diimplementasikan pemerintah Jakarta. Saat pemrosesan memperoleh target rute perjalanan optimal maka aplikasi akan menghasilkan informasi berupa “Panduan Perjalanan” yang sesuai dengan pengguna yaitu memiliki waktu tempuh dan biaya perjalanan minimal.

Inti dari penelitian ini yaitu pemanfaatan konsep AI terletak pada blok “Pemrosesan” dimana di dalam blok ini akan diimplementasikan beberapa algoritma yang memiliki keterkaitan satu sama lain atau konvergensi. Model konvergensi beberapa algoritma (dalam gambar disebut sebagai *Methods*) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Model Konvergensi *Artificial Intelligence Methods*.

Yang dimaksud dengan konvergensi di atas adalah masing-masing algoritma (*method*) akan melakukan proses sesuai kebutuhan penugasan misalnya hitung biaya atau hitung jarak terpendek sehingga satu sama lain dimungkinkan memberikan hasil untuk diproses oleh

metode lain atau digunakan sebagai data atau informasi pendukung untuk luaran aplikasi.

Konsep dan Teori Dasar.

Pada bagian ini akan menjelaskan beberapa istilah dan konsep teknologi yang digunakan dalam penelitian.

Artificial Intelligence (AI)

Elaine Rich dalam buku "Introduction to Artificial Intelligence" memberikan definisi *Artificial Intelligence* (AI) adalah studi tentang bagaimana sebuah komputer dapat melakukan hal-hal yang dapat memudahkan pekerjaan orang (individu). Definisi lain yang digunakan dalam buku yang ditulis (Voulgaris & Bulut, 2018), dinyatakan bahwa AI terdiri dari serangkaian algoritma yang memanfaatkan informasi (hasil olahan data) yang digunakan untuk pengambilan keputusan dan menyelesaikan tugas atau proses tertentu. Berdasarkan dua definisi tersebut maka disimpulkan bahwa *Artificial Intelligence* adalah bidang ilmu tentang komputasi dari serangkaian algoritma dalam mengolah data menjadi informasi yang dapat memudahkan pekerjaan atau digunakan sebagai alat bantu pengambilan Keputusan (Russell & Norvig, 2016).

Machine Learning

Selain definisi di atas Elaine Rich menjelaskan, bahwa *Machine Learning* adalah sub bidang (utama) dari AI. Definisi awal tentang *Machine Learning* (ML) dibuat oleh Arthur Samuel pada tahun 1959 sebagaimana dikutip oleh (Primartha, 2018) dalam bukunya. Definisi tersebut adalah "*ML is a field of computer science that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed*" jika dialih bahasakan menjadi "ML adalah bidang ilmu komputer yang memberi kemampuan sebuah komputer untuk belajar tanpa diprogram secara eksplisit". Definisi lain yang dibuat oleh Perusahaan IBM yang dikutip dalam buku yang ditulis oleh (Purnama, 2019) adalah "*Machine Learning is a form of AI that enables a system to learn from data rather than through explicit programming*". Dari dua definisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa *Machine Learning* adalah implementasi (sub bidang) AI yang memberikan kemampuan sistem atau komputer melakukan pembelajaran (analisis) sumber data tanpa program eksplisit.

Beberapa algoritma *Machine Learning* yang dapat digunakan untuk melakukan optimasi rute sebagai berikut:

1. Algoritma Reinforcement Learning (RL).

Algoritma RL termasuk dalam pembelajaran supervisi berupa metodologi yang digunakan untuk melakukan prediksi berdasarkan sumber data (Ertel, 2017). Salah satu Algoritma yang termasuk dalam RL adalah Q-Learning (Amine, 2020). Berdasarkan laporan penelitian oleh (Dikshit et al., 2023) menjelaskan bahwa algoritma Q Learning dapat digunakan sebagai salah satu metode yang ditujukan untuk membuat panduan pemilihan kendaraan dengan rute terpendek.

Algoritma RL ini dapat dimanfaatkan dalam pengendalian lampu lalu lintas dengan melakukan pembelajaran optimalisasi arus lalu lintas secara *real-time*. Dengan menerapkan prinsip kerja menganalisa kondisi jalan raya (berdasarkan analisis cctv) kemudian diolah untuk melihat kondisi kemacetan yang ada dan memberikan sistem

adaptif yaitu membuat keputusan pengaturan lampu lalu lintas dari segi waktu aktif merah dan hijau (Ripla, 2024).

2. Algoritma Genetika (GA) dan Algoritma Koloni Semut (ACO)

Dua algoritma ini bagian dari *Evolutionary Computing* (EC) dengan proses kerja menggunakan pendekatan probabilistik guna memperoleh hasil optimal (Negnevitsky, 2005). Secara prinsip kinerjanya meniru proses Biologi. Dalam penelitian ini algoritma ini akan digunakan untuk menemukan rute optimal dengan beberapa variabel kepadatan lalu lintas, kondisi jalan, dan waktu. Algoritma ACO ini bagian dari algoritma Heuristic karena pengembangan dari algoritma ini dikenal dengan Improved Heuristic Mechanism ACO (IHMACO) yaitu algoritma yang salah satu pengembangannya dari mekanisme heuristic dengan target penilaian terarah (Eiben & Smith, 2015).

Data Real-Time dan Data Rekaman (*Data History*)

Setelah mengenal beberapa konsep teknologi *Artificial Intelligence* dan algoritma (*method*) untuk implementasi model maka data sumber olahan atau proses dikategorikan menjadi 2 jenis. Data *real-time* adalah data yang tersedia sebagai sumber olahan yang tersedia tanpa adanya penundaan waktu dan atau data termutakhirkan (*updated*). Sedangkan Data Rekaman atau *Data History* adalah data hasil olahan suatu waktu (sudah lewat) serta memiliki karakteristik (pola perjalanan) tertentu yang dipengaruhi kondisi saat data diolah. Kondisi yang dimaksud meliputi waktu proses, keadaan tidak normal (untuk jalan terdapat rekayasa lalu lintas, perbaikan jalan, banjir dan lain sebagainya). Rincian (contoh) Data yang akan diolah disajikan dalam tabel 1 di bawah dengan klasifikasi 2 jenis data.

Tabel 1. Data Sumber Olahan

DATA Real-Time	DATA Rekaman (<i>Data History</i>)
Data Cuaca	Data Perjalanan terdampak Cuaca
Data Biaya Transportasi	Data Perjalanan terdampak Perubahan Rute
Data Data Waktu Tempuh Perjalanan	Data Perjalanan terdampak Perbaikan Jalan
	Data Perjalanan terdampak Banjir
Data Hari	Data yang mencatat titik kemacetan untuk kondisi di atas (<i>kondisi terdampak</i>)

Selain data tersebut proses yang dijalankan memanfaatkan data eksternal yaitu data hasil olahan AI yang diimplementasikan pada lampu lalu lintas di beberapa persimpangan di Jakarta.

Ilustrasi Implementasi.

Setelah membahas konsep teknologi dan data maka pada bagian ini akan dijelaskan implementasikan hasil penelitian yang berupa aplikasi. Selama melakukan analisis dan rancangan, penulis sudah mempertimbangkan beberapa kondisi yang mungkin dialami pengguna aplikasi berhubungan dengan keadaan *real* saat melakukan perencanaan perjalanan. Kondisi ini digolongkan menjadi 3 yaitu kondisi normal, kondisi dengan gangguan

cuaca, dan gangguan kondisi perjalanan yang akan ditempuh. Penjelasan rinci dari implementasi beserta beberapa kondisi tersebut dijelaskan sebagai berikut.

Kondisi 1 (Normal)

Yang dimaksud dengan normal adalah kondisi cuaca dan rute perjalanan tidak ada perubahan. Proses yang dilakukan untuk kondisi ini diawali pengguna merencanakan perjalanan dengan menentukan jam berangkat. Aplikasi akan melakukan proses perhitungan dan pencarian rute optimal. Proses ini akan berjalan baik karena tidak terdapat kondisi yang menjadi perhatian khusus (normal).

Kondisi 2 (Gangguan Cuaca | Hujan atau Banjir)

Yang dimaksud dengan kondisi ini jika cuaca dalam kondisi hujan dan rute perjalanan tidak terdapat perubahan. Proses yang dilakukan untuk kondisi ini diawali pengguna merencanakan perjalanan dengan menentukan jam berangkat. Aplikasi akan melakukan proses perhitungan dan pencarian rute optimal. Proses memerlukan waktu komputasi lebih dibandingkan kondisi normal karena terdapat kondisi yang menjadi perhatian khusus. Proses ini akan melakukan pemeriksaan data rekaman (histori) perihal Data Perjalanan terdampak Cuaca atau Banjir dan Data Titik Kemacetan yang ditimbulkan adanya Cuaca (hujan | banjir). Dengan algoritma yang telah dipilih maka konsep ML sangat berperan melakukan komputasi agar diperoleh hasil optimal.

Kondisi 3 (Gangguan Perubahan Rute atau Perbaikan Jalan)

Yang dimaksud dengan kondisi ini cuaca normal dan terdapat rekayasa lalu lintas atau perbaikan jalan yang merubah rute perjalanan. Proses yang dilakukan untuk kondisi ini diawali pengguna merencanakan perjalanan dengan menentukan jam berangkat. Aplikasi akan melakukan proses perhitungan dan pencarian rute optimal. Proses memerlukan waktu komputasi lebih dibandingkan kondisi normal karena terdapat kondisi yang menjadi perhatian khusus. Proses ini akan melakukan pemeriksaan data rekaman (histori) perihal Data Perjalanan terdampak Perubahan Rute atau Perbaikan Jalan dan Data Titik Kemacetan yang ditimbulkan. Dengan algoritma yang telah dipilih maka konsep ML sangat berperan melakukan komputasi agar diperoleh hasil optimal.

Potensi Masalah Implementasi.

Penulis memiliki prediksi potensi pengurangan performa aplikasi jika beberapa kondisi di bawah tidak dapat dipenuhi.

Kondisi Infrastruktur Teknologi.

Infrastruktur Teknologi memiliki peranan penting untuk implementasi aplikasi ini. Kebutuhan utama adalah digunakannya mesin komputasi yang memiliki kemampuan olah big data yang bersumber dari *multichannel*, *multiplatform* dan lintas organisasi. Selain mesin komputasi rancangan *enterprise architecture* (EA) sangat berperan juga bahkan EA ini harus dimiliki dan dianalisa kelayakannya paling awal sebelum melakukan integrasi mesin, data dan kanal sistem.

Keterlambatan Pemutakhiran Data.

Sesuai dengan rancangan yang dibuat di sini data yang valid juga memiliki peranan penting dalam implementasi. Meminjam istilah yang umum digunakan dalam dunia olah data yaitu “*Garbage In Garbage Out*” maka dampak langsung yang akan dirasakan pengguna jika terdapat data sumber yang tidak valid karena terlambat dilakukan pemutakhiran dan atau tidak dilakukan pemeliharaan data maka akurasi hasil tidak diperoleh. Luaran yang ditampilkan sangat mungkin tidak sesuai dengan harapan pengguna dan risiko keterlambatan atau besarnya biaya akan dirasakan pengguna.

Potensi Tren Masa Depan.

Gagasan menggunakan aplikasi ini masih memerlukan beberapa tahapan validasi khususnya uji coba algoritma dengan sumber data serta kondisi pendukung seperti cuaca dan kondisi lainnya. Saat ini penulis masih menggunakan pendekatan pengembangan komponen secara parsial artinya kodifikasi program khususnya AI masih terpisah dengan perangkat komputasi.

Kebutuhan proses yang cepat didukung performa kinerja perangkat yang baik memunculkan inovasi baru yaitu teknologi modular dimana beberapa modul sudah menjadi teknologi sistem tanam (*embedded system*). Artinya modul tertentu dengan fungsi spesifik dan didalamnya sudah tertanam sistem cerdas (AI) dengan fungsi yang sesuai. Dengan analogi mainan anak “Lego” maka tren ke depan para peneliti dan pengembang teknologi informasi dimudahkan dengan konsep membangun sebuah ide hanya dengan merangkai beberapa modul siap pakai sesuai keinginan. Selain teknologi modular akan muncul tren teknologi komunikasi data yang lebih cepat dan tidak terkendala letak geografis dataran, pegunungan dan laut.

Munculnya tren teknologi informasi di atas tentu saja sejalan dengan tren kebutuhan pengguna dimana saat yang akan datang diperlukan perangkat yang ringan (secara fisik) dan ramping sehingga memudahkan mobilitas atau operasional perangkat. Perangkat ini mungkin saja ditambahkan menjadi bagian lain perangkat atau merupakan perangkat mandiri dengan fitur lainnya sejenis misalkan pendamping pengguna melakukan perjalanan. Perangkat yang dimaksud sejenis *wearable devices* dengan fitur panduan perjalanan dan penerjemah multi bahasa.

KESIMPULAN

Faktor kemacetan khususnya pada jam sibuk di Jakarta menjadi masalah yang belum terpecahkan saat ini. Kondisi transportasi umum sudah lebih baik dan nyaman namun belum mampu menggerakkan warga untuk beralih menggunakan fasilitas ini. Harapan pemerintah agar warga beralih ke transportasi umum dapat mengurangi kemacetan tentu saja belum tercapai dan masalah kemacetan tetap ada. Artificial Intelligence (kecerdasan buatan) dapat dimanfaatkan untuk menggali data dalam mempelajari pola perilaku sebuah objek dalam hal ini kepadatan lalu lintas berdasarkan hari kerja dan pergerakan warga menggunakan transportasi umum. Studi yang dituangkan menjadi tulisan ini dibuat dengan tujuan agar dapat digunakan sebagai panduan perjalanan warga yang tinggal di kawasan suburban. Panduan yang dihasilkan fokus pada faktor optimasi perjalanan dengan variabel hitung efisiensi biaya dan waktu. Dasar perhitungan yang digunakan meliputi pola data perjalanan

hari kerja, kondisi cuaca dan pemutakhiran data sepanjang rute perjalanan. Data perjalanan warga pada hari kerja menjadi sumber utama proses olahan yang dilakukan bidang kecerdasan buatan. Proses awal dilakukan dengan melihat pola pergerakan perjalanan warga dengan menggunakan algoritma pengenalan pola. Dari hasil ini akan diperoleh data pengetahuan yang dijadikan rujukan dalam mengolah data selanjutnya yaitu komputasi optimasi yang diterapkan pada referensi perjalanan secara real-time. Berdasarkan beberapa referensi perjalanan hasil komputasi sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan olah data menggunakan algoritma heuristik untuk menghindari hasil temuan berulang, sehingga didapatkan rekomendasi akhir yang terbaik secara real-time. Proses perhitungan menggunakan kecerdasan buatan tidak dapat berjalan maksimal jika tidak ada dukungan penuh dari pihak pemilik data untuk melakukan pemeliharaan dan pemutakhiran Big Data. Resiko yang muncul berdampak pada akurasi hasil yang tidak optimal. Hal ini menjadi tugas bersama antara pihak pengembang aplikasi, pembuat kebijakan dan otoritas transportasi agar hasil studi ini dapat digunakan warga untuk memperoleh manfaat perjalanan yang optimal dan mendorong usaha migrasi menggunakan transportasi umum sehingga masalah kemacetan dapat dikurangi secara signifikan.

Proses perhitungan menggunakan kecerdasan buatan tidak dapat berjalan maksimal jika tidak ada dukungan penuh dari pihak pemilik data untuk melakukan pemeliharaan dan pemutakhiran (Big) Data. Risiko yang muncul berdampak pada akurasi hasil yang tidak optimal. Hal ini menjadi tugas bersama antara pihak pengembang aplikasi, pembuat kebijakan dan otoritas transportasi agar hasil studi ini dapat digunakan warga untuk memperoleh manfaat perjalanan yang optimal dan mendorong usaha migrasi menggunakan transportasi umum sehingga masalah kemacetan dapat dikurangi secara signifikan.

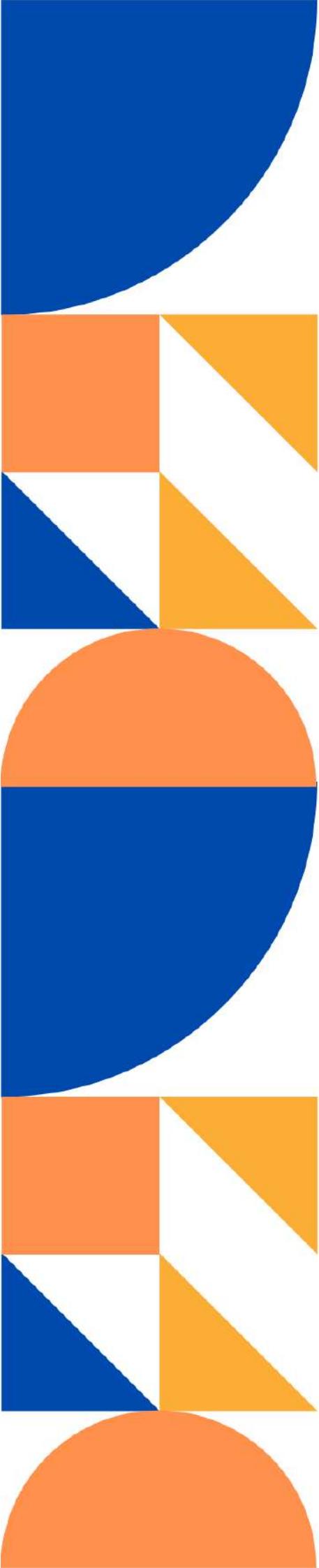
Model yang dirancang disini sudah disiapkan untuk segala kemungkinan namun agar hasil (aplikasi) diperoleh lebih optimal dan valid diperlukan tahapan lanjutan yaitu mengembangkan aplikasi dengan menerapkan rangkaian penulisan kode program, uji data dan uji aplikasi kepada sampel beberapa pengguna hingga siap diluncurkan.

SARAN

Guna menjaga reliabilitas aplikasi karena bersifat *real time* ada beberapa kesiapan non teknis yang harus dilakukan. Kesiapan non teknis yang dimaksud sebagai berikut: 1. Pemerintah provinsi Jakarta membuat perjanjian kerjasama dan kesepakatan dengan pihak terkait baik tingkat provinsi, tingkat wilayah penyanggah dan atau dinas terkait sumber data. 2. Isi kesepakatan dalam perjanjian tentang kestabilan sistem komputasi dan jaringan agar diperoleh *sustainable processing*. Kondisi ini dimaksud jika dalam implementasi dibutuhkan akses infrastruktur antar wilayah (tidak tersentralisasi di sebuah institusi atau kantor dinas) 3. Isi kesepakatan dalam perjanjian tentang pemutakhiran data secara terus menerus (*continuity*) baik untuk kondisi normal maupun kondisi jika ada pekerjaan tertentu misalkan perbaikan, penutupan dan pengalihan jalan, perubahan kebijakan dan lain sebagainya. 4. Memastikan Infrastruktur Teknologi yang digunakan memiliki legalitas akses dengan pihak ketiga antara lain Google untuk prediksi cuaca, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, R. (2023, June 3). *Aplikasi Wajib Pengguna Transportasi Umum, Bisa Pantau Bus dan Kereta secara Real Time*. <https://oto.detik.com/berita/d-6752692/2-aplikasi-wajib-pengguna-transportasi-umum-bisa-pantau-bus-dan-kereta-secara-real-time>
- Amine, A. (2020). *Q-Learning Algorithm: From Explanation to Implementation*. <https://towardsdatascience.com/q-learning-algorithm-from-explanation-to-implementation cdbeda2ea187>
- Aranditio, S. (2023). *Why is Jakarta still jammed even though it has used AI technology*.
- Boddington, P. (n.d.). *Towards a Code of Ethics for Artificial Intelligence*. Diana, L. (2022). *Ini 3 Aplikasi yang Bantu Kamu Naik Transportasi Umum untuk Keliling Jakarta*. [https://osc.medcom.id/community/ini-3-aplikasi-yang-bantu-kamu-naik-transportasi umum-untuk-keliling-jakarta-4282](https://osc.medcom.id/community/ini-3-aplikasi-yang-bantu-kamu-naik-transportasi-umum-untuk-keliling-jakarta-4282)
- Dikshit, S., Atiq, A., Shahid, M., Dwivedi, V., & Thusu, A. (2023). The Use of Artificial Intelligence to Optimize the Routing of Vehicles and Reduce Traffic Congestion in Urban Areas. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 10. <https://doi.org/10.4108/ew.4613>
- Eiben, A. E., & Smith, J. E. (2015). Natural Computing Series Introduction to Evolutionary Computing. In *Natural Computing Series*. www.springer.com/series/
- Ertel, W. (2017). *Introduction to Artificial Intelligence*. Springer.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia [Internet]. (2022). *Kemenhub Gencar Kembangkan Transportasi Massal di Jabodetabek*. <https://dephub.go.id/post/read/kemenhub-gencar-kembangkan-transportasi-massal-di-jabodetabek#>
- Negnevitsky, M. (2005). Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems. In *Pearson Education Limited* (Vol. 2).
- Nurhaliza, S., & S, R. (2023). *Jakarta uses AI to manage congestion in 20 intersections*. <https://en.antaranews.com/news/286914/jakarta-uses-ai-to-manage-congestion-in-20-intersections>
- Primartha, R. (2018). Belajar Machine Learning. Informatika Bandung.
- Purnama, B. (2019). Pengantar Machine Learning. Informatika Bandung.
- Ripla, A. (2024). Revolutionizing Traffic Management: Artificial Intelligence in Optimizing Urban Mobility. [https://www.linkedin.com/pulse/revolutionizing-traffic-management-artificial urban-ripla-pgcert-lmnpe](https://www.linkedin.com/pulse/revolutionizing-traffic-management-artificial-urban-ripla-pgcert-lmnpe)
- Run:ai. (2023). HPC and AI Better Together. <https://www.run.ai/guides/hpc-clusters/hpc-and-ai>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial Intelligence A Modern Approach (Third Edit). Pearson. <https://doi.org/10.1016/j.pathol.2015.12.053>
- Voulgaris, Z., & Bulut, Y. E. (2018). AI for Data Science (First Edit). Technics Publications.



INTEGRASI KECERDASAN BUATAN DALAM TRANSPORTASI UMUM JAKARTA MENUJU EFISIENSI, KEANDALAN, DAN PENURUNAN POLUSI

Mochammad Kresna Noer*
Universitas Bakrie Jakarta

e-mail: kresna.noer@bakrie.ac.id

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu kota terpadat di dunia, Jakarta menghadapi tantangan besar dalam mengelola mobilitas harian penduduknya. Kendaraan umum telah menjadi tulang punggung mobilitas perkotaan, dengan Transjakarta memegang peranan utama dalam preferensi transportasi warga. Namun, hasil riset terbaru menyoroti masalah yang muncul seiring dengan popularitas transportasi publik, termasuk kepadatan halte, waktu tunggu yang tidak terduga, dan informasi rute yang kurang memadai. Dalam upaya mengatasi tantangan ini, integrasi data dari berbagai aplikasi seperti JakLingko, Google Maps & Ride Hailing, didukung oleh penerapan kecerdasan buatan, muncul sebagai solusi potensial.

Permasalahan ini tidak hanya berkaitan dengan kenyamanan pengguna, tetapi juga berdampak pada efisiensi waktu dan biaya serta tingkat polusi yang tinggi di Jakarta. Sejak Jakarta masuk dalam daftar 10 besar kota dengan tingkat polusi udara yang signifikan pada Agustus 2023, mendesak perlunya tindakan cepat dan efektif untuk mengurangi dampak negatifnya. Dengan mengadopsi teknologi terkini, diharapkan bahwa solusi yang diusulkan akan memberikan informasi yang lebih akurat kepada pengguna transportasi umum, meningkatkan kualitas pengalaman mereka, dan pada akhirnya, mengarah pada penurunan tingkat polusi yang berkelanjutan. Walaupun mungkin dalam waktu dekat statusnya bukan Ibukota lagi, upaya ini memiliki implikasi yang lebih luas terhadap citra Jakarta sebagai kota pintar yang progresif.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah bahwa pemerintah Indonesia sudah berusaha untuk mengatasi masalah transportasi di Jakarta dengan mengambil langkah-langkah yang membawa perubahan ke arah positif demi kenyamanan penduduk kota. Artikel ini merupakan rekomendasi dari hasil survei yang tentunya masih memiliki keterbatasan dan kelemahan untuk memahami sentimen publik terhadap kebijakan transportasi, dengan fokus pada integrasi berbagai moda transportasi publik. Selain itu, artikel juga menyoroti pentingnya investasi dalam infrastruktur transportasi dan pengembangan solusi berbasis teknologi seperti integrasi aplikasi atau super aplikasi untuk meningkatkan pengalaman pengguna transportasi publik. Dengan demikian, fokus utama dari artikel ini adalah pada upaya pemerintah dan pemangku kepentingan untuk meningkatkan sistem transportasi publik Jakarta dengan memperhatikan kebutuhan dan keinginan masyarakat serta memanfaatkan teknologi terkini.

PEMBAHASAN

Smart Mobility Sebagai Landasan Utama

DKI Jakarta merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang telah menerapkan konsep kota pintar yang telah dipromosikan sejak tahun 2014 sebagai solusi untuk berbagai masalah kota melalui prinsip dan pilar kota pintar. Jakarta juga *membranding* dirinya sebagai Jakarta *Smart City* dengan melakukan transformasi digital dan memanfaatkan teknologi sebagai alat untuk mencapai atau menerapkan kota pintar yang memberikan manfaat bagi masyarakat Jakarta. Setelah sukses dengan aplikasi JAKI untuk pelayanan publik, perlu juga adanya integrasi aplikasi dengan bantuan fitur AI sebagai sumber utama informasi terkait transportasi di DKI Jakarta.

Sebagai kota metropolitan dengan jumlah penduduk tertinggi di Indonesia dan dengan dinamika pertumbuhan perkotaan yang cepat, Jakarta perlu membentuk identitas kota agar dapat menjadi kota unggulan dengan melakukan *branding* atau pencitraan sehingga identitas kota Jakarta melekat di benak masyarakat bahkan dunia. Menurut Miller Merriles dan Herington dalam Widiastuti (2019, p.1), *branding* kota merupakan prosedur komunikasi yang tepat untuk mengembangkan merek untuk sebuah kota, wilayah, dan orang-orang yang tinggal di dalamnya berdasarkan pasar target mereka. *Branding* kota dibentuk dan disesuaikan oleh pemerintah lokal sesuai dengan potensi kota tersebut. Oleh karena itu, pada tanggal 15 Desember 2014, Jakarta berkomitmen untuk menerapkan konsep Jakarta *Smart City* sebagai *branding* kota Jakarta. Sejalan dengan arus digitalisasi, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta menyesuaikan konsep kota pintar untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menangani masalah-masalah publik dengan lebih baik sebagai upaya pemerintah untuk meningkatkan kota Jakarta. Konsep kota pintar dianggap mampu menjadi solusi bagi pemerintah dalam merespons dengan cepat kebutuhan masyarakat.

Kota pintar adalah konsep yang diterapkan pada sebuah kota dengan mengandalkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Kota-kota yang telah menerapkan sistem kota pintar akan mengalami banyak perkembangan yang akan mempengaruhi kehidupan masyarakat di kota tersebut. Dalam penelitiannya, Cohen Boyd (2014) dalam Annisah (2017, p.60) menyatakan bahwa "Kota pintar adalah pendekatan yang luas dan terintegrasi untuk meningkatkan efisiensi operasional sebuah kota, meningkatkan kualitas hidup penduduknya, dan mengembangkan ekonomi regional." Dia juga menyebutkan implementasi konsep kota pintar yang berfokus pada 6 pilar utama, yaitu; *Smart Governance*; *Smart Society*; *Smart Life*; *Smart Mobility*; *Smart Economy*; dan *Smart Environment*. Dari keenam pilar yang disebutkan, setiap kota akan fokus dan menyesuaikan kebutuhan sendiri sesuai dengan tingkat urgensi yang dialami. Ide dalam paper ini tentunya akan memenuhi salah satu aspek dalam 6 pilar kota pintar yaitu "Smart Mobility".

Smart Mobility adalah Manajemen infrastruktur perkotaan yang dikembangkan di masa depan adalah sistem manajemen terpadu dan berorientasi untuk memastikan keselarasan dengan kepentingan publik (Permana, et. al. 2013). Pemahaman yang berbeda tentang smart mobility adalah sebagai pertemuan antara kebutuhan transportasi antara orang dan barang, yang melibatkan ekonomi, lingkungan dan sumber daya manusia: (Caltrans, 2010, p.7). Saat ini, Upaya untuk mewujudkan smart mobility sudah ada. Melalui beberapa transportasi umum, yaitu, TransJakarta, MRT Jakarta, KAI Commuter Line dan LRT Jakarta dimana saat ini masyarakat dapat memantau rute perjalanan, jumlah transportasi, dan jadwal keberangkatan melalui aplikasi jak1. Namun hal itu tidak cukup. *Smart Mobility* adalah konsep yang mengacu pada kemampuan suatu kota untuk memfasilitasi pergerakan dengan efisien dan efektif guna mencapai tujuan dengan pergerakan yang minimal. Ini berarti sistem mobilitas harus responsif, inovatif, dan kompetitif. Responsif artinya sistem mobilitas harus dapat memenuhi kebutuhan, keinginan, dan harapan penggunanya secara aktual. Kemudian, inovatif berarti sistem mobilitas harus mampu memfasilitasi pergerakan yang efektif dan efisien. Sementara itu, sistem mobilitas juga harus bersifat kompetitif dengan menyediakan berbagai pilihan perjalanan.

Indikator pencapaian *Smart Mobility* kota dapat ditentukan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain (Wicaksana, et. al., 2020):

1. Jarak perjalanan harian rata-rata kurang dari 2 km dan setidaknya 20% dari penduduk kota menggunakan transportasi non-motor.
2. Tingkat ketersediaan mode transportasi umum mencapai 90% dari jumlah pengguna, dengan tersedianya rute alternatif dan armada transportasi yang dalam kondisi fisik optimal. Selain itu, angka kecelakaan per 10.000 penduduk juga menjadi pertimbangan.
3. Rata-rata waktu perjalanan harian kurang dari 20 menit, dengan kecepatan mode rata-rata minimal 40 km/jam.

Kondisi Mikro Perilaku Penggunaan Transportasi Gen Z Saat Ini

Hasil riset ini pernah dipresentasikan di konferensi internasional *Commnews* 2023. Perlu disajikan kembali dalam paper ini karena bisa menjadi rujukan data demi memberikan wawasan tentang pola penggunaan transportasi oleh Gen Z yang pada masa mendatang akan menjadi generasi produktif dan dominan. Survei tersebut disebar kepada mahasiswa Universitas Bakrie dengan menggunakan metode *convenient sampling*, menghasilkan sampel sebanyak 74 responden. Ada beberapa alasan di balik pemilihan populasi ini:

Pertama, populasi ini mewakili demografi Millennials dan Gen Z. Kedua, universitas tersebut berada di Jakarta, dikelilingi oleh berbagai pilihan transportasi umum yang berhenti tepat di depan kampus. Ketiga, kampus ini terletak di area yang terkena kebijakan transportasi Ganjil-Genap dan dilengkapi dengan kamera E-TLE. Keempat, area sekitar kampus memiliki jalur sepeda khusus di jalan-jalan yang menuju ke universitas, termasuk Tebet, Gatot Subroto, dan Mampang.

Pendekatan kuantitatif diadopsi karena kapasitasnya untuk analisis berbasis data dan penyusunan rekomendasi di masa depan. Statistik deskriptif digunakan untuk menganalisis data yang terkumpul. Namun, penting untuk dicatat bahwa ukuran sampel yang relatif kecil, yaitu 74, dikombinasikan dengan metode *convenient sampling*, membatasi generalisabilitas temuan studi ini. Untuk mengambil kesimpulan yang konkret dan rekomendatif sesuai dengan teori yang telah mapan, ukuran sampel yang lebih besar yang mencakup demografi yang beragam akan diperlukan di masa mendatang.



Gambar 1. Preferensi Transportasi Publik Responden
(Sumber: Noer, et. al. 2023)

Bus Umum: 1,33%, Transjakarta (Bus Rapid Transit): 44,00%, Taksi: 1,33%, Kereta Komuter (KRL): 29,33%, Kereta Api Ringan (LRT): 14,67%, Mass Rapid Transit (MRT): 12,00%, Transportasi Motor Online: 46,67%, Transportasi Mobil Online: 18,67%, Angkutan Kota: 2,67%, Mobil Pribadi (Bensin): 16,00%, Mobil Listrik: 2,67%, Sepeda Motor (Bensin): 30,67%, Sepeda Motor Listrik: 0,00%. Perlu dicatat bahwa tidak ada responden yang memilih sepeda motor listrik. Sebaliknya, sebagian besar memilih Transjakarta, yang mencakup 44% dari responden, atau sepeda motor pribadi berbahan bakar bensin dan transportasi motor online. Ini merupakan pertimbangan penting, mengingat sepeda motor menyumbang beban polusi tertinggi per penumpang, melampaui mobil pribadi berbahan bakar bensin, mobil pribadi berbahan bakar diesel, mobil penumpang, dan bus. Dengan populasi Jakarta yang menyumbang 78% dari total kendaraan bermotor Indonesia, yang berjumlah sekitar 24,5 juta kendaraan, dan dengan laju pertumbuhan tahunan sebesar 1.046.837 sepeda motor, menjadi jelas bahwa dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 2012 hingga 2022, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia meningkat pesat sebesar 64%, setara dengan peningkatan 48,9 juta unit (Aulia Mutiara Hatia Putri, 2023). Temuan ini secara kolektif menekankan urgensi implementasi solusi transportasi komprehensif yang memprioritaskan keberlanjutan lingkungan dan mempromosikan adopsi kendaraan listrik untuk mengatasi tingkat polusi yang meningkat di lingkungan perkotaan yang dinamis di Jakarta.

Dalam sebuah pernyataan, Profesor Sudharto P Hadi, seorang profesor ilmu lingkungan di Universitas Diponegoro Semarang, menekankan bahwa penggunaan transportasi publik dapat memainkan peran penting dalam mengurangi tingkat polusi udara di Jakarta. Dia berpendapat bahwa lonjakan kepemilikan kendaraan pribadi telah berkontribusi secara signifikan pada eskalasi tingkat polusi udara baru-baru ini di ibu kota, "Jumlah kendaraan pribadi yang tinggi telah menyebabkan kemacetan lalu lintas dan, akibatnya, polusi udara. Emisi dari mesin berbahan bakar bensin memiliki dampak langsung pada polusi udara," (Nora Azizah, 2023)

Namun, menanggapi tantangan ini tidaklah tanpa hambatan, seperti yang terungkap oleh hasil survei publik yang dilakukan di Jakarta. Tantangan yang dihadapi oleh penduduk yang memilih transportasi publik antara lain:

1. Waktu tunggu yang panjang: 48,00%
2. Kepadatan penumpang: 74,67%
3. Kebersihan yang buruk: 8,00%
4. Keterbatasan aksesibilitas bagi individu dengan disabilitas: 4,00%
5. Jadwal yang tidak dapat diandalkan: 29,33%
6. Kekhawatiran akan keamanan: 2,67%
7. Biaya tarif: 10,67%
8. Infrastruktur yang tidak memadai: 12,00%
9. Kondisi cuaca: 9,33%
10. Jarak: 17,33%
11. Informasi rute yang tidak memadai: 16,00%

Tantangan-tantangan ini menggambarkan kompleksitas dalam mendorong penggunaan transportasi publik yang lebih besar di Jakarta, meskipun memiliki potensi untuk meredakan polusi udara yang disebabkan oleh penyebaran kendaraan pribadi. Bahkan 8% dari responden kami sempat mengalami pelecehan saat menggunakan transportasi publik. Mengatasi isu-isu ini sangat penting untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di kota.

Kami juga meminta responden untuk mengevaluasi kepuasan mereka dengan transportasi publik dalam skala 0-100. Kepuasan dengan transportasi publik di Jakarta merupakan isu yang kompleks dan dapat bervariasi dari individu ke individu. Meskipun masih ada tantangan yang berkelanjutan, perbaikan terus dilakukan, dan investasi berkelanjutan dalam sistem transportasi penting untuk meningkatkan kepuasan secara keseluruhan dan mendorong lebih banyak orang untuk menggunakan transportasi publik di Jakarta. Hasilnya adalah 69,4, yang berada di bawah 70, menunjukkan bahwa perbaikan diperlukan di berbagai sisi. Responden memberikan rekomendasi berikut untuk peningkatan:

1. Memberikan informasi waktu nyata tentang jadwal dan keterlambatan, bersama dengan aksesibilitas yang mudah dari lokasi tempat tinggal atau tempat kerja. Selain itu, fokus pada meningkatkan keselamatan dan kenyamanan penumpang.
2. Menyediakan opsi transportasi publik yang menghubungkan kompleks perumahan dengan stasiun, kereta komuter (KRL), dan lokasi LRT.
3. Meningkatkan pajak kendaraan, khususnya untuk mobil.
4. Memperluas armada transportasi publik karena kepadatan penduduk yang tinggi di Jakarta.
5. Menyediakan fasilitas menunggu dan tempat duduk yang memadai dan nyaman.
6. Meningkatkan aksesibilitas ke Distrik Bisnis yang ramai dan Universitas di Jabodetabek.
7. Mengimplementasikan subsidi pemerintah untuk Transportasi Publik.
8. Mendirikan perhentian tambahan di lokasi seperti Cempaka Putih dan Kramat Jati. Meningkatkan akses penting, karena menggunakan layanan transportasi online untuk

mencapai halte bus terdekat melibatkan biaya tambahan.

9. Meningkatkan aksesibilitas bagi individu dengan disabilitas dan lansia.

Kami menemukan bahwa informasi waktu secara nyata dan keselamatan sangat penting, baik keselamatan dalam perjalanan maupun keselamatan dari tindak kejahatan di dalam moda transportasi (Noer, et. al. 2023).

Solusi & Langkah Selanjutnya

Dalam meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam integrasi transportasi publik, solusi masa depan dapat melibatkan penggunaan aplikasi berbasis kecerdasan buatan (AI). AI yang dapat diinterpretasikan adalah teknologi yang dirancang untuk membuat model kecerdasan buatan yang hasilnya bisa dipahami oleh manusia. Tujuannya adalah agar kita bisa mengetahui alasan di balik setiap keputusan yang diambil oleh AI, tanpa mengurangi ketepatan prediksi yang dihasilkan. Dengan kata lain, AI ini tidak hanya memberikan hasil yang akurat, tetapi juga mampu menjelaskan bagaimana dan mengapa hasil tersebut didapatkan (Adadi, 2023).

Aplikasi tersebut dapat memberikan informasi real-time tentang jadwal, rute, dan ketersediaan moda transportasi publik, sehingga memudahkan penumpang dalam merencanakan perjalanan mereka. Dengan menggunakan teknologi AI, aplikasi tersebut dapat mengoptimalkan rute perjalanan dengan memperhitungkan kondisi lalu lintas saat itu, meminimalkan waktu tunggu, dan mengurangi ketidakpastian.

Selain itu, aplikasi berbasis AI juga dapat menyediakan rekomendasi perjalanan yang disesuaikan dengan preferensi pengguna, seperti mode transportasi favorit, jarak tempuh, dan waktu perjalanan yang diinginkan. Hal ini dapat membantu meningkatkan pengalaman pengguna dan mendorong lebih banyak orang untuk beralih dari penggunaan kendaraan pribadi ke transportasi publik.

Dengan integrasi aplikasi berbasis AI dalam sistem transportasi publik, diharapkan dapat tercipta lingkungan transportasi yang lebih efisien, terkoneksi, dan ramah lingkungan di Jakarta. Hal yang perlu diperhatikan adalah:

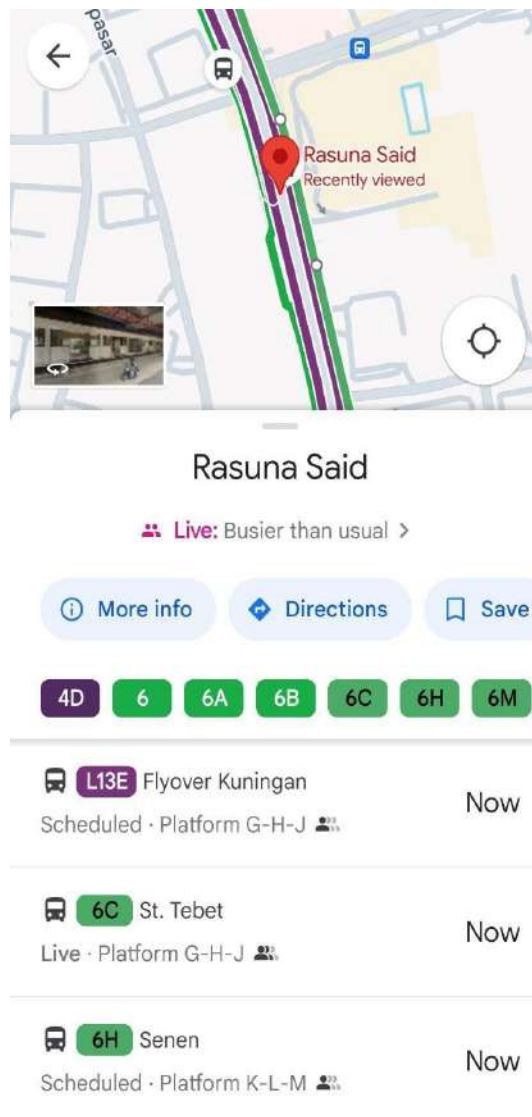
1. **Privasi Pengguna:**

- Menjaga privasi pengguna merupakan hal yang sangat penting dalam pengembangan aplikasi berbasis AI. Data pribadi pengguna, seperti lokasi dan preferensi perjalanan, harus diatur dengan ketat dan hanya digunakan untuk tujuan yang ditentukan.
- Aplikasi harus menyediakan opsi untuk pengguna untuk mengontrol dan mengelola izin akses data mereka. Misalnya, memberikan opsi untuk menonaktifkan pelacakan lokasi atau memilih untuk berbagi data secara anonim.

2. **Integrasi dengan Aplikasi Lain:**

- Integrasi dengan aplikasi seperti Google Maps, yang sudah menjadi platform yang sangat populer untuk merencanakan rute perjalanan, dapat memperluas jangkauan dan fungsionalitas aplikasi. Saat ini Jadwal kedatangan bus

TransJakarta kini bisa dipantau secara real-time melalui Google Maps. Dengan membuka aplikasi Google Maps dan mengklik ikon halte, jadwal kedatangan bus muncul secara langsung. Pengguna dapat melihat waktu kedatangan dan posisi bus, seperti rute 6 Rasuna Said ke berbagai tujuan yang ada di Jakarta.



Gambar 2. Integrasi Aplikasi
Sumber: Tangkapan Layar Ponsel Pribadi

- Kerjasama dengan platform berbagi perjalanan seperti Gojek atau Grab dapat memberikan opsi tambahan kepada pengguna untuk merencanakan perjalanan dengan berbagai mode transportasi, termasuk transportasi publik, ojek online, dan taksi.
- Integrasi dengan aplikasi MyMRTJ dan Jaklingko, yang menyediakan informasi dan layanan terkait MRT dan angkutan kota Jakarta, dapat memperkaya pengalaman pengguna dengan menyediakan informasi yang lebih lengkap dan terintegrasi seperti halnya yang sudah dilakukan TransJakarta.
- Kecerdasan buatan (AI) dapat merancang rute dan kombinasi moda transportasi terbaik untuk mencapai tujuan. Agar AI dapat membuat perhitungan yang akurat dan mengambil keputusan terbaik, AI memerlukan

informasi yang cukup dan tervalidasi kebenarannya.

3. Fungsionalitas Aplikasi:

- Aplikasi harus memiliki antarmuka pengguna yang ramah dan mudah digunakan, serta menyediakan fitur-fitur yang intuitif untuk merencanakan perjalanan, memonitor jadwal, dan memperoleh informasi terkini tentang kondisi lalu lintas.
- Teknologi kecerdasan buatan dapat digunakan untuk mengoptimalkan rekomendasi rute perjalanan berdasarkan preferensi pengguna dan kondisi lalu lintas yang sedang berlangsung.
- Fitur-fitur tambahan seperti pembayaran elektronik atau pemesanan tiket secara online juga dapat ditambahkan untuk meningkatkan kenyamanan pengguna dalam menggunakan transportasi publik.

Agar sistem kecerdasan buatan (AI) dapat dipercaya, ada tujuh hal penting yang harus dipenuhi. Pertama, manusia harus bisa mengawasi dan mengendalikan AI, memastikan bahwa keputusan yang diambil oleh AI sesuai dengan keinginan dan nilai-nilai kemanusiaan. Kedua, AI harus dirancang dengan keamanan dan ketangguhan tinggi, sehingga dapat diandalkan dan tidak mudah diserang peretas. Ketiga, privasi dan data pengguna harus dijaga dengan ketat, memastikan bahwa informasi pribadi tidak disalahgunakan dan dikelola dengan baik. Keempat, AI harus beroperasi dengan transparansi, artinya cara kerja dan keputusan AI harus jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Kelima, AI harus adil dan tidak mendiskriminasi penggunanya. Keenam, AI harus mendukung kesejahteraan lingkungan dan masyarakat, berkontribusi pada kebaikan bersama. Terakhir, AI harus dapat dipertanggungjawabkan, dengan adanya pihak yang bertanggung jawab atas semua tindakan dan keputusan yang diambil oleh sistem AI. Dengan memenuhi ketujuh hal ini, sistem AI dapat menjadi lebih dapat dipercaya dan bermanfaat bagi semua pengguna (Adadi, 2023).

KESIMPULAN

Kendaraan umum di Jakarta telah menjadi pilihan utama warganya untuk mobilitas sehari-hari. Hasil dari riset yang saya lakukan pada tahun 2023 terkait preferensi penggunaan transportasi menunjukkan bahwa Transjakarta menduduki peringkat tertinggi, diikuti oleh layanan transportasi berbasis daring, KRL, dan kendaraan pribadi. Meskipun transportasi publik memiliki popularitas yang tinggi, beberapa masalah muncul, terutama terkait dengan kepadatan halte, waktu tunggu yang lebih lama, yang berdampak pada jadwal yang tidak dapat diandalkan, dan informasi rute yang kurang memadai. Dalam kaitannya dengan permasalahan tersebut, integrasi data dari berbagai aplikasi seperti JakLingko, Google Maps & Ride Hailing dengan penerapan kecerdasan buatan diharapkan dapat menjadi solusi. Hal ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih akurat kepada para pengguna transportasi umum, meningkatkan efisiensi waktu dan biaya, serta dalam jangka panjang, dapat mengurangi tingkat polusi di Jakarta secara signifikan, mengingat sekitar Agustus 2023 Jakarta sempat mendapatkan peringkat 10 besar kota yang polusi udaranya terbilang tinggi. Implikasinya, upaya ini juga akan memberikan dampak positif pada citra Jakarta sebagai sebuah kota pintar. Paper ini akan menguraikan langkah-langkah menuju

tujuan tersebut, termasuk komponen-komponen kritis yang perlu diperhatikan

Dalam konteks transportasi di Jakarta, data survei menunjukkan bahwa mayoritas responden mendukung kebijakan pemerintah Indonesia terkait transportasi. Hal ini menggambarkan kesesuaian langkah-langkah pemerintah dengan keinginan penduduk kota. Namun, survei juga mengungkapkan variasi sentimen publik terhadap kebijakan transportasi, dengan beberapa mendapatkan dukungan signifikan sementara yang lain menimbulkan kekhawatiran. Oleh karena itu, penting bagi pembuat kebijakan dan otoritas kota untuk memahami pandangan masyarakat ini, karena kebijakan mereka membentuk masa depan transportasi Jakarta.

Salah satu temuan penting dari survei adalah dukungan yang kuat untuk kebijakan yang mendorong integrasi berbagai moda transportasi publik, terutama integrasi dengan destinasi rekreasi. Hal ini menandakan perlunya konektivitas dan aksesibilitas yang ditingkatkan dalam jaringan transportasi publik Jakarta. Masyarakat percaya bahwa sistem transportasi terintegrasi dapat mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi, mengatasi kemacetan lalu lintas, dan menurunkan tingkat polusi.

Integrasi dan penyediaan informasi berbasis AI diidentifikasi sebagai langkah yang tepat untuk mengatasi beberapa masalah yang dihadapi, seperti waktu tunggu yang panjang, kepadatan, dan informasi rute yang kurang memadai. Potensi solusi lainnya adalah pengembangan superaplikasi yang dapat menangani beberapa masalah tersebut secara holistik, seperti memberikan informasi real-time tentang jadwal dan kepadatan transportasi publik, serta menyediakan layanan alternatif saat cuaca buruk dan opsi perjalanan yang ramah bagi penyandang disabilitas. Dengan pendekatan ini, diharapkan akan ada peningkatan signifikan dalam pengalaman transportasi publik di Jakarta, yang juga dapat memberikan dampak positif pada citra Jakarta sebagai kota pintar yang progresif. Tantangan berikutnya adalah bagaimana mengoptimalkan aksesibilitas bagi penduduk kota penyangga Jakarta?.

SARAN

Saat mengembangkan aplikasi berbasis kecerdasan buatan untuk integrasi transportasi publik, pemerintah perlu memperhatikan ketentuan yang terkandung dalam Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) Republik Indonesia. Beberapa kaitannya adalah:

1. **Perlindungan Data Pengguna:**

UU ITE mengatur perlindungan data pribadi pengguna. Dalam pengembangan aplikasi, pemerintah harus memastikan bahwa data pribadi pengguna disimpan dan diolah sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam undang-undang ini, termasuk persetujuan pengguna atas penggunaan data mereka.

2. **Pencegahan Penyalahgunaan Teknologi:**

UU ITE juga mengatur tentang pencegahan penyalahgunaan teknologi, termasuk penggunaan AI dalam aplikasi transportasi publik. Pemerintah harus memastikan bahwa aplikasi tersebut tidak digunakan untuk tujuan yang melanggar hukum, seperti pelanggaran privasi atau pencemaran nama baik.

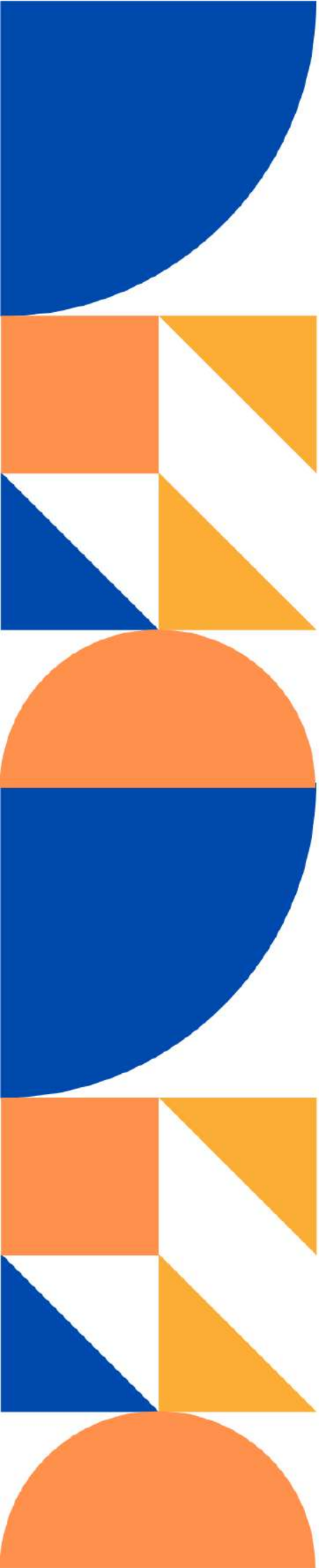
3. **Perlindungan Konsumen:**

UU ITE memberikan perlindungan kepada konsumen terkait transaksi elektronik. Dalam konteks aplikasi transportasi publik, pemerintah harus memastikan bahwa konsumen dilindungi dari praktik-praktik yang merugikan, seperti penipuan atau penyalahgunaan informasi pembayaran.

Dengan memperhatikan ketentuan dalam UU ITE, pemerintah dapat memastikan bahwa pengembangan dan penggunaan aplikasi berbasis kecerdasan buatan untuk integrasi transportasi publik dilakukan secara legal, etis, dan sesuai dengan hak-hak pengguna. Hal ini penting untuk membangun kepercayaan masyarakat dan meningkatkan adopsi teknologi di sektor transportasi publik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adadi, A., & Bouhoute, A. (2023). *Explainable Artificial Intelligence for Intelligent Transportation Systems*. Taylor & Francis Group. <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=30750553>
- Annisah, A. (2018). Usulan Perencanaan Smart City: Smart Governance Pemerintah Daerah Kabupaten Mukomuko [Internet]. [cited 2024 May 10] *Masyarakat Telematika Dan Informasi: Jurnal Penelitian Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 8(1), 59-80. Available from: <https://media.neliti.com/media/publications/233812-usulan-perencanaan-smart-city-smart-gove-d5e8410f.pdf>
- Aulia Mutiara Hatia Putri [Internet]. 2023. Penyebab Polusi: PLTU Vs Kendaraan, Mana yang Benar? CNBC Indonesia Research; [updated 2023 Aug 27; cited 2024 May 14]. Available from: <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230827113429-128-466441/penyebab-polusi-pltu-vs-kendaraan-mana-yang-benar>
- Caltrans. 2010. *Smart Mobility 2010: A Call to Action for the New Decade* [Internet]. [cited 2024 May 10]. Available from: <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/transportation-planning/documents/office-of-smart-mobility-and-climate-change/smf-handbook-062210-a-a11y.pdf>.
- Noer, M. K., Agustini, P., Rudianto D. Productive Generation Attitude About Policy On Transportation Sector In Jakarta. Commnews Conference. 2023.
- Nora Azizah [Internet]. 2023. Pakar: Transportasi Umum Bisa Kurangi Tingkat Polusi Udara. Republika; [updated 2023 Aug 30; cited 2024 May 14]. Available from: <https://news.republika.co.id/berita/s071kp463/pakar-transportasi-umum-bisa-kurangi-tingkat-polusi-udara>
- Permana, A. Y., Soetomo, S., Hardiman, G., & Buchori, I. (2013). Smart Architecture as a Concept of Sustainable Development in the Improvement of the Slum Settlementarea in Bandung [Internet]. [cited 2024 May 10]. *Internasional Refereed Journal of Engineering and Science*, 2(9), 26-35. Available from: <http://irjes.com/Papers/vol2-issue9/E02092635.pdf>
- Electronic Books*
- Widiastuti, T., Mihardja, E. J., & Agustini, P. M. (2019). *Strategi City Branding Kota Samarinda*. Universitas Bakrie Press, Jakarta. ISBN 978-602-7989-22-1
- Wicaksana, G. B. A. (2020). Future city based on smart mobility concept: Character and benchmarking [Internet]. [cited 2024 May 10]. *Journal of Architectural Research and Education*, 2(1), 10. Available from: <https://ejournal.upi.edu/index.php/JARE/article/view/24112> doi: 10.17509/jare.v2i1.24112



PEMBANGUNAN KOTA JAKARTA YANG BERKELANJUTAN MELALUI INTEGRASI AI DALAM SEKTOR ENERGI DAN TRANSPORTASI

Mustika Sari¹, Indriyati^{2*}, Lut Mafrudoh³
^{1, 2, 3} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jakarta

e-mail: indry2833@gmail.com

PENDAHULUAN

Jakarta, ibu kota Indonesia, tengah menghadapi tantangan berat dalam pembangunan berkelanjutan. Populasi yang terus meningkat berbanding lurus dengan kemacetan lalu lintas yang kian parah. Polusi udara dan emisi gas rumah kaca pun turut menjadi momok. Di sisi lain, keterbatasan sumber daya energi semakin menjadi kendala. Namun, di tengah tantangan tersebut, muncul secercah harapan: kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) (Anggy Giri Prawiyogi & Aang Solahudin Anwar, 2023). Teknologi AI berpotensi menjadi jawaban untuk mewujudkan Jakarta sebagai kota yang berkelanjutan. Visi integrasi AI dalam pembangunan Jakarta bukanlah sekadar angan-angan. Dengan kecerdasan buatan, Jakarta dapat menjelma menjadi kota pintar yang efisien dan ramah lingkungan (Mauleny, 2015). Kualitas hidup masyarakat pun akan meningkat seiring dengan terciptanya lingkungan yang lebih sehat dan mobilitas yang lebih cerdas. Pada akhirnya, Jakarta yang berkelanjutan tidak hanya akan meningkatkan kesejahteraan warganya, tetapi juga turut mendongkrak daya saing kota ini di tingkat global (Manullang & Sinaga, 2022).

Latar belakang

Pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan menjadi sebuah kebutuhan mendesak dalam menghadapi tantangan global akan perubahan iklim dan pertumbuhan populasi yang cepat. Sebagai sebuah megapolis yang berkembang pesat, Jakarta memiliki peran yang signifikan dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (Hidayatulloh & Anisa, 2022) terutama pada tujuan ke-11 yang menekankan pentingnya kota dan pemukiman yang berkelanjutan. Kota-kota besar seperti Jakarta memiliki peran kunci dalam mengurangi ketimpangan, meningkatkan kualitas hidup penduduknya, dan melindungi lingkungan. Namun, Jakarta juga dihadapkan pada berbagai tantangan yang kompleks, termasuk kemacetan lalu lintas, polusi udara, kepadatan penduduk yang tinggi, dan ketidaksetaraan akses terhadap layanan dasar. Dalam konteks ini, pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan tidak hanya menjadi sebuah aspirasi, tetapi juga sebuah kebutuhan mendesak (Setyono & Kiono, 2021). Pentingnya pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan dalam konteks SDGs menjadi landasan bagi penelitian dan tindakan bersama dalam menghadapi tantangan-tantangan yang dihadapi, khususnya dalam mengoptimalkan akses transportasi publik antar kota dan kota penyangga (Yudiartono et al., 2022). Dalam bab ini, kita akan mengeksplorasi peran integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam merumuskan solusi untuk tantangan tersebut, dengan fokus pada peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi public (Zafira & Puspitasari, 2022).

Latar belakang ini menyoroti urgensi pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan sebagai respons terhadap tantangan global, dan menggarisbawahi peran kota besar seperti Jakarta dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Hal ini juga menekankan bahwa meskipun Jakarta memiliki peran penting dalam mengurangi ketimpangan sosial dan melindungi lingkungan, namun kota ini dihadapkan pada sejumlah tantangan kompleks seperti kemacetan lalu lintas dan polusi udara. Dalam konteks ini, latar belakang ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang urgensi dan kompleksitas pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan, serta menegaskan pentingnya langkah-langkah strategis dalam mencapai transformasi tersebut (Karim et al., 2019).

Kemacetan lalu lintas di Jakarta tidak hanya menimbulkan masalah mobilitas, tetapi juga berdampak langsung pada kegiatan ekonomi dan kualitas hidup penduduk. Dengan populasi

kendaraan yang terus meningkat dan infrastruktur jalan yang terbatas, kemacetan menjadi sebuah fenomena tak terhindarkan. Waktu yang terbuang dalam kemacetan lalu lintas juga mengakibatkan peningkatan biaya operasional transportasi bagi penduduk dan bisnis, karena waktu yang terbuang berarti biaya bahan bakar dan biaya operasional kendaraan yang lebih tinggi. Ketimpangan aksesibilitas transportasi antara daerah perkotaan dan pinggiran kota dapat menyebabkan isolasi komunitas lokal dari layanan dan peluang ekonomi yang lebih luas. Hal ini dapat memperburuk disparitas sosial-ekonomi antara wilayah perkotaan dan pedesaan, serta menghambat pembangunan yang merata di seluruh kota Jakarta.

Meskipun telah ada upaya pengembangan infrastruktur transportasi publik seperti jaringan Transjakarta dan kereta api, masih terdapat keterbatasan dalam jangkauan, kapasitas, dan kualitas layanan. Wilayah-wilayah di pinggiran kota atau kota-kota penyangga mungkin tidak mendapatkan layanan transportasi publik yang memadai, sehingga meningkatkan ketergantungan pada kendaraan pribadi dan berkontribusi pada peningkatan kemacetan lalu lintas (De Gani & Sembiring, 2023). Polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor menjadi masalah serius di Jakarta, mengancam kesehatan masyarakat dan merusak kualitas lingkungan. Tingginya tingkat emisi gas buang dan partikel berbahaya dari kendaraan tidak hanya berdampak pada kesehatan fisik, tetapi juga memperburuk kualitas udara dan lingkungan kota secara keseluruhan. Selain itu, tingkat kebisingan yang tinggi dari lalu lintas juga dapat berdampak negatif pada kesehatan mental dan kesejahteraan penduduk secara keseluruhan (Ninvika et al., 2024).

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) adalah serangkaian target global yang disepakati oleh negara-negara anggota Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tahun 2015 untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan di seluruh dunia (Sitorus, 2022). Tujuan ke-11 dari SDGs adalah "Membangun kota dan pemukiman yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan". Dalam konteks tujuan ke-11 SDGs, fokus utamanya adalah pada pembangunan kota dan pemukiman yang dapat menjamin akses yang adil terhadap layanan dasar, infrastruktur yang berkualitas, perlindungan lingkungan yang berkelanjutan, dan kesempatan ekonomi yang merata bagi seluruh penduduk. Beberapa aspek penting yang tercakup dalam tujuan ini meliputi:

1. **Aksesibilitas dan Ketersediaan Infrastruktur:** Memastikan adanya infrastruktur yang memadai untuk transportasi, air bersih, sanitasi, listrik, dan perumahan yang terjangkau dan berkualitas bagi semua warga kota.
2. **Pengurangan Ketimpangan:** Mengurangi kesenjangan dalam akses terhadap layanan dasar dan peluang ekonomi antara wilayah perkotaan dan pedesaan, serta antara kelompok-kelompok sosial yang berbeda.
3. **Kebijakan Lingkungan dan Perlindungan Lingkungan:** Mendorong praktik pembangunan yang ramah lingkungan, termasuk pengurangan polusi udara dan air, pengelolaan limbah yang efisien, dan perlindungan terhadap ekosistem perkotaan.
4. **Ketahanan Kota Terhadap Bencana:** Meningkatkan ketahanan kota terhadap bencana alam dan bencana terkait iklim, termasuk peningkatan perencanaan tata ruang dan mitigasi risiko bencana.
5. **Partisipasi Masyarakat dan Pengambilan Keputusan yang Inklusif:** Mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam proses pengambilan keputusan yang berkaitan

dengan pembangunan kota, serta memastikan akses yang adil terhadap keadilan dan layanan publik.

Dengan memperhatikan tujuan tersebut seperti yang telah diuraikan, kota-kota di seluruh dunia, termasuk Jakarta, diharapkan untuk mengimplementasikan kebijakan dan program yang berkelanjutan guna menciptakan kota yang inklusif, aman, dan tangguh bagi seluruh penduduknya (Diah Riski Hardiana, 2018). Ini berarti kota-kota harus mengadopsi pendekatan pembangunan yang memperhatikan kebutuhan semua lapisan masyarakat tanpa membedakan status sosial, ekonomi, atau geografis. Kebijakan yang inklusif akan memastikan bahwa setiap warga memiliki akses yang sama terhadap layanan dasar seperti pendidikan, kesehatan, air bersih, sanitasi, dan transportasi. Selain itu, kota-kota harus berupaya menciptakan lingkungan yang aman bagi penduduknya. Ini mencakup upaya untuk mengurangi tingkat kejahatan, memperbaiki sistem keamanan publik, meningkatkan akses terhadap pelayanan kepolisian, dan memperkuat infrastruktur tanggap darurat untuk menghadapi bencana alam atau ancaman keamanan lainnya. Dengan demikian, penduduk dapat merasa aman dan dilindungi dalam menjalani kehidupan sehari-hari di kota (Liun, 2018).

Kota juga perlu menjadi tangguh, artinya mampu bertahan dan beradaptasi di tengah tantangan eksternal seperti perubahan iklim, bencana alam, atau krisis kesehatan. Ini melibatkan upaya untuk meningkatkan ketahanan infrastruktur, meningkatkan sistem peringatan dini, mengembangkan rencana mitigasi risiko, dan membangun kapasitas komunitas untuk menghadapi situasi darurat. Dengan cara ini, kota dapat tetap berfungsi dengan baik dan menjaga keberlangsungan hidup penduduknya dalam menghadapi berbagai tantangan yang mungkin terjadi.

Tujuan

Untuk mengeksplorasi peran integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam merumuskan solusi untuk tantangan pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan, dengan fokus pada peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi publik. Dalam konteks latar belakang yang telah dijelaskan, tujuan ini mencakup tantangan yang dihadapi Jakarta dalam mencapai pembangunan kota yang berkelanjutan, khususnya dalam hal akses transportasi publik antar kota dan kota penyangga. Serta potensi integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam mengatasi tantangan tersebut dengan meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi publik. Dan juga diharapkan dapat memberikan wawasan dan rekomendasi mengenai penerapan teknologi AI dalam konteks pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan, yang dapat menjadi panduan bagi para pengambil keputusan dan praktisi di bidang tersebut.

Tantangan Akses Transportasi Publik

Tantangan yang dihadapi oleh Jakarta dalam menyediakan akses transportasi publik yang berkelanjutan antar kota dan kota penyangga merupakan hal yang kompleks dan memerlukan perhatian serius. Jakarta sebagai salah satu kota terpadat di dunia, dengan pertumbuhan populasi yang terus meningkat, menghadapi tekanan besar terhadap infrastruktur transportasinya. Dalam mengatasi tantangan ini, perlu dipertimbangkan berbagai faktor seperti pertumbuhan ekonomi yang cepat, perubahan pola perjalanan masyarakat, serta kebutuhan akan sistem transportasi yang ramah lingkungan. Kemacetan lalu lintas, keterbatasan infrastruktur, ketidaksetaraan akses, dan dampak lingkungan merupakan beberapa aspek yang perlu diperhatikan secara serius dalam upaya meningkatkan kualitas

dan keberlanjutan sistem transportasi publik di Jakarta. Dengan pemahaman mendalam tentang tantangan ini, langkah-langkah strategis dapat dirancang untuk merumuskan solusi yang efektif dan berkelanjutan dalam meningkatkan akses transportasi publik di kota Jakarta (Suarna, 2013).

Berikut adalah beberapa poin penjelasan yang lebih detail terkait tantangan tersebut:

1. Kemacetan Lalu Lintas

Jakarta tidak hanya menjadi masalah mobilitas, tetapi juga mempengaruhi kegiatan ekonomi dan kualitas hidup penduduk. Dengan populasi kendaraan yang terus meningkat dan infrastruktur jalan yang terbatas, terjadinya kemacetan lalu lintas menjadi tak terhindarkan. Waktu yang terbuang dalam kemacetan lalu lintas juga berarti peningkatan biaya operasional transportasi bagi penduduk dan bisnis.

2. Keterbatasan Infrastruktur Transportasi

Meskipun telah terjadi pengembangan infrastruktur transportasi publik seperti jaringan Transjakarta dan kereta api, masih terdapat keterbatasan dalam jangkauan, kapasitas, dan kualitas layanan. Beberapa daerah di pinggiran kota atau kota-kota penyangga mungkin tidak dilayani dengan baik oleh sistem transportasi publik, menyebabkan ketergantungan yang tinggi pada kendaraan pribadi dan meningkatkan kemacetan lalu lintas.

3. Ketidaksetaraan Akses

Ketimpangan aksesibilitas transportasi antara daerah perkotaan dan pinggiran kota dapat mengisolasi komunitas lokal dari layanan dan peluang ekonomi yang lebih luas. Hal ini bisa menyebabkan ketidakmerataan dalam pembangunan dan meningkatkan disparitas sosial-ekonomi antara wilayah perkotaan dan pedesaan.

4. Dampak Lingkungan dan Kesehatan

Polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor menjadi masalah serius di Jakarta. Tingginya tingkat emisi gas buang dan partikel berbahaya dari kendaraan tidak hanya berdampak negatif pada kesehatan masyarakat, tetapi juga memperburuk kualitas udara dan lingkungan kota secara keseluruhan. Selain itu, tingginya tingkat kebisingan dari lalu lintas juga dapat berdampak negatif pada kesehatan mental dan kesejahteraan penduduk.

Pemaparan detail tentang tantangan-tantangan ini memperlihatkan bahwa akses transportasi publik yang berkelanjutan menjadi krusial dalam mencapai pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan. Dengan pemahaman yang mendalam tentang masalah ini, langkah-langkah strategis dapat dirancang untuk mengatasi tantangan tersebut demi mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan (Abbas, 2020).

PERAN INTEGRASI AI DALAM SEKTOR ENERGI DAN TRANSPORTASI

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sektor energi dan transportasi memiliki peran yang penting dalam mengatasi tantangan akses transportasi publik yang berkelanjutan di Jakarta. Dengan populasi yang terus bertambah dan infrastruktur yang terbatas, Jakarta memerlukan solusi yang inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan transportasi publiknya. Di sinilah peran AI menjadi krusial. Melalui analisis data yang canggih dan kemampuan prediktifnya, AI dapat membantu dalam merancang solusi yang lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika pergerakan masyarakat. Misalnya, dengan memantau pola perjalanan, AI dapat menyesuaikan penjadwalan dan rute transportasi publik secara real-time, mengurangi waktu tunggu dan memaksimalkan pemanfaatan armada. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk mengelola kepadatan lalu lintas dengan lebih efisien. Dengan menganalisis data lalu lintas secara mendalam, sistem AI dapat mengidentifikasi pola kemacetan dan mengarahkan

arus lalu lintas ke rute alternatif, sehingga mengurangi kemacetan dan waktu perjalanan (Kabul Paminto, 2020).

Di bidang energi, AI dapat membantu dalam mengoptimalkan konsumsi energi pada armada transportasi publik. Dengan memantau dan menganalisis data penggunaan energi, AI dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Lebih jauh lagi, pengembangan kendaraan otonom yang didukung oleh teknologi AI dapat membuka peluang baru dalam transformasi transportasi publik di Jakarta. Kendaraan otonom dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas, meningkatkan keamanan, dan menyediakan akses transportasi yang lebih mudah bagi Masyarakat (Widyawati, 2022).

Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan dalam sektor energi dan transportasi, Jakarta dapat menghadapi tantangan akses transportasi publik yang berkelanjutan dengan lebih efektif. AI bukan hanya menjadi alat untuk meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga merupakan fondasi untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih adaptif, responsif, dan berkelanjutan untuk masa depan Jakarta yang lebih baik. AI dapat memberikan kontribusi yang signifikan melalui berbagai cara, seperti:

1. **Optimasi Rute dan Penjadwalan**

AI dapat digunakan untuk menganalisis data lalu lintas secara real-time dan merancang rute optimal untuk transportasi publik. Dengan memanfaatkan algoritma machine learning, sistem transportasi dapat menyesuaikan penjadwalan dan rute berdasarkan pola perjalanan yang berubah.

2. **Pengelolaan Kepadatan Lalu Lintas**

AI dapat membantu dalam mengelola kepadatan lalu lintas dengan memprediksi dan menghindari titik-titik kemacetan potensial. Dengan demikian, efisiensi transportasi publik dapat ditingkatkan dengan mengurangi waktu perjalanan dan meningkatkan keandalan layanan.

3. **Peningkatan Efisiensi Energi**

Melalui analisis data dan pemodelan prediktif, AI dapat membantu dalam mengoptimalkan penggunaan energi dalam sistem transportasi. Ini termasuk manajemen energi untuk armada transportasi, pemantauan dan perawatan kendaraan, serta pengoptimalan konsumsi bahan bakar.

4. **Pengembangan Kendaraan Otonom**

Pengembangan kendaraan otonom yang didukung oleh teknologi AI dapat mengubah paradigma transportasi publik. Dengan kendaraan yang dapat mengemudi sendiri dan berkomunikasi satu sama lain, efisiensi dan keamanan perjalanan dapat ditingkatkan secara signifikan.

5. **Personalisasi Layanan Transportasi** yaitu: AI dapat digunakan untuk menyediakan layanan transportasi publik yang lebih personal dan disesuaikan dengan kebutuhan individu. Ini dapat mencakup rekomendasi rute, jadwal perjalanan, dan informasi transportasi yang disesuaikan dengan preferensi pengguna.

Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (AI) dalam sektor energi dan transportasi, Jakarta dapat menghadapi tantangan akses transportasi publik yang berkelanjutan dengan lebih efektif. Integrasi AI membuka peluang untuk mengoptimalkan berbagai aspek sistem transportasi, mulai dari perencanaan rute, pengelolaan lalu lintas, hingga penggunaan energi yang lebih efisien. Penerapan AI dalam sistem transportasi memungkinkan Jakarta untuk

meningkatkan efisiensi dan efektivitas layanan transportasi publik. Melalui analisis data yang canggih, AI dapat memberikan informasi real-time tentang kondisi lalu lintas, memprediksi pola pergerakan masyarakat, dan menyesuaikan penjadwalan transportasi secara dinamis. Hal ini membantu mengurangi waktu tunggu dan kemacetan, meningkatkan kenyamanan perjalanan, dan memperbaiki pengalaman pengguna secara keseluruhan (Yuliani, 2015).

Selain itu, integrasi AI juga membuka potensi untuk menciptakan lingkungan transportasi yang lebih inklusif, aman, dan berkelanjutan bagi penduduk kota. Dengan menerapkan teknologi AI dalam pengelolaan transportasi, Jakarta dapat memastikan aksesibilitas yang lebih baik bagi semua lapisan masyarakat, termasuk mereka yang tinggal di daerah terpencil atau kurang berkembang. Selain itu, sistem transportasi yang lebih efisien dan terorganisir dengan baik juga berkontribusi pada peningkatan keamanan, mengurangi risiko kecelakaan, dan menciptakan lingkungan yang lebih aman bagi pengguna jalan. Integrasi AI dalam sektor energi dan transportasi juga berpotensi untuk mempromosikan keberlanjutan lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi AI untuk mengoptimalkan penggunaan energi, Jakarta dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi, memperbaiki kualitas udara, dan menjaga keberlanjutan lingkungan kota. Ini sejalan dengan komitmen global untuk mengurangi dampak negatif transportasi terhadap lingkungan dan mengarahkan perkembangan menuju pola transportasi yang lebih ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, integrasi AI dalam sektor energi dan transportasi tidak hanya membawa potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memberikan kesempatan untuk menciptakan transformasi positif dalam cara Jakarta mengelola transportasi publiknya. Dengan menerapkan teknologi AI secara bijaksana dan terarah, Jakarta dapat mencapai tujuan pembangunan kota yang lebih inklusif, aman, dan berkelanjutan bagi penduduknya.

PEMBAHASAN

INTEGRASI AI DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI TRANSPORTASI PUBLIK

Meningkatkan Efisiensi Sistem Transportasi Publik dengan AI

Peraturan yang mengatur transportasi di Indonesia adalah Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, yang selanjutnya dikenal sebagai UU No. 22/2009. Dalam pasal 1 Ayat (37) UU No. 22/2009, kendaraan adalah semua jenis kendaraan, baik kendaraan bermotor maupun tidak bermotor. Peraturan transportasi kontemporer telah dibuat oleh pemerintah, seperti Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 45 Tahun 2020 tentang Kendaraan Tertentu Dengan Penggerak Motor Listrik (PM No. 45 Tahun 2020) dan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 44 Tahun 2020 tentang Pengujian Tipe Fisik Kendaraan Bermotor Dengan Penggerak Motor Listrik (PM No. 44 Tahun 2020) (Juliansyah, 2022).

Untuk menghadapi tantangan yang akan datang dari perkembangan kota kontemporer, konsep Smart City digunakan dalam ibu kota negara baru. Dalam beberapa dekade terakhir, konsep ini telah menjadi sangat populer karena dianggap mampu mengatasi pertumbuhan populasi yang terus meningkat di perkotaan dan juga dianggap mampu memenuhi permintaan untuk pendekatan kreatif dan inovatif untuk mengelola kompleksitas kehidupan perkotaan. Diharapkan, dengan mengambil pelajaran dari pembangunan Jakarta, konsep kota pintar dapat diterapkan pada ibu kota negara baru untuk mengatasi masalah dan tantangan yang

mungkin muncul dalam pembangunan perkotaan di masa mendatang. Namun, untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan data dan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, pembangunan ekonomi, dan kualitas hidup Masyarakat (Sari, 2022).

Kendaraan otonom adalah tren baru yang unik dan kontemporer dalam kemajuan transportasi publik. Semua aspek implementasinya, dari kebijakan hingga implementasi, menarik untuk dipelajari karena diterapkan di banyak negara seperti Amerika Serikat, Korea Selatan, China, dan Jerman. Ibu Kota Negara Baru (IKN) berencana untuk menggunakan Integrated Transport System (ITS) dan kendaraan otonom untuk transportasi publik di masa mendatang, Indonesia memiliki peluang besar untuk mencapai level 3 hingga 5. Namun, masalah seperti infrastruktur jalan raya, ancaman keamanan siber, dan sikap tidak disiplin masyarakat dapat menghalangi adopsi kendaraan otonom di Indonesia (Rasdiyanti et al., 2024).

Pendekatan Internet of Things (IoT) dapat meningkatkan konsumsi energi terbarukan, meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan energi. (Anggy Giri Prawiyogi & Aang Solahudin Anwar, 2023).

Mengurangi Ketergantungan pada Kendaraan Pribadi

Pembahasan mengenai dampak penggunaan AI dalam transportasi publik terhadap mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi, serta peningkatan aksesibilitas masyarakat terhadap transportasi yang berkelanjutan.

Pemerintah saat ini sedang bersemangat untuk meningkatkan pelayanan publik melalui penggunaan teknologi informasi dan komunikasi kontemporer. Peningkatan efektivitas dan kualitas pelayanan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor teknologi; visi dan misi organisasi juga berpengaruh. Untuk membantu pelayanan masyarakat, sistem informasi ini membutuhkan bantuan dari dalam organisasi. (Amy et al., 2020).

DKI Jakarta memiliki banyak masalah transportasi yang rumit. Salah satu masalah transportasi saat ini adalah kepadatan lalu lintas yang masih sulit untuk diatasi. Panjang jalan di Jakarta hanya sekitar 7 persen dari luas kota, tetapi di negara maju, panjang jalan harus antara 12 hingga 15 persen dari luas kota. Hal ini disebabkan oleh sejumlah alasan, termasuk kebutuhan mobilitas yang tinggi dan gaya hidup kendaraan pribadi di masyarakat DKI Jakarta. Pada tahun 2020, ada 20.221.821 kendaraan di DKI Jakarta, menurut Jakarta.bps.go.id. Jumlah tersebut terdiri dari motor, mobil penumpang, bus, dan truk. Jumlah kendaraan roda dua, atau motor, adalah yang paling banyak dari keempat kategori tersebut, dengan 16.141.380 unit. (Mu'allimah & Mashpufah, 2021)

Transportasi publik massal yang cepat dan murah harus digunakan untuk mengurangi kemacetan di DKI Jakarta. Ini disebabkan oleh fakta bahwa memindahkan penumpang dari kendaraan pribadi ke transportasi publik yang hemat waktu dan biaya, seperti Bus Transjakarta, yang juga dikenal sebagai Busway. Diharapkan bahwa ini akan membantu mengurangi kemacetan di Ibu Kota Negara. Oleh karena itu, kebijakan yang mengatur layanan publik berbasis Bus Rapid Transit (BRT) yang memudahkan perjalanan. (Kurniawan, 2019).

Untuk berkompetisi dalam ekonomi global kontemporer, pemerintah di seluruh dunia harus memiliki kemampuan strategis untuk "governance dinamis". Pemerintah diminta untuk menyesuaikan diri karena berbagai bidang dan aspek kehidupan sedang berubah. Untuk membuat dan menerapkan kebijakan pemerintah yang beradaptasi dengan perubahan lingkungan, tata kelola yang dinamis menjadi landasan penting. Pelayanan transportasi publik yang mudah dan aman telah dibuat oleh pemerintah provinsi DKI Jakarta. Meskipun banyak inovasi telah dilakukan, masih ada banyak hal yang perlu diperbaiki. Karena statusnya sebagai pusat ibu kota dan pusat ekonomi, masyarakat daerah memilih Jakarta sebagai tempat migrasi. Dalam hal ini, pemerintah DKI Jakarta menghadapi tantangan karena harus membuat kebijakan yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan tetap fleksibel (Ramadhan, 2023).

AI DALAM MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA

Menggunakan AI untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca

Dalam mengatasi masalah emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi, kecerdasan buatan (AI) telah membuka peluang besar untuk menciptakan solusi yang efektif. Menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dalam sektor transportasi menjanjikan solusi yang efektif dan inovatif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. AI memberikan kemampuan untuk menganalisis data besar secara cepat dan akurat, serta menghasilkan rekomendasi yang tepat waktu untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Iyer, 2021).

Salah satu aplikasi utama AI adalah dalam pengoptimalan penggunaan bahan bakar. Melalui analisis data tentang kondisi jalan, lalu lintas, cuaca, dan kondisi kendaraan, sistem AI dapat memberikan strategi pengemudi yang paling efisien untuk mengurangi konsumsi bahan bakar. Ini dapat mencakup saran tentang kecepatan optimal, rute yang lebih efisien, dan perawatan kendaraan yang tepat waktu untuk meminimalkan emisi gas buang.

Selain itu, AI juga dapat digunakan dalam manajemen lalu lintas yang lebih efisien. Dengan memprediksi pola lalu lintas dan mengatur sinkronisasi lampu lalu lintas secara dinamis, sistem AI dapat mengurangi kemacetan dan waktu tunggu yang berlebihan. Ini tidak hanya mengurangi emisi gas buang karena kendaraan tidak terjebak dalam lalu lintas yang padat, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan infrastruktur transportasi yang ada. Kemudian dapat digunakan untuk mempromosikan transportasi berkelanjutan. Dengan menganalisis data perilaku pengguna transportasi, sistem AI dapat menyusun strategi promosi yang disesuaikan untuk mendorong penggunaan kendaraan ramah lingkungan seperti kendaraan listrik, carpooling, atau transportasi umum. Ini membantu mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca secara keseluruhan (Bharadiya, 2023).

Secara keseluruhan, penggunaan AI dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi menawarkan potensi besar untuk menciptakan solusi yang efektif dan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Dengan memanfaatkan analisis data yang canggih dan kecerdasan buatan, kita dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi polusi udara, dan mempromosikan transportasi berkelanjutan untuk melestarikan lingkungan alam bagi generasi mendatang (Chan et al., 2022).

Beberapa aplikasi utama AI dalam konteks ini termasuk:

1. Pengoptimalan Penggunaan Bahan Bakar

AI dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar dalam kendaraan, baik kendaraan pribadi maupun transportasi umum. Sistem AI dapat menganalisis data secara real-time tentang kondisi jalan, lalu lintas, dan kondisi kendaraan untuk menghasilkan strategi pengemudi yang paling efisien. Ini dapat mencakup saran tentang kecepatan optimal, rute yang lebih efisien, dan pemeliharaan kendaraan yang tepat waktu untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar dan emisi.

2. Manajemen Lalu Lintas yang Efisien

AI dapat membantu dalam manajemen lalu lintas yang lebih efisien, mengurangi kemacetan dan waktu tunggu yang berlebihan. Dengan menganalisis data lalu lintas secara real-time, sistem AI dapat mengoptimalkan sinkronisasi lampu lalu lintas, mengalokasikan jalur dengan lebih baik, dan memberikan rekomendasi tentang waktu perjalanan yang optimal. Hal ini tidak hanya mengurangi emisi gas buang karena kurangnya kemacetan, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan infrastruktur transportasi yang ada.

3. Promosi Transportasi Berkelanjutan

AI dapat digunakan untuk mengembangkan dan mempromosikan solusi transportasi berkelanjutan, seperti penggunaan kendaraan listrik, carpooling, atau transportasi umum. Melalui analisis data penggunaan transportasi dan preferensi pengguna, sistem AI dapat menyusun strategi promosi yang disesuaikan untuk mendorong perilaku transportasi yang ramah lingkungan. Ini dapat mencakup insentif finansial, kampanye kesadaran, atau pengembangan aplikasi yang memudahkan akses ke opsi transportasi berkelanjutan.

Dampak Positif Integrasi AI terhadap Lingkungan

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sektor transportasi tidak hanya membawa manfaat operasional dan ekonomi, tetapi juga dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan alam. Pertama, AI berperan dalam pengurangan polusi udara. Dengan memanfaatkan teknologi AI untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar dan manajemen lalu lintas, kita dapat mengurangi jumlah kendaraan yang beroperasi dalam kondisi yang tidak efisien, sehingga mengurangi emisi gas buang. Selain itu, promosi transportasi berkelanjutan melalui strategi AI juga berkontribusi pada pengurangan polusi udara dengan mendorong penggunaan kendaraan ramah lingkungan seperti kendaraan listrik atau transportasi umum.

Kedua, integrasi AI membantu dalam perlindungan sumber daya alam. Dengan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan mengoptimalkan penggunaan infrastruktur transportasi yang ada, kita dapat mengurangi tekanan terhadap lingkungan alam, seperti pengurangan habitat yang disebabkan oleh pembangunan jalan baru atau pengeboran minyak. Dengan demikian, integrasi AI membantu dalam mempertahankan ekosistem yang sehat dan keberlanjutan sumber daya alam bagi masa depan.

Secara keseluruhan, integrasi AI dalam sektor transportasi tidak hanya membawa manfaat ekonomi dan efisiensi operasional, tetapi juga memainkan peran kunci dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan melestarikan lingkungan alam untuk generasi mendatang. Dengan memanfaatkan potensi AI untuk mengembangkan solusi yang inovatif dan berkelanjutan, kita dapat bergerak menuju masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan bagi seluruh makhluk hidup di planet ini. Integrasi AI dalam sektor transportasi tidak hanya membawa manfaat operasional dan ekonomi, tetapi juga dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan:

1. Pengurangan Polusi Udara

Dengan mempromosikan penggunaan kendaraan yang lebih efisien dan ramah lingkungan serta mengoptimalkan manajemen lalu lintas, integrasi AI dapat secara langsung mengurangi emisi polutan udara berbahaya. Penurunan dalam penggunaan bahan bakar fosil juga akan mengurangi jumlah partikel polusi yang dilepaskan ke atmosfer.

2. Perlindungan Sumber Daya Alam

Dengan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan mengoptimalkan penggunaan infrastruktur transportasi yang ada, integrasi AI membantu melindungi sumber daya alam yang terbatas. Hal ini termasuk mengurangi pengeboran minyak, penurunan tekanan terhadap habitat alami, dan pengurangan dampak negatif lainnya terhadap ekosistem.

Dengan demikian, integrasi AI dalam sektor transportasi tidak hanya membawa manfaat ekonomi dan efisiensi operasional, tetapi juga memainkan peran kunci dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan melestarikan lingkungan alam untuk generasi mendatang.

KESIMPULAN

Pengembangan kota Jakarta yang berkelanjutan yang mengacu pada SDGS yang mempunyai 17 tujuan, Dimana salah satunya adalah kota dan pemukiman yang berkelanjutan. Tantangan kota Jakarta adalah akses transportasi publik yang berkelanjutan antar kota dan kota2 penyangga. Salah satu tantangan yang dihadapi Jakarta dalam mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan adalah akses transportasi publik yang berkelanjutan antar kota dan kota-kota penyangga. Integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sektor energi dan transportasi dapat menjadi solusi untuk mengatasi tantangan tersebut. AI dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi publik, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi dan meningkatkan aksesibilitas masyarakat. Dalam penelitian ini, kami mengkaji potensi integrasi AI dalam sektor energi dan transportasi untuk mendukung pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan. Kami menganalisis potensi AI dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi publik, serta potensi AI dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI memiliki potensi yang besar untuk mendukung pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan. AI dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi publik, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi dan meningkatkan aksesibilitas masyarakat. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi.

Dalam menghadapi tantangan yang kompleks dalam pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan, integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sektor energi dan transportasi telah menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi dampak lingkungan, dan menciptakan lingkungan transportasi yang lebih inklusif dan aman bagi penduduk kota. Melalui penelitian ini, kami dapat menyimpulkan bahwa penerapan teknologi AI dalam pengelolaan energi dan transportasi memiliki dampak positif yang signifikan dalam mengoptimalkan layanan transportasi publik, mengurangi kemacetan lalu lintas, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Namun, upaya integrasi AI memerlukan kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil untuk menciptakan kebijakan yang mendukung, infrastruktur yang memadai, dan kesadaran masyarakat yang tinggi terhadap

manfaat teknologi AI dalam kehidupan sehari-hari.

SARAN

1. **Penguatan Kerjasama Antar Stakeholder:**

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta perlu meningkatkan kerjasama dengan pihak swasta, akademisi, dan masyarakat sipil dalam pengembangan dan implementasi solusi berbasis AI dalam sektor energi dan transportasi. Dengan membangun kemitraan yang kuat, Jakarta dapat memanfaatkan sumber daya dan pengetahuan yang beragam untuk mencapai tujuan pembangunan kota yang berkelanjutan.

2. **Peningkatan Infrastruktur Digital:**

Pemerintah perlu menginvestasikan lebih lanjut dalam infrastruktur digital yang mendukung implementasi teknologi AI dalam pengelolaan transportasi. Hal ini meliputi pengembangan sensor dan sistem monitoring, serta penyediaan akses internet yang luas dan terjangkau untuk memfasilitasi pertukaran data secara real-time.

3. **Pendidikan dan Pelatihan Tenaga Kerja:**

Diperlukan pelatihan dan pendidikan khusus bagi tenaga kerja terkait untuk memahami dan mengelola teknologi AI dengan efektif. Program-program pelatihan ini dapat membantu memperkuat kapasitas sumber daya manusia yang terlibat dalam pengembangan dan implementasi solusi berbasis AI.

4. **Pengembangan Kebijakan yang Terpadu:**

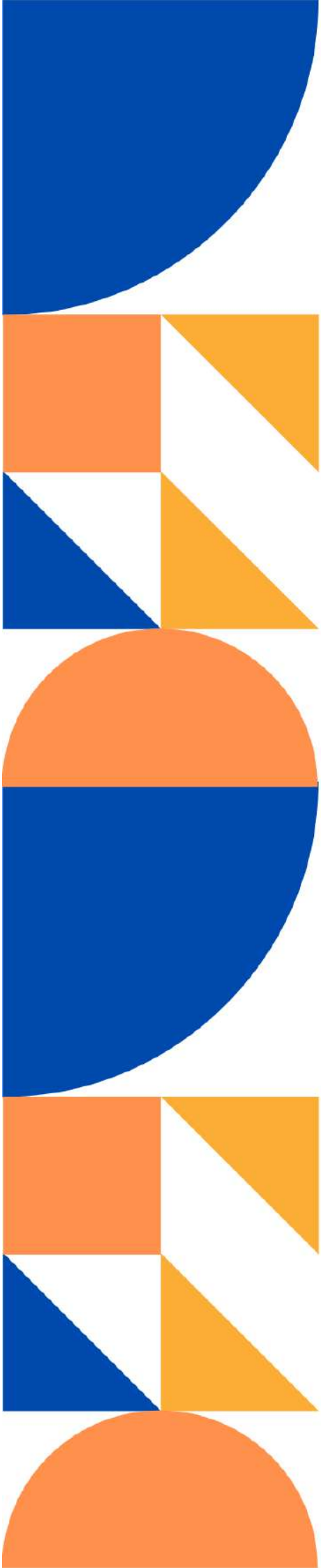
Pemerintah perlu merumuskan kebijakan yang terpadu dan inklusif untuk mengatur penggunaan teknologi AI dalam sektor energi dan transportasi. Kebijakan ini harus mencakup standar, regulasi, dan insentif yang memfasilitasi pengembangan dan adopsi teknologi AI, sambil mempertimbangkan aspek keamanan, privasi, dan etika.

Dengan menerapkan rekomendasi ini, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat mempercepat transformasi menuju kota yang lebih inklusif, aman, dan berkelanjutan, serta memperkuat posisinya sebagai pusat inovasi dan pembangunan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, K. A. (2020). Transportation and The Use of Oxygen. *Indonesian Journal of Anesthesiology and Reanimation*, 1(2), 58. <https://doi.org/10.20473/ijar.v1i22019.58-63>
- Amy, N., Muchali, A., Budiarto, J., Maulachela, A. B., & Ashril Rizal, A. (2020). Management of issue and public trust using information technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1539(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1539/1/012073>
- Anggy Giri Prawiyogi, & Aang Solahudin Anwar. (2023). Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 1(2), 187–197. <https://doi.org/10.34306/mentari.v1i2.254>
- Bharadiya, J. (2023). Artificial Intelligence in Transportation Systems A Critical Review. *American Journal of Computing and Engineering*, 6(1), 34–45. <https://doi.org/10.47672/ajce.1487>
- Chan, L., Hogaboam, L., & Cao, R. (2022). *Artificial Intelligence in Transportation BT - Applied Artificial Intelligence in Business: Concepts and Cases* (L. Chan, L. Hogaboam, & R. Cao (eds.); pp. 231–247). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05740-3_15
- De Gani, F. A., & Sembiring, M. Y. G. (2023). Mengenal Identitas dan Integrasi Nasional Indonesia. *Indigenous Knowledge*, 1(2), 166–178.
- Diah Riski Hardiana. (2018). Implementasi sustainable development goals (SDGs) dalam pembangunan kota berkelanjutan di Jakarta. *Jusuf Kalla School of Government*, May, 1.
- Hidayatulloh, S., & Anisa. (2022). Kajian Prinsip Arsitektur Berkelanjutan pada Bangunan Perkantoran (Studi Kasus: Gedung Utama Kementrian PUPR). *Jurnal Arsitektur Zonasi*, 5(3), 521–530.
- Iyer, L. S. (2021). AI enabled applications towards intelligent transportation. *Transportation Engineering*, 5, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100083>
- Juliansyah, F. M. (2022). Kepastian Hukum Terhadap Mobil Berteknologi Auto Pilot Ditinjau Dari Perspektif Hukum Lalu Lintas Jalan Di Indonesia. *Bureaucracy Journal: Indonesia Journal of Law and Social-Political Governance*, 2(2), 794–805. <https://doi.org/10.53363/bureau.v2i2.108>
- Kabul Paminto, A. (2020). Analisis Dan Proyeksi Kebutuhan Energi Sektor Transportasi Di Indonesia. *Jurnal Energi Dan Lingkungan (Enerlink)*, 16(2), 51–54. <https://doi.org/10.29122/jel.v16i2.4801>
- Karim, M. Al, Utomo, G. J., & Fauziah, B. (2019). Kualitas Hidup Dan Pertumbuhan Ekonomi, Studi Kasus Dki Jakarta Dan Daerah Penyangganya. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 15(3), 227–247. <https://doi.org/10.14710/pwk.v15i3.22287>
- Kurniawan, I. A. (2019). Implementasi Kebijakan Transportasi Publik Bus Transjakarta (Busway) Dalam Rangka Mengurangi Kemacetan. *Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi*, 9(1), 1–24. <https://doi.org/10.33592/jiia.v9i2.258>
- Liun, E. (2018). Dampak Peralihan Massal Transportasi Jalan Raya Ke Mobil Listrik. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 19(2), 113. <https://doi.org/10.17146/jpen.2017.19.2.4075>
- Manullang, E., & Sinaga, N. (2022). Potential and Challenges of Hydrogen Development as New Renewable Energy in Indonesia. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 7(2), 55–62. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v7i2.1647>
- Mauleny, A. T. (2015). Aglomerasi, Perubahan Sosial Ekonomi, Dan Kebijakan Pembangunan Jakarta. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 6(2), 147–162.
- Mu'allimah, & Mashpufah, R. N. (2021). Analisis Kebijakan Pemerintah Provinsi Dki Jakarta

- Dalam. *Jurnal Manajemen Dan Ilmu Administrasi Publik*, 3, 291–296.
- Ninvika, D. H., Aulia, R. R., Wulandari, Y. P., & Pamungkas, B. P. (2024). *INTEGRASI TRANSPORTASI PUBLIK BERKELANJUTAN DI March*.
- Prinsip Arsitektur Berkelanjutan Pada Bangunan Perkantoran Studi Kasus, K., Office Park, G., Selatan Syarif Hidayatulloh, T., & Hidayatulloh, S. (2022). Kajian Prinsip Arsitektur Berkelanjutan Pada Bangunan Perkantoran (Studi Kasus: Green Office Park 6, Tangerang Selatan). *Purwarupa*, 1(1), 21–26.
- Ramadhan, M. (2023). Pengelolaan Dalam Penyediaan Transportasi Public Pemerintah DKI Jakarta Dengan Konsep Dynamic Governance. *Journal of Social Contemplativa*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.61183/jsc.v1i1.9>
- Rasdiyanti, A. D., Hayat, & Suyeno. (2024). Indonesia Government Policy Strategy to Support Autonomous Vehicles Implementation for Public Transport Strategi Kebijakan Pemerintah Indonesia dalam Mendukung Penerapan Kendaraan Otonom untuk Transportasi Publik. *Journal Aristo (Social, Politic, Humaniora)*, 12(2), 452–474.
- Sari, G. K. (2022). Integrasi Pembangunan Ibu Kota Negara Baru Dan Daerah Penyangganya. *STANDAR: Better Standard Better Living*, 1(2), 27–32. <http://majalah.bsilhk.menlhk.go.id/index.php/STANDAR/article/view/23>
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Sitorus, A. M. H. (2022). Sistem Transportasi Terintegrasi di DKI Jakarta: Analisis Transformasi Berkeadilan Sosial. *Jurnal Sosiologi Andalas*, 8(1), 31–41. <https://doi.org/10.25077/jsa.8.1.31-41.2022>
- Suarna, E. (2013). Analisa Karakteristik Keunggulan Ethanol Sebagai Sumber Energi Alternatif Pada Sektor Transportasi. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 14(2). <https://doi.org/10.29122/jsti.v14i2.915>
- Widyawati, L. (2022). Ruang Terbuka Hijau Permukiman di Jakarta Menuju Pembangunan Kota Berkelanjutan. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 5(2), 148–159. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1080>
- Yudiartono, Y., Windarta, J., & Adiarso, A. (2022). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(3), 201–217. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14264>
- Yuliani, F. (2015). *Kemitraan Pemerintah , Dunia Usaha , dan Masyarakat dalam Sektor Transportasi Publik Partnerships among the Government , Business and the Society within Public Transportation Sector*. 02(02).
- Zafira, W. S., & Puspitasari, A. Y. (2022). Penerapan Prinsip Transit-Oriented Development (TOD) untuk Mewujudkan Transportasi yang Berkelanjutan. *Jurnal Kajian Ruang*, 2(1), 110. <https://doi.org/10.30659/jkr.v2i1.20440>



IMPLEMENTASI *SMART PARKING* BERBASIS *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN PARKIR DI JAKARTA

**Nita Merlina^{1*}, Agus Trihandoyo², Nissa Almira
Mayangky³, Daning Nur Sulistyowati⁴**

^{1,3,4} Universitas Nusa Mandiri Jakarta

² Universitas Siber Indonesia Jakarta

e-mail: nita@nusamandiri.ac.id

PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan pribadi telah menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari khususnya di perkotaan, di mana banyak orang lebih memilih kendaraan pribadi dibandingkan transportasi umum untuk perjalanan kerja. Hal ini disebabkan oleh kenyamanan dan pengurangan stres selama berkendara meskipun menemukan tempat parkir di kota besar bisa menjadi tantangan (Zulfiqar et al., 2023) (Alarbi et al., 2023). Cepatnya peningkatan kepemilikan mobil, kebijakan manajemen parkir yang tidak efisien, persyaratan parkir minimum untuk proyek baru, dan persepsi bahwa parkir adalah hak telah menyebabkan masalah signifikan di daerah perkotaan. Hal ini karena parkir yang melimpah mendorong ketergantungan pada kendaraan pribadi (Macea et al., 2023).

Seiring dengan pertumbuhan populasi jumlah kendaraan yang terus meningkat, menyebabkan tingginya angka kecelakaan terutama di daerah perkotaan. Setiap tahun 1,35 juta orang meninggal karena kecelakaan lalu lintas dan lima juta lainnya terluka. Lebih dari 80% dari jumlah total kematian akibat kecelakaan lalu lintas dapat dihindari melalui peningkatan kelancaran arus lalu lintas (*Road Traffic Injuries*, 2023).

Kemacetan lalu lintas sering terjadi di kota-kota besar terutama pada jam-jam sibuk akibat kekurangan tempat parkir atau sistem parkir yang tidak efisien. Area parkir yang tidak teratur dan berada di luar jalan semakin memperburuk situasi ini, menciptakan lingkungan yang tidak ramah dan padat bagi kendaraan lain (Thomas & Kovoov, 2018). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Daerah Khusus Ibukota Jakarta (DKI Jakarta) jumlah penduduk DKI Jakarta pada tahun 2020-2022 mencapai 10.679.951 jiwa menjadikannya kota yang sangat padat dan menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan parkir (Statistik, 2022), (Nwachi et al., 2024), (Chen et al., 2024).

Oleh karena itu artikel ini tidak hanya membahas ketersediaan tempat parkir tetapi juga mengeksplorasi pengenalan plat nomor kendaraan. Implementasi kecerdasan buatan dalam sistem *Smart Parking* diidentifikasi sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah parkir dengan efisien. Sistem ini memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi termasuk sensor cerdas untuk mendeteksi ketersediaan tempat parkir, aplikasi seluler untuk membantu pengguna menemukan tempat parkir, dan integrasi dengan sistem pembayaran elektronik untuk mempermudah transaksi (Hou et al., 2020), (Perković et al., 2020). Berbagai teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *gateway*, dan integrasi perangkat lunak diterapkan dalam pengembangan kota cerdas. Teknologi ini meliputi sensor data, aplikasi seluler, *gateway* internal, dan studi literatur yang diperlukan (Al-Barhamtoshy et al., 2023), (Rocco et al., 2023).

Manfaat yang diharapkan dari penerapan sistem *Smart Parking* di DKI Jakarta mencakup pengurangan kemacetan lalu lintas dengan membantu pengguna menemukan tempat parkir lebih cepat, sehingga mengurangi waktu yang dihabiskan untuk mencari tempat parkir. Selain itu, sistem ini dapat mengurangi polusi udara dengan mengurangi jumlah kendaraan yang berputar-putar mencari parkir. Lebih lanjut, sistem *Smart Parking* diharapkan dapat meningkatkan pendapatan daerah melalui manajemen parkir yang lebih efisien.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah penelitian yang diusulkan merujuk dari beberapa artikel, penelitian, maupun hasil pemikiran sebelumnya. Penelitian rujukan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. *State of the art*

Authors	Developed technique	Result
(Al-Barhamtoshy et al., 2023)	<i>Mask-RCNN</i>	Model yang disempurnakan memiliki kinerja yang baik pada akurasi klasifikasi 85% dan F1-Skor 86%.
(Naufal et al., 2020)	<i>Mask RCNN</i>	Hasil penandaan posisi parkir dengan uji coba ketersediaan tempat parkir pada data video menggunakan mini AlexNet, dan mencapai akurasi sebesar 73,73%.dan akurasi <i>Intersection over Union</i> (IoU) mencapai 85,80%
(Elfaki et al., 2023)	<i>Automatic Number Plate Recognition (ANPR), Optical Character Recognition (OCR)</i>	Model yang diusulkan dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan pengelolaan fasilitas parkir secara keseluruhan, memberikan pengalaman parkir yang lancar bagi pengguna sekaligus memastikan pemanfaatan area parkir yang tepat.
(Rakshe & Dongre, 2024)	<i>Optical Character Recognition (OCR)</i>	Uji coba menunjukkan bahwa desain sistem dapat mengenali plat nomor mobil dengan benar baik dalam gambar diam maupun bergerak.

Artikel yang tertera pada Tabel 1 merupakan artikel yang memiliki nilai akurasi yang baik dan kepercayaan terhadap hasil prediksi dari model yang meningkat, serta keberhasilan menerapkan sistem secara *real time* dengan baik. Hal ini penting terutama dalam konteks pengambilan keputusan yang berkaitan dengan faktor risiko.

PEMBAHASAN

Bunga Rampai ini menyajikan referensi tentang solusi *Smart Parking* dengan tujuan memfokuskan pengembangan dan evolusi sistem *Smart Parking* dalam lingkungan komputasi yang tersebar secara merata dan terintegrasi ke dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, seperti rumah, kantor, transportasi, dan infrastruktur kota. Bagian ini berfokus pada proyek-proyek terkemuka berdasarkan sistem *Smart Parking* otomatis.

Teknologi *Mask-RCNN* untuk mengidentifikasi tempat parkir yang kosong

Dalam penelitian ini diperkenalkan suatu model *Mask-RCNN* untuk menerapkan dan menguji konsep tempat parkir yang tersedia. Model yang ditingkatkan ini menunjukkan kinerja yang unggul dalam hal akurasi klasifikasi. Hal tersebut menunjukkan efektivitas dan kegunaan yang tinggi dalam konteks kota cerdas.

Kerangka kerja yang diusulkan ada lima langkah, di mana aliran video diperoleh melalui kamera web yang dipasang di luar jendela kendaraan (Al-Barhamtoshy et al., 2023). Kerangka

kerja untuk mendeteksi tempat parkir yang tersedia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka kerja untuk mendeteksi tempat parkir yang tersedia di *Smart City*

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah dari Gambar 1 yang harus diikuti untuk mendeteksi tempat parkir yang tersedia

Langkah 1	:	Baca aliran video masukan.
Langkah 2	:	Analisis aliran video tersebut dengan mengekstraksi bingkai yang mencakup area parkir.
Langkah 3	:	Deteksi Parkir A. Deteksi semua tempat parkir yang ada dalam bingkai video. B. Tentukan tempat parkir mana yang kosong.
Langkah 4	:	Deteksi Mobil A. Deteksi semua mobil di setiap bingkai video. B. Lacak setiap mobil dari bingkai ke bingkai.
Langkah 5	:	Cocokkan antara tempat kosong dan mobil A. Tentukan tempat parkir yang ditempati oleh mobil. B. Tentukan tempat parkir yang kosong. C. Cocokkan dan deteksi ruang yang cocok untuk mobil.

Langkah selanjutnya adalah mengatur model Mask RCNN dengan membuat kelas konfigurasi. Langkah tersebut bertujuan untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan jika kita memiliki beberapa Graphics Processing Unit (GPU). Selain itu, konfigurasi ini memungkinkan penanganan jumlah objek yang akan diklasifikasikan dari solusi yang diusulkan. Penelitian ini juga digunakan model Common Objects in Context (COCO) yang telah dilatih sebelumnya.

Model Mask RCNN yang telah dilatih sebelumnya mampu mendeteksi mobil secara langsung. Oleh karena itu, keluaran model berisi semua objek yang terdeteksi sesuai dengan model COCO yang telah dilatih sebelumnya.

Menentukan tempat parkir kosong menggunakan pendekatan Interaction over Union (IoU), yang berfungsi untuk mengukur ruang parkir kosong. IoU dihitung dengan membagi jumlah piksel yang tumpang tindih antara dua objek dengan jumlah total piksel yang dicakup oleh kedua objek tersebut, sesuai dengan persamaan berikut.:

$$IoU = \frac{o1 \cap o2}{o1 \cup o2} \quad \dots$$

(1)

Di mana; $O1 \cap O2$ melambangkan perpotongan dua kotak
 $O1 \cup O2$ mewakili penyatuan dua kotak

Berdasarkan hasil pengukuran jika nilai IoU kurang dari 0,15 menandakan bahwa mobil tidak dapat mengisi tempat parkir yang tersedia. Sebaliknya jika nilai IoU lebih dari 0,15 besar kemungkinan mobil akan mengisi sebagian besar ruang parkir yang kosong.

Area tumpang tindih yang dihitung diwakili dalam bentuk matriks di mana setiap baris menunjukkan ruang parkir beserta pembatasnya. Setiap kolom menggambarkan seberapa besar ruang parkir tersebut tumpang tindih dengan mobil yang terdeteksi. Skor 1,00 menunjukkan ruang parkir terisi penuh sedangkan skor 0,03 menunjukkan mobil hanya menempati sebagian kecil area. Oleh karena itu untuk mengidentifikasi ruang parkir yang kosong setiap baris dalam matriks harus diperiksa terlebih dahulu. Jika nilai-nilainya sangat kecil itu berarti ruang parkir tersebut kosong dan bisa digunakan.

Ada enam prosedur yang membedakan model Mask RCNN, yaitu:

1. Model yang dilatih dengan dataset COCO dapat mendeteksi hingga 80 jenis objek berbeda (seperti mobil, truk, dan lain-lain) sehingga hasil deteksi objek diberi label numerik.
2. Skor keyakinan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa objek telah diidentifikasi dengan akurat sebagai jenis objek yang sesuai.
3. Wilayah Kepentingan (Region of Interest/ROI) dari objek yang terdeteksi dalam gambar diberikan kotak pembatas yang mengelilingi objek tersebut.
4. Data masker bitmap digunakan untuk menunjukkan piksel mana yang berada di dalam kotak pembatas ROI, memberikan informasi detail tentang objek dalam gambar.
5. Objek selain mobil dan truk diabaikan selama proses deteksi.
6. Kotak pembatas ditarik di sekitar objek yang terdeteksi dan diwarnai dengan warna hijau.

Algoritma yang diusulkan dijelaskan sebagai berikut:

Langkah 1: Tahap Pra-Pemrosesan

1. Menyiapkan solusi Mask-RCNN yang akan digunakan (model yang telah dilatih sebelumnya, disesuaikan untuk CPU atau GPU).
2. Menentukan direktori utama untuk menyimpan catatan dan model yang sudah dilatih.
3. Mengunduh bobot yang telah dilatih COCO jika diperlukan dan memuat file video yang akan dianalisis dan dideteksi (atau membaca dari kamera default).
4. Mengonfigurasi model Mask-RCNN dalam mode inferensi (model terlatih).

Langkah 2: Analisis video dan deteksi mobil dan parkir

1. Memuat dan menggunakan model yang telah dilatih.
2. Mendeteksi lokasi tempat parkir dengan menentukan hal berikut:
3. Berapa banyak frame video yang telah dianalisis, dan mendeteksi baris dengan tempat parkir terbuka.
4. Apakah sudah ada peringatan tentang ruang parkir yang kosong.
5. Mengulangi proses ini untuk setiap frame video.

Langkah 3: Tampilan, hasil keluaran, dan keluar

1. Menampilkan *frame* video di layar.
2. Menekan 'q' untuk keluar.

Model Mask-RCNN yang diajukan mampu mendeteksi kekosongan tempat parkir setelah menerapkan pengukuran kondisional. Sebelum mengkonfirmasi kekosongan harus ada kondisi di mana 5 atau 10 frame berturut-turut yang menunjukkan tempat kosong untuk sementara waktu. Dengan begitu satu tempat parkir kosong akan terdeteksi selama lebih dari 10 frame video. Setelah itu, sistem dapat menampilkan pesan SPACE AVAILABLE di bagian atas layar. Sistem ini juga dapat mengirimkan pesan teks melalui email atau telepon. Model yang telah ditingkatkan ini memperlihatkan kinerja yang sangat baik dalam mengklasifikasikan data dengan tingkat akurasi mencapai 85% dan F1-Skor sebesar 86%.

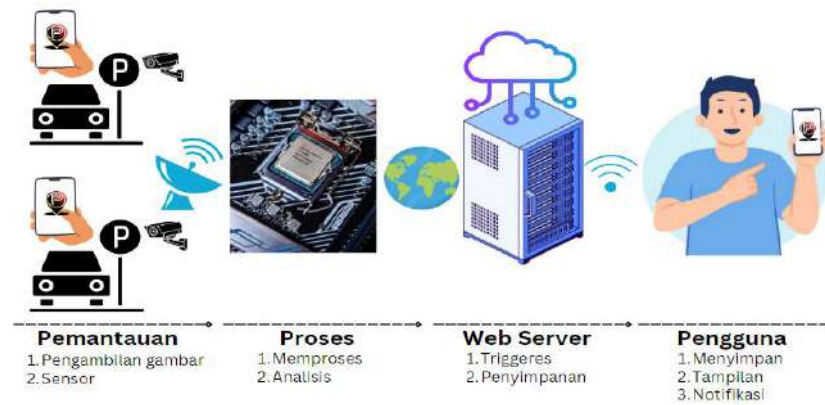
Sistem pemantauan dan pengendalian parkir secara langsung dengan memanfaatkan teknologi pengenalan plat nomor secara otomatis.

Sistem pemantauan dan pengendalian parkir secara langsung memperkenalkan sistem kontrol dan pemantauan parkir cerdas yang menggunakan tiga kecerdasan yang berbeda. Pertama sistem ini mendistribusikan slot parkir mobil berdasarkan permintaan secara *real-time*, dinamis dan mempertimbangkan pola waktu parkir. Kedua sistem ini menyediakan *pre-order* untuk slot parkir. Ketiga sistem ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi tempat parkir secara otomatis. Dengan menggabungkan distribusi dinamis slot parkir, *pre-order*, dan deteksi otomatis tempat parkir sistem ini dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan pengelolaan fasilitas parkir secara keseluruhan. Hal ini memberikan pengalaman parkir yang lebih lancar bagi pengguna dan memastikan pemanfaatan ruang parkir yang optimal (Elfaki et al., 2023). Solusi optimal dari Sistem Kontrol dan Pemantauan Parkir *Real-Time* yang Cerdas meliputi :

1. Menyediakan distribusi slot parkir yang dinamis untuk mengatasi kekurangan slot parkir.
2. Menyediakan sistem pemesanan sebelumnya dengan menentukan slot parkir spesifik pada waktu yang ditentukan.
3. Menyediakan sistem yang memastikan mobil diparkir pada slot parkir yang sesuai.
4. Mencatat pola lalu lintas di area parkir untuk mengembangkan sistem parkir pintar.
5. Menggunakan aplikasi seluler untuk mengatur slot parkir bagi pengguna.
6. Menggunakan kamera dan perangkat lunak pembelajaran mesin untuk mendeteksi dan mengenali nomor plat kendaraan.
7. Menyediakan *database real-time* mengenai posisi slot parkir dan laporan analisis mengenai penggunaan.

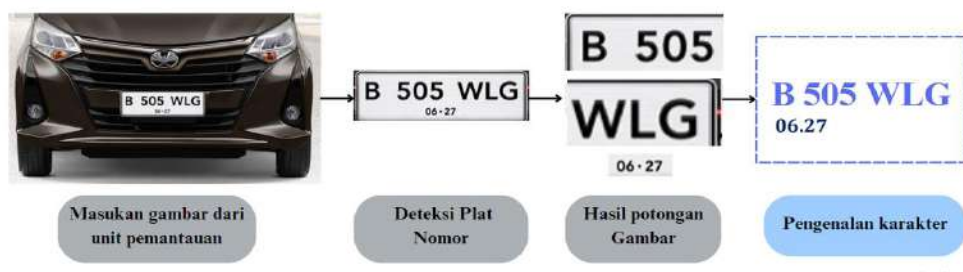
Desain Sistem

Sistem pengendalian dan pemantauan parkir *real-time* cerdas terdiri dari empat komponen utama yaitu unit pemantauan, unit pemrosesan, unit sisi *cloud*, dan aplikasi pengguna (Triputro et al., 2023).



Gambar 1. Arsitektur utama

Komponen pertama merupakan unit pemantauan yang terletak di setiap slot parkir dan menggunakan perangkat IoT pintar untuk mendeteksi kehadiran kendaraan dan mengambil gambar. Komponen kedua merupakan unit pemrosesan yang menggunakan komputer berbiaya rendah seperti Raspberry Pi 4 untuk memproses gambar dan mengambil informasi yang diperlukan menggunakan sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR). Komponen ketiga merupakan unit sisi *cloud* yang mengumpulkan informasi dari gambar yang diterima dan mencatat detail akhir dalam *database*. Terakhir komponen keempat merupakan aplikasi pengguna yang memungkinkan pengguna melakukan berbagai fungsi seperti registrasi, pemesanan dan modifikasi pemesanan. Sistem ini menggunakan kamera, sensor, dan perangkat lunak pembelajaran mesin untuk pemantauan dan pengendalian parkir. (Ahmad et al., 2023). Gambar 2 menunjukkan tahapan utama dari sistem ANPR.



Gambar 2. Tahapan Utama Sistem ANPR yang Dikembangkan

Untuk mengidentifikasi karakter pada plat nomor dapat digunakan mesin *Optical Character Recognition* (OCR) yang disebut *EasyOCR*. *EasyOCR* adalah perpustakaan Python yang dikembangkan khusus untuk tugas OCR dan dapat mengenali huruf Inggris dan angka Arab pada gambar plat nomor dengan cepat (Aqil Fahmirudin Kamalruddin et al., 2023).

Pada tahap awal plat nomor yang telah terdeteksi dari langkah sebelumnya dimasukkan ke mesin *EasyOCR*. Namun hasil pengenalan karakter tersebut belum sepenuhnya akurat sehingga diterapkan fungsi pemotongan untuk membagi plat nomor menjadi tiga bagian.

Model yang diusulkan memiliki potensi besar untuk mengubah paradigma parkir dengan meningkatkan efisiensi, memperbaiki tingkat keamanan, dan mengoptimalkan manajemen fasilitas parkir secara menyeluruh. Implementasi model ini diharapkan dapat menciptakan pengalaman parkir yang lebih lancar bagi pengguna serta memastikan pemanfaatan area parkir secara optimal.

KESIMPULAN

Penggunaan kendaraan pribadi di Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta meningkatkan kebutuhan tempat parkir yang efisien. Masalah parkir yang tidak terkelola dengan baik menyebabkan kemacetan lalu lintas dan polusi udara. Artikel ini membahas solusi Smart Parking berbasis kecerdasan buatan (AI) sebagai solusi terhadap tantangan parkir di kota besar seperti DKI Jakarta. Memanfaatkan teknologi seperti Internet of Things (IoT), Mask-RCNN, dan pengenalan plat nomor otomatis, sistem mampu mendeteksi ketersediaan tempat parkir secara real-time, mengurangi waktu pencarian parkir, dan meningkatkan efisiensi manajemen parkir. Implementasi Smart Parking diharapkan mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan pendapatan daerah. Kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta serta edukasi kepada masyarakat menjadi kunci sukses implementasi Smart Parking. Rekomendasi kebijakan meliputi pengembangan aplikasi mobile, penggunaan sistem pembayaran digital, dan pemasangan sensor serta CCTV di area parkir. Dengan demikian Smart Parking berbasis AI dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi permasalahan parkir di DKI Jakarta.

Smart Parking yang bertumpu pada otomatisasi sistem dan teknologi canggih seperti model *Mask-RCNN* dan pengenalan plat nomor otomatis menjadi strategis dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir. Fokus *Smart Parking* pada konteks kota cerdas dan infrastruktur yang terintegrasi menjadi solusi yang menawarkan peningkatan urbanisasi dengan potensi mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan pengalaman pengguna. Implementasi model *Mask-RCNN* memungkinkan deteksi tempat parkir dan kendaraan dengan tingkat akurasi tinggi. Sementara penggunaan pengenalan plat nomor otomatis dalam sistem kontrol parkir *real-time* meningkatkan pengalaman parkir secara keseluruhan. Hal tersebut menegaskan pentingnya langkah-langkah dalam menjawab tantangan pengelolaan parkir di kota cerdas dan infrastruktur teknologi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa implementasi *Smart Parking* berbasis AI dapat menjadi solusi inovatif dan efektif dalam mengatasi permasalahan parkir di DKI Jakarta. Dengan memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dan bekerja sama dengan pihak swasta, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat menciptakan solusi yang lebih baik dalam mengelola parkir di wilayah tersebut.

Implementasi *Smart Parking* berbasis AI dalam penyelesaian masalah parkir di DKI Jakarta memunculkan wacana yang sangat penting dalam konteks perkembangan teknologi dan urbanisasi di DKI Jakarta. Dalam diskusi ini kita akan menggali beragam sudut pandang terkait dengan penggunaan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dalam mengatasi tantangan parkir yang kompleks di DKI Jakarta. Berikut beberapa pertanyaan diskusi pada pembahasan kali ini:

1. Bagaimana pendapat anda tentang penggunaan teknologi AI dalam mengatasi masalah parkir di DKI Jakarta?
2. Apa manfaat yang anda lihat dari pengembangan aplikasi *mobile* untuk memudahkan pengguna dalam menemukan lokasi parkir kendaraan mereka?
3. Bagaimana Anda melihat peran kolaborasi antara pemerintah dan pihak swasta dalam implementasi sistem *Smart Parking* berbasis AI?
4. Apa tantangan yang mungkin dihadapi dalam menerapkan sistem pembayaran digital untuk biaya parkir?
5. Bagaimana cara meningkatkan kesadaran masyarakat tentang manfaat dan

penggunaan sistem *Smart Parking*?

6. Bagaimana sistem *Smart Parking* dapat berkontribusi pada pengembangan kota cerdas secara keseluruhan?
7. Apa saja tantangan utama dalam menerapkan solusi *Smart Parking* di lingkungan perkotaan yang padat?
8. Bagaimana teknologi seperti *Mask-RCNN* dan pengenalan plat nomor otomatis dapat diterapkan dalam konteks yang lebih luas di luar manajemen parkir?

Melalui analisis pertanyaan-pertanyaan kita mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang tantangan dan peluang dalam menerapkan teknologi AI untuk meningkatkan manajemen parkir di DKI Jakarta.

SARAN

Pemerintah Provinsi Jakarta memiliki potensi untuk menerapkan sistem *Smart Parking* menggunakan AI sebagai solusi untuk mengatasi masalah parkir. Berikut adalah beberapa rekomendasi yang dapat disampaikan:

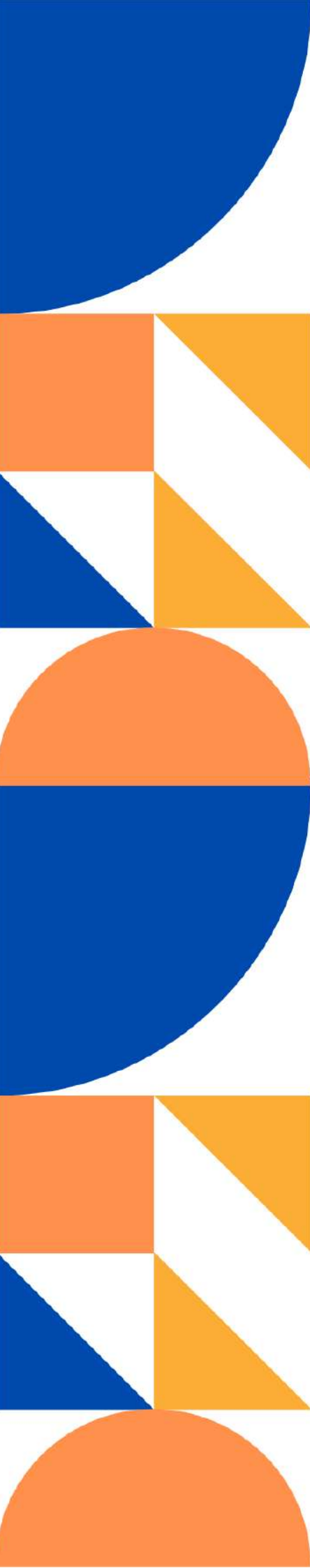
1. Pemerintah dapat memanfaatkan teknologi AI untuk mendeteksi plat nomor kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir. Dengan demikian keamanan parkir dapat ditingkatkan dengan memverifikasi setiap kendaraan yang memasuki dan meninggalkan area parkir.
2. Pemerintah dapat mengembangkan aplikasi *mobile* yang memungkinkan pengguna untuk mengetahui lokasi parkir kendaraan mereka. Fitur ini akan sangat berguna di kawasan parkir gedung bertingkat, di mana seringkali pengguna kesulitan mengingat posisi parkir kendaraan mereka.
3. Pemerintah dapat memasang sensor dan CCTV di area parkir untuk memantau ketersediaan tempat parkir dan memastikan keamanan. Data dari sensor dan CCTV dapat diintegrasikan dengan sistem AI guna mengoptimalkan pengelolaan parkir.
4. Pemerintah dapat mendorong penggunaan sistem pembayaran digital, seperti *e-wallet* atau kartu pintar untuk membayar biaya parkir. Ini dapat memudahkan pengguna dalam melakukan pembayaran dan mengurangi penggunaan uang tunai sehingga mengurangi risiko pencurian.
5. Pemerintah dapat bekerja sama dengan perusahaan teknologi atau penyedia layanan parkir swasta untuk mengimplementasikan sistem *Smart Parking*. Kolaborasi ini dapat mempercepat pengembangan dan implementasi teknologi AI dalam pengelolaan parkir.
6. Pemerintah dapat melakukan kampanye dan sosialisasi kepada masyarakat mengenai manfaat dan cara menggunakan sistem *Smart Parking*. Peningkatan kesadaran masyarakat akan membantu mengoptimalkan penggunaan sistem dan mengurangi masalah parkir.

Dengan mengimplementasikan *Smart Parking* berbasis AI di DKI Jakarta masalah parkir dapat teratasi, kemacetan dapat berkurang, dan pengelolaan parkir dapat lebih efisien. Provinsi Jakarta dapat menciptakan solusi yang inovatif dan efektif dengan memanfaatkan teknologi dan bekerja sama dengan pihak swasta dalam mengatasi masalah parkir di wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. B., Ayagi, S. H., & Musa, U. F. (2023). A Review of Automatic Number Plate Recognition Review Article A Review of Automatic Number Plate Recognition. *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences*, 3(05), 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10028637>
- Al-Barhamtoshy, H. M., Abdullah, K. K., Dauda, M. K., & Himdi, T. F. (2023). Detecting Available Parking Spaces in Smart Cities. *1st International Conference in Advanced Innovation on Smart City, ICAISC 2023 - Proceedings*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICAISC56366.2023.10085386>
- Alarbi, M., Jaradat, A., Lutfiyya, H., & Haque, A. (2023). SCOPE: Smart Cooperative Parking Environment. *IEEE Access*, 11(November), 120346–120361. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3328233>
- Aqil Fahmirudin Kamalruddin, M., Mohamed, R., & Sains Komputer dan Teknologi Maklumat, F. (2023). Sistem Parkir Pintar UTHM. *Applied Information Technology And Computer Science*, 4(2), 1129–1142.
- Chen, W., Tian, Y., Wang, Y., Yan, H., & Wang, Y. (2024). Cause Identification and Coupling Relationship Analysis of Urban Problems: A Case Study of Poor Parking Convenience. *Buildings*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/buildings14020516>
- Elfaki, A. O., Messoudi, W., Bushnag, A., Abuzneid, S., & Alhmiedat, T. (2023). A Smart Real-Time Parking Control and Monitoring System. *Sensors*, 23(24). <https://doi.org/10.3390/s23249741>
- Hou, Y., Zhang, Y., Collins, K., & Popescu, M. (2020). Demo abstract: Building a smart parking system on college campus. *Proceedings - 5th ACM/IEEE Conference on Internet of Things Design and Implementation, IoTDI 2020*, 266–267. <https://doi.org/10.1109/IoTDI49375.2020.00040>
- Macea, L. F., Serrano, I., & Carcache-Guas, C. (2023). A reservation-based parking behavioral model for parking demand management in urban areas. *Socio-Economic Planning Sciences*, 86(June 2022). <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101477>
- Naufal, A. A., Fatichah, C., & Suciati, N. (2020). Preprocessed Mask RCNN for Parking Space Detection in Smart Parking Systems. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 13(6), 255–265. <https://doi.org/10.22266/ijies2020.1231.23>
- Nwachi, C., Mustapha, A. M., Nwachi, C. C., Onwuegbuchunam, D. E., Mustapha, A. M., & Odoemela, Q. C. (2024). Managing On-Street Parking in Central Business District in Owerri Municipality. *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2024(1), 13–22. <https://doi.org/10.5923/j.ijtte.20241301.03>
- Perković, T., Šolić, P., Zargariasl, H., Čoko, D., & Rodrigues, J. J. P. C. (2020). Smart Parking Sensors: State of the Art and Performance Evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121181>
- Rakshe, A., & Dongre, N. (2024). An Efficient Methodology of Automatic Vehicle Number Plate Detection Using Deep Learning. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(12s), 640–651.
- Road traffic injuries. (2023). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Rocco, G., Pipino, C., & Pagano, C. (2023). An Overview of Urban Mobility: Revolutionizing with Innovative Smart Parking Systems. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151713174>
- Statistik, B. P. (2022). *Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi DKI Jakarta*

- (Jiwa), 2020-2022. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/12/1270/1/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta-.html>
- Thomas, D., & Koor, B. C. (2018). A Genetic Algorithm Approach to Autonomous Smart Vehicle Parking system. *Procedia Computer Science*, 125, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.011>
- Tripuro, R. W., Giawa, A., Suharyanto, S., & Wijaya, J. H. (2023). Government Policy in Illegal Parking Charges at Public Spaces. *Journal of Governance and Public Policy*, 10(2), 191–202. <https://doi.org/10.18196/jgpp.v10i2.17880>
- Zulfiqar, H., Ul Haque, H. M., Tariq, F., & Khan, R. M. (2023). A survey on smart parking systems in urban cities. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 35(15), 1–32. <https://doi.org/10.1002/cpe.6511>



AI SEBAGAI PENDETEKSI KAPASITAS PENUMPANG TRANSPORTASI UMUM YANG NYAMAN DAN AMAN DI JAKARTA

**Paulus Raga^{1*}, Muhammad Fahmi Arsyad²,
Rudy Max Damara Gugat³**

^{1,2,3} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jakarta

e-mail: paulus.raga@itltrisakti.ac.id

PENDAHULUAN

Sistem transportasi umum memainkan peran penting dalam mobilitas perkotaan, dalam menyediakan sarana transportasi yang berkelanjutan dan efisien bagi jutaan orang di JABODETABEK. Namun, memastikan kenyamanan dan keselamatan penumpang tetap menjadi tantangan utama bagi otoritas atau pengguna transportasi. Dengan kemajuan teknologi kecerdasan buatan (AI), dimanfaatkan sebagai alat untuk mendeteksi dan meningkatkan kenyamanan serta keselamatan penumpang dalam sistem transportasi umum (Solihati, K.D., & Indriyani, D. 2021).

Transportasi umum yang nyaman dan aman memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan perkotaan yang berkelanjutan dan efisien. Berikut beberapa alasan mengapa transportasi umum yang nyaman dan aman sangat penting karena: Transportasi umum yang nyaman dan aman memastikan aksesibilitas bagi semua lapisan masyarakat, termasuk mereka yang tidak memiliki kendaraan pribadi atau tidak mampu membeli kendaraan sendiri. Ini memungkinkan mobilitas yang lebih baik bagi penduduk perkotaan, termasuk pekerja, pelajar, dan warga lanjut usia. Dengan menyediakan alternatif transportasi umum yang efisien, dapat membantu mengurangi kemacetan lalu lintas di perkotaan (Vuchic, V.R.). Hal ini mengurangi waktu perjalanan dan stres bagi pengguna jalan, serta membantu mengurangi emisi gas buang dari kendaraan pribadi, mendukung tujuan kota yang lebih berkelanjutan. Transportasi umum yang ramah lingkungan, seperti kereta api atau bus listrik, membantu mengurangi jejak karbon dan polusi udara dibandingkan dengan kendaraan pribadi yang berbahan bakar fosil (Saba, F., Seifollahi, S., & Behzadan, A.H.). Ini mendukung upaya mitigasi perubahan iklim dan menjaga kualitas udara perkotaan. Transportasi umum yang aman memprioritaskan keselamatan penumpang dan pengguna jalan. Sistem transportasi yang baik dilengkapi dengan fitur keamanan seperti kamera pengawas, penerangan yang baik di halte maupun di stasiun, serta pelatihan yang memadai bagi pengemudi dan petugas. Transportasi umum yang nyaman dan aman dapat meningkatkan kualitas hidup penduduk perkotaan dengan mengurangi stres dalam perjalanan, memperluas aksesibilitas ke layanan, serta menciptakan lingkungan yang lebih inklusif dan bersosial. Dengan mengangkut lebih banyak orang dalam satu perjalanan, transportasi umum membantu memaksimalkan efisiensi penggunaan ruang di perkotaan. Ini mengurangi kebutuhan akan lahan parkir yang luas dan mendorong pengembangan kota yang lebih padat dan berorientasi pada transportasi umum.

Dengan demikian, transportasi umum yang nyaman dan aman tidak hanya merupakan kebutuhan praktis bagi masyarakat perkotaan, tetapi juga merupakan bagian integral dari pembangunan kota yang berkelanjutan dan inklusif. Upaya untuk meningkatkan kualitas layanan transportasi umum harus terus didorong oleh otoritas transportasi dan pemangku kepentingan lainnya demi kesejahteraan dan mobilitas yang lebih baik bagi semua penduduk perkotaan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah penumpang transportasi umum sering kali menghadapi sejumlah tantangan yang dapat mempengaruhi pengalaman perjalanan mereka. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh penumpang adalah kepadatan dalam kendaraan atau di stasiun dan halte bus terutama pada jam sibuk. Kepadatan ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan, sulitnya mencari tempat duduk, dan bahkan risiko penularan penyakit. Penumpang mungkin merasa tertekan atau tidak nyaman karena ruang gerak yang terbatas.

Selain itu keterlambatan transportasi umum adalah masalah yang dapat mengganggu rencana perjalanan penumpang. Penumpang seringkali harus menunggu lebih lama dari jadwal yang telah dijadwalkan, yang dapat menyebabkan keterlambatan di tempat kerja, sekolah, atau dalam melakukan aktivitas lainnya. Keterlambatan juga dapat meningkatkan tingkat stres dan frustrasi penumpang. Keamanan adalah faktor penting yang diperhatikan oleh

penumpang saat menggunakan transportasi umum. Mereka mungkin khawatir tentang kejahatan seperti pencurian, pelecehan, atau penyerangan yang dapat terjadi di stasiun atau di dalam kendaraan. Selain itu, penumpang juga mungkin merasa tidak aman ketika terjadi kecelakaan atau insiden di dalam kendaraan. Tantangan lain yang dihadapi oleh penumpang adalah varian kualitas layanan antara satu moda transportasi dengan yang lainnya. Penumpang mungkin mengalami perbedaan dalam kenyamanan, kebersihan, keamanan, dan ketepatan waktu antara berbagai operator transportasi. Hal ini dapat memengaruhi persepsi mereka terhadap transportasi umum dan mempengaruhi keputusan mereka untuk menggunakan layanan tersebut. Beberapa penumpang mungkin menghadapi tantangan dalam mengakses sarana transportasi umum, terutama mereka yang memiliki keterbatasan fisik atau mobilitas. Ketersediaan fasilitas aksesibilitas seperti tangga berjalan, lift, atau peron yang rendah dapat memengaruhi kemampuan mereka untuk menggunakan transportasi umum dengan nyaman dan mandiri. Kurangnya komunikasi yang efektif atau informasi yang akurat tentang jadwal, rute, atau perubahan layanan juga dapat menjadi tantangan bagi penumpang. Hal ini dapat menyebabkan kebingungan, ketidakpastian, dan kesulitan dalam merencanakan perjalanan mereka dengan baik.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan upaya kolaboratif antara otoritas transportasi, operator, dan pemerintah dalam meningkatkan kualitas layanan, keamanan, dan mengoptimalkan pengalaman penumpang secara keseluruhan. Hal ini dapat dilakukan melalui investasi dalam infrastruktur transportasi, penggunaan teknologi yang lebih canggih seperti kecerdasan buatan (AI), peningkatan pelatihan untuk petugas, dan peningkatan komunikasi dengan pengguna transportasi umum sebagai umpan balik dalam menerima kualitas layanan transportasi umum yang nyaman dan aman sebagai harapan tersedianya transportasi umum yang berkelanjutan dalam melayani kebutuhan mobilitas/pergerakan masyarakat perkotaan dalam beraktivitas setiap hari.

PEMBAHASAN

Pengenalan Kecerdasan Buatan dalam Bidang Transportasi

Pengenalan Kecerdasan Buatan (AI) dalam bidang transportasi merupakan langkah penting dalam memajukan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan dalam sistem transportasi. Berikut ini adalah beberapa konsep dasar yang perlu dipahami tentang penggunaan AI dalam bidang transportasi. Definisi AI: Kecerdasan Buatan adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang dapat melakukan tugas-tugas yang membutuhkan kecerdasan manusia. Ini termasuk pembelajaran mesin, pengenalan pola, dan pemrosesan bahasa alami. Pengenalan AI dalam bidang transportasi menjanjikan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan dalam sistem transportasi. Dengan menerapkan teknologi ini secara cerdas, kita dapat menghadapi tantangan yang ada dalam transportasi dan menciptakan lingkungan transportasi yang lebih pintar dan berkelanjutan.

Contoh aplikasi AI dalam transportasi

Berikut adalah beberapa contoh aplikasi AI dalam transportasi yang mencakup manajemen lalu lintas, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute:

1. Manajemen Lalu Lintas

- Penggunaan teknologi AI, seperti visi komputer dan sensor, memungkinkan sistem pengaturan lalu lintas adaptif untuk memantau dan menyesuaikan sinyal lalu lintas secara dinamis berdasarkan kondisi aktual lalu lintas. Ini membantu mengoptimalkan aliran lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan memperbaiki waktu perjalanan.

- Teknologi AI dapat digunakan untuk mendeteksi anomali dalam aliran lalu lintas, seperti kecelakaan atau gangguan jalan. Dengan menggunakan kamera pengawas dan analisis gambar, sistem dapat secara otomatis mendeteksi kejadian tersebut dan memberikan peringatan kepada otoritas lalu lintas atau layanan darurat.

2. Pemeliharaan Prediktif

- Sistem AI dapat menganalisis data sensor dari armada kendaraan untuk mendeteksi pola yang mengindikasikan potensi kerusakan atau kegagalan komponen. Ini memungkinkan operator transportasi untuk melakukan pemeliharaan prediktif dengan mengganti atau memperbaiki komponen sebelum terjadi kerusakan yang serius.
- Teknologi AI dapat digunakan untuk memantau kondisi infrastruktur transportasi, seperti jembatan, jalan raya, atau rel kereta api. Sistem AI dapat menganalisis data sensor atau gambar satelit untuk mendeteksi retakan, deformasi, atau kerusakan lainnya yang memerlukan perbaikan atau pemeliharaan.

3. Optimasi Rute

- Aplikasi navigasi yang menggunakan teknologi AI dapat memberikan rekomendasi rute yang lebih cerdas berdasarkan kondisi lalu lintas aktual, cuaca, atau preferensi pengguna. Ini membantu mengoptimalkan waktu perjalanan dan menghindari kemacetan.
- Teknologi AI dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute pengiriman dan penjadwalan armada. Sistem AI dapat mempertimbangkan berbagai faktor seperti jarak, beban, dan kendala jalan untuk mencari rute tercepat dan paling efisien.

Contoh di atas menunjukkan bagaimana aplikasi AI dalam transportasi dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan pengalaman pengguna. Dengan memanfaatkan teknologi AI secara cerdas, sistem transportasi dapat menjadi lebih adaptif, prediktif, dan efisien dalam menghadapi tantangan yang ada (Boley, H., Breslin, J.G., & Hogan, A).

Pendeteksian Kenyamanan Penumpang Berbasis AI

Ada sejumlah faktor yang membuat masyarakat nyaman menggunakan transportasi umum. Hal ini terekam dalam laporan hasil survei Litbang Kompas yang bertajuk Peningkatan Layanan Transportasi Umum Atasi Kemacetan Ibu Kota. Dalam survei tersebut, biaya yang terjangkau jadi faktor utama yang menentukan kenyamanan masyarakat, dengan proporsi 27,4% responden. Kemudian 20,3% responden mengaku nyaman menggunakan transportasi umum karena faktor ketepatan waktu, dan 14,4% karena kelayakan sarana dan prasarana.

Faktor-faktor lainnya, seperti tidak berdesak-desakan, kemudahan mengakses layanan, hingga kelengkapan fasilitas dipilih oleh lebih sedikit responden, dengan persentase seperti terlihat pada grafik. Litbang Kompas juga melakukan survei terkait tingkat kenyamanan masyarakat dalam menggunakan transportasi umum. Hasilnya, 4% responden mengaku sangat nyaman dan 75,1% merasa nyaman. Di sisi lain, ada 18,2% responden yang menjawab tidak nyaman dan 2% sangat tidak nyaman. Survei Litbang Kompas ini melibatkan 510 responden dari 34 provinsi di Indonesia yang dipilih secara acak.

AI untuk mendeteksi kenyamanan penumpang

AI dapat digunakan untuk mendeteksi kenyamanan penumpang dalam sistem transportasi umum melalui berbagai cara, termasuk pengumpulan dan analisis data tentang kondisi lingkungan di dalam kendaraan. Berikut adalah beberapa contoh cara AI dapat digunakan untuk mendeteksi kenyamanan penumpang:

- Instalasi sensor dan perangkat Internet of Things (IoT) di dalam kendaraan dapat membantu dalam pengumpulan data tentang kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, kualitas udara, dan tingkat kebisingan. Data ini kemudian dapat dianalisis menggunakan teknik AI untuk menilai tingkat kenyamanan di dalam kendaraan.
- AI dapat digunakan untuk menganalisis sentimen penumpang melalui data yang diperoleh dari berbagai sumber, seperti media sosial, survei penumpang, atau evaluasi langsung di dalam kendaraan. Dengan menggunakan teknik pemrosesan bahasa alami dan pembelajaran mesin, sistem dapat mengekstrak informasi tentang tingkat kepuasan dan kenyamanan penumpang.
- Kamera dan sensor lainnya di dalam kendaraan dapat digunakan untuk memantau aktivitas dan ekspresi fisik penumpang. Teknologi pengenalan wajah atau emosi dapat membantu dalam menentukan tingkat kenyamanan penumpang berdasarkan ekspresi wajah, gerakan tubuh, atau tingkat keaktifan.
- Dengan menganalisis pola perjalanan penumpang, AI dapat memberikan wawasan tentang waktu perjalanan yang paling ramai, rute yang paling disukai, atau tempat duduk yang paling sering digunakan. Informasi ini dapat membantu dalam merancang layanan yang lebih sesuai dengan preferensi dan kebutuhan penumpang.
- AI dapat digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis umpan balik dari penumpang secara real-time melalui aplikasi seluler atau sistem layanan pelanggan otomatis. Informasi ini dapat digunakan untuk menanggapi masalah kenyamanan dengan cepat dan meningkatkan pengalaman penumpang secara keseluruhan.

Studi Kasus:

Sistem AI untuk Pendeteksian Kenyamanan Penumpang dalam Kereta Api

Sebuah perusahaan kereta api mengimplementasikan sistem AI untuk memantau dan memprediksi tingkat kenyamanan penumpang di dalam kereta api. Sistem ini menggunakan sensor suhu dan kelembaban yang dipasang di dalam kendaraan, serta algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis data dan menghasilkan prediksi tingkat kenyamanan. Langkah-langkah Implementasi:

- Sensor suhu dan kelembaban dipasang di berbagai titik di dalam kereta api untuk memantau kondisi lingkungan di dalam kendaraan. Data dari sensor ini dikirim secara real-time ke sistem AI untuk analisis.
- Data suhu dan kelembaban dikumpulkan secara terus menerus selama perjalanan kereta api. Data ini mencakup informasi tentang suhu udara di dalam kendaraan, tingkat kelembaban, serta fluktuasi yang terjadi selama waktu tertentu.
- Algoritma pembelajaran mesin, seperti regresi linier atau jaringan syaraf tiruan, digunakan untuk membangun model prediktif yang dapat memprediksi tingkat kenyamanan penumpang berdasarkan data suhu dan kelembaban. Model ini dilatih menggunakan data historis yang telah dikumpulkan sebelumnya.

- Model prediktif dievaluasi menggunakan data yang tidak terlihat sebelumnya untuk menguji kinerjanya. Matrik evaluasi seperti akurasi prediksi atau root mean square error (RMSE) digunakan untuk menilai seberapa baik model dapat memprediksi tingkat kenyamanan penumpang.
- Setelah model dianggap memadai, sistem AI diimplementasikan dalam operasi kereta api. Data suhu dan kelembaban yang terus menerus dikumpulkan dan dianalisis secara real-time oleh sistem AI. Prediksi tingkat kenyamanan penumpang diberikan kepada operator transportasi, yang dapat mengambil tindakan yang sesuai untuk meningkatkan kenyamanan penumpang jika diperlukan, seperti mengatur suhu atau kelembaban di dalam kendaraan.

Manfaat dan Hasil:

- Sistem AI untuk Pendeteksian Kenyamanan Penumpang dalam Kereta Api, Sistem AI membantu operator transportasi dalam memantau dan meningkatkan kenyamanan penumpang secara proaktif.
- Prediksi tingkat kenyamanan yang akurat membantu dalam mengambil tindakan yang tepat waktu untuk menanggapi perubahan kondisi lingkungan di dalam kereta api.
- Penumpang merasakan peningkatan kenyamanan dalam perjalanan mereka, yang dapat meningkatkan kepuasan dan loyalitas mereka terhadap layanan kereta api.

Pendeteksian Kapasitas Keselamatan Penumpang dalam Transportasi Darat

Sebuah perusahaan transportasi umum mengimplementasikan sistem AI untuk memantau dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan penumpang dalam bus kota. Sistem ini menggunakan kamera CCTV, sensor kecepatan, dan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis data dan memberikan peringatan dini terkait risiko keselamatan.

Langkah-langkah Implementasi:

- Sensor kecepatan dipasang di bus untuk memantau kecepatan kendaraan, sementara kamera CCTV dipasang di berbagai sudut dalam bus untuk memantau aktivitas penumpang dan kondisi di sekitar kendaraan.
- Data dari sensor kecepatan dan kamera CCTV dikumpulkan secara real-time selama perjalanan bus. Data ini mencakup informasi tentang kecepatan kendaraan, jumlah penumpang, aktivitas penumpang, serta situasi lalu lintas di sekitar kendaraan.
- Algoritma pembelajaran mesin, seperti klasifikasi atau deteksi objek, digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan dan mengidentifikasi situasi yang berpotensi membahayakan keselamatan penumpang, seperti kecepatan berlebihan, penumpukan penumpang, atau perilaku penumpang yang tidak aman.
- Model AI dievaluasi menggunakan data yang tidak terlihat sebelumnya untuk menguji kinerjanya. Metrik evaluasi seperti akurasi prediksi atau recall digunakan untuk menilai seberapa baik model dapat mengidentifikasi situasi berisiko dan memberikan peringatan dini.
- Setelah model dianggap memadai, sistem AI diimplementasikan dalam operasi bus kota.

Data yang dikumpulkan dan dianalisis secara real-time oleh sistem AI, dan peringatan dini diberikan kepada pengemudi atau operator transportasi jika situasi berisiko terdeteksi.

Manfaat dan Hasil:

- Dapat membantu operator transportasi dalam memantau dan meningkatkan keselamatan penumpang secara proaktif.
- Peringatan dini tentang situasi berisiko membantu pengemudi atau operator transportasi untuk mengambil tindakan yang tepat waktu untuk mengurangi potensi kecelakaan atau cedera.
- Penumpang merasakan peningkatan keselamatan dalam perjalanan mereka, yang dapat meningkatkan kepercayaan dan kepuasan mereka terhadap layanan transportasi umum.

Penggunaan algoritma AI untuk menganalisis aliran penumpang, mengidentifikasi area yang ramai, dan memprediksi potensi bahaya keselamatan.

Penggunaan algoritma AI untuk menganalisis aliran penumpang, mengidentifikasi area yang ramai, dan memprediksi potensi bahaya keselamatan adalah langkah penting dalam meningkatkan keselamatan di lingkungan transportasi umum. Berikut ini adalah cara algoritma AI dapat diterapkan dalam konteks ini:

- Algoritma AI, seperti teknik pemrosesan citra atau analisis video, dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan melacak aliran penumpang di stasiun atau halte transportasi. Ini melibatkan penggunaan kamera CCTV atau sensor lainnya untuk mengumpulkan data visual tentang pergerakan penumpang. Dengan menganalisis data ini, sistem AI dapat menghasilkan informasi tentang pola pergerakan penumpang, waktu sibuk, dan distribusi spasial di sepanjang platform atau area tunggu.
- Berdasarkan data yang dikumpulkan, algoritma AI dapat mengidentifikasi area yang paling ramai di stasiun atau halte transportasi. Ini bisa mencakup area-area seperti pintu masuk atau keluar, eskalator, atau platform yang sering menjadi titik kepadatan penumpang. Dengan mengidentifikasi area yang ramai, operator transportasi dapat mengambil tindakan untuk mengatur aliran penumpang dan mencegah kemacetan atau kerumunan yang berpotensi membahayakan keselamatan.
- Algoritma pembelajaran mesin dapat digunakan untuk memprediksi potensi bahaya keselamatan berdasarkan data aliran penumpang dan faktor-faktor lainnya, seperti kondisi cuaca atau situasi lalu lintas di sekitar stasiun atau halte transportasi. Model AI dapat dipelajari untuk mengidentifikasi pola yang mengindikasikan situasi berisiko, seperti penumpukan penumpang di sekitar pintu masuk atau keluar, atau perilaku penumpang yang tidak aman. Dengan memprediksi potensi bahaya keselamatan, operator transportasi dapat mengambil tindakan preventif, seperti meningkatkan pengawasan di area yang berisiko atau memberikan peringatan kepada penumpang untuk berhati-hati.
- Berdasarkan hasil analisis AI, sistem peringatan dini dapat diimplementasikan untuk memberi tahu operator transportasi atau petugas keamanan tentang situasi berisiko yang terdeteksi. Peringatan ini dapat berupa notifikasi pada layar monitor atau pengiriman pesan langsung kepada petugas di lapangan. Dengan sistem peringatan dini ini, tindakan dapat diambil dengan cepat untuk mengatasi potensi bahaya keselamatan sebelum

situasi menjadi lebih serius.

Integrasi AI dengan sistem pengawasan untuk memantau perilaku penumpang dan mendeteksi anomali yang dapat menunjukkan risiko keselamatan.

Integrasi AI dengan sistem pengawasan untuk memantau perilaku penumpang dan mendeteksi anomali yang dapat menunjukkan risiko keselamatan adalah strategi yang sangat berguna dalam meningkatkan keselamatan di lingkungan transportasi umum. Berikut adalah langkah-langkah yang dapat diambil dalam implementasi ini:

- Pertama-tama, perlu dipasang kamera CCTV dan sensor lainnya di dalam kendaraan atau di sekitar stasiun/halte untuk memantau perilaku penumpang. Kamera dapat ditempatkan di berbagai sudut strategis untuk mencakup seluruh area dan memungkinkan pemantauan yang efektif.
- Data dari kamera dan sensor dikumpulkan secara real-time selama operasi. Ini mencakup rekaman video, gambar, atau data sensor yang menggambarkan aktivitas penumpang, seperti gerakan, interaksi, atau perilaku yang mencurigakan.
- Data yang dikumpulkan kemudian diproses menggunakan teknik AI, termasuk pemrosesan citra, analisis video, dan pemrosesan bahasa alami. Algoritma pembelajaran mesin diprogram untuk mengenali pola perilaku normal penumpang dan mendeteksi anomali yang mungkin menunjukkan potensi risiko keselamatan, seperti kekerasan, perkelahian, atau tindakan mencurigakan lainnya.
- Sistem AI kemudian mengamati perilaku penumpang dalam waktu nyata dan mencari tahu jika ada perilaku yang tidak biasa atau mencurigakan. Ini dapat mencakup situasi di mana penumpang berada di area terlarang, berdiri di atas kursi, atau melakukan tindakan agresif atau mengganggu yang dapat mengganggu keselamatan penumpang lainnya.
- Jika sistem mendeteksi anomali yang signifikan, seperti kekerasan atau ancaman fisik terhadap penumpang atau staf, sistem dapat memberikan peringatan kepada operator atau pihak berwenang yang bertanggung jawab untuk mengambil tindakan segera. Ini dapat melibatkan pemanggilan petugas keamanan, memicu alarm darurat, atau memberi tahu pengemudi atau staf tentang situasi yang memerlukan intervensi langsung.
- Setelah tindakan diambil, sistem terus memantau situasi dan mengevaluasi efektivitas tindakan yang diambil. Data dari insiden dan tanggapan dapat digunakan untuk meningkatkan sistem AI dan memperbaiki kemampuannya dalam mendeteksi dan menanggapi anomali yang berpotensi membahayakan keselamatan.

KESIMPULAN

Penduduk Jabodetabek diperkirakan sebanyak 33 Juta orang dengan pergerakan harian 88 Juta pergerakan orang atau rata rata 2,67 pergerakan orang perhari, yang menggunakan moda transportasi umum, yaitu Trans Jakarta, KRL, MRT dan LRT serta sepeda motor dan mobil pribadi. Kondisi ini membuat Kemacetan dan polusi udara meningkat di wilayah DKI Jakarta karena sebagian besar pergerakan orang masih didominasi oleh sepeda motor dan mobil pribadi atau diperkirakan sebesar 95,22% dibanding transportasi umum hanya 4,78%. Keadaan ini akan terus mendorong pemda DKI membangun fasilitas Transportasi umum seperti Trans Jakarta sudah melayani 15 koridor, selain itu juga membangun MRT. Sementara untuk pembangunan KRL dilakukan Kementerian teknis bersama PT.KAI, sedang

LRT oleh beberapa konsorsium. Transportasi umum belum signifikan memberikan daya tarik bagi masyarakat karena faktor kenyamanan dan keamanan serta feeder transportasi ke dan dari stasiun, halte/selter belum tersedia secara optimal. Untuk menarik masyarakat menggunakan transportasi umum dibutuhkan tingkat pelayanan yang memberikan kenyamanan, keamanan dan kemudahan konektivitas sehingga perlu menjaga kapasitas penumpang maksimal pada setiap ruas pelayanan antara satu stasiun dengan stasiun lain dan halte satu dengan halte lainnya, agar tidak terjadi penumpukan penumpang di dalam kereta ataupun bus. Pendeteksian menggunakan AI akan menginformasikan jumlah penumpang di dalam kereta atau bus dan penumpang yang akan turun di stasiun/halte dapat diketahui berapa penumpang yang bisa masuk Ke Dalam kereta atau bus namun tetap menjaga Kapasitas yang akan memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penumpang agar tidak berdesakan untuk berebut naik ke kereta atau bus yang dapat membuat ketidaknyamanan penumpang.

Implementasi kecerdasan buatan (AI) dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam transportasi umum, membawa sejumlah manfaat dan tantangan, sebagai berikut:

Manfaat Implementasi AI:

- AI dapat digunakan untuk mendeteksi potensi bahaya dan keadaan darurat, memungkinkan respons cepat untuk mencegah kecelakaan atau insiden keselamatan lainnya di lingkungan transportasi umum.
- Dengan menganalisis data secara real-time, AI dapat membantu mengoptimalkan operasi transportasi umum, seperti mengatur jadwal, rute, dan pengelolaan armada, untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu tunggu penumpang.
- AI dapat meningkatkan kenyamanan dan kepuasan penumpang dengan memantau dan menyesuaikan lingkungan di dalam kendaraan, mengidentifikasi area yang ramai, dan memberikan rekomendasi yang personalisasi.
- AI dapat membantu mengurangi biaya operasional, seperti penghematan bahan bakar, manajemen stok, atau pemeliharaan armada.
- AI memungkinkan pengembangan layanan baru dan inovasi dalam transportasi umum (Iliadis, L.S., & Maglogiannis, I, Volume 457), seperti layanan berbasis aplikasi, prediksi perjalanan, atau integrasi dengan transportasi swakemudi.

Tantangan Implementasi AI:

- Tantangan dalam mengumpulkan data yang akurat, relevan, dan representatif dapat mempengaruhi kinerja sistem AI.
- Perlindungan data yang memadai harus diterapkan untuk menghindari penyalahgunaan atau pelanggaran privasi.
- Teknologi AI masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi situasi kompleks atau berinteraksi secara real-time dengan lingkungan yang berubah dengan cepat.
- AI memerlukan investasi yang signifikan dalam infrastruktur, perangkat keras, dan sumber daya manusia yang terlatih. Biaya implementasi dan pemeliharaan dapat menjadi tantangan bagi operator transportasi umum.
- Tantangan terkait dengan kesiapan organisasi dan kepatuhan terhadap regulasi dan kebijakan yang berkaitan dengan implementasi AI dalam transportasi umum juga perlu diatasi.

SARAN

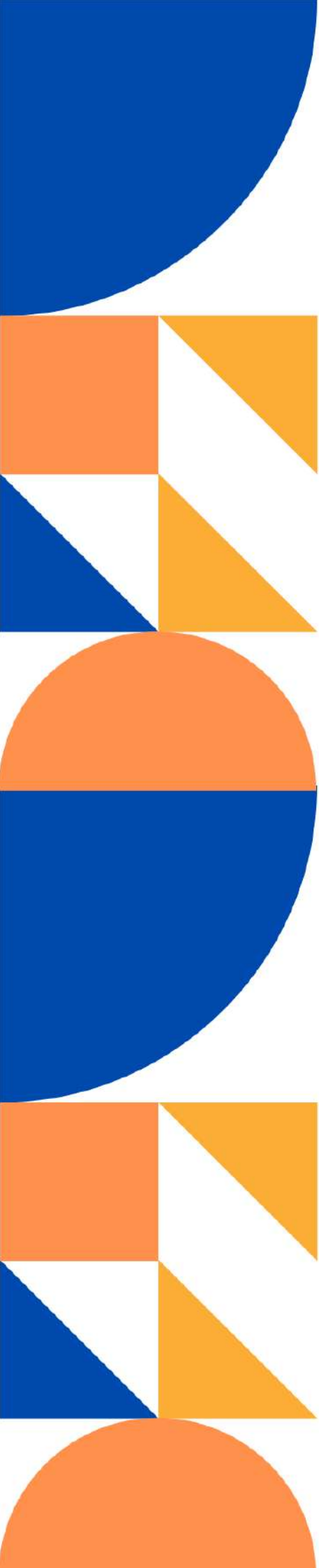
Peran otoritas transportasi sangat penting dalam mengatasi tantangan yang dihadapi oleh penumpang dan meningkatkan pengalaman mereka secara keseluruhan. Berikut adalah beberapa langkah yang dapat dilakukan oleh otoritas transportasi:

- Otoritas transportasi harus berusaha untuk memastikan bahwa layanan transportasi umum dijalankan dengan tepat waktu dan dapat diandalkan. Ini melibatkan perencanaan rute yang efisien, pengelolaan lalu lintas yang baik, dan pemeliharaan rutin pada armada kendaraan.
- Otoritas transportasi harus bekerja sama dengan operator transportasi untuk meningkatkan kualitas layanan, termasuk kenyamanan, kebersihan, dan keamanan. Ini dapat dilakukan melalui investasi dalam perawatan kendaraan, fasilitas stasiun, dan pelatihan untuk petugas.
- Otoritas transportasi dapat memanfaatkan teknologi seperti aplikasi seluler, papan informasi digital, dan sistem manajemen transportasi terintegrasi untuk menyediakan informasi yang akurat dan real-time kepada penumpang. Ini membantu penumpang dalam merencanakan perjalanan mereka dengan lebih baik dan mengurangi ketidakpastian.
- Otoritas transportasi harus fokus pada meningkatkan keamanan penumpang dengan mengambil langkah-langkah seperti pemasangan kamera pengawas, peningkatan kehadiran petugas keamanan, dan penyediaan sistem pelaporan kejadian darurat. Ini memberikan rasa aman kepada penumpang dan mencegah terjadinya kejahatan atau insiden yang tidak diinginkan.
- Otoritas transportasi perlu memastikan bahwa fasilitas transportasi umum dapat diakses dengan mudah oleh semua orang, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik atau mobilitas. Ini mencakup pembangunan stasiun yang ramah disabilitas, peron yang rendah, dan fasilitas aksesibilitas lainnya.
- Otoritas transportasi harus berkolaborasi dengan operator transportasi, pemerintah lokal, dan organisasi masyarakat untuk mendengarkan masukan dari penumpang, mengidentifikasi masalah, dan mengimplementasikan solusi yang efektif. Ini menciptakan lingkungan kerja sama yang memungkinkan perbaikan berkelanjutan dalam pengalaman penumpang.

Dengan melakukan langkah-langkah ini, otoritas transportasi dapat membantu meningkatkan pengalaman penumpang secara keseluruhan, meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap transportasi umum, dan menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Keisha Dinya Solihati, Dian Indriyani, "Managing Artificial Intelligence on Public Transportation (Case Study Jakarta City, Indonesia)", 2021.
- V.R. Vuchic "Urban Transit Systems and Technology"
- F Saba, S Seifollahi, A H. Behzadan "Artificial Intelligence Applications in Urban Planning and Public Health"
- H Boley, J.G. Breslin, A Hogan "AI and Machine Learning for Intelligent Transportation Systems"
- Lazaros S. Iliadis, I Maglogiannis "Artificial Intelligence Applications and Innovations" (Volume 457)



DELIVERY DRONE SEBAGAI SUBSTITUSI OJOL DALAM MENGURANGI KEMACETAN KECELAKAAN DAN POLUSI UDARA DI JAKARTA

Paulus Raga^{1*}, Eddy Miyanto², Veronica³

^{1,3} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti Jakarta

² Universitas Krida Wacana Jakarta

e-mail: paulus.raga@itltrisakti.ac.id

PENDAHULUAN

Teknologi *drone* terus berkembang dengan pesat. Penggunaan sensor canggih, pengendalian jarak jauh yang presisi, dan kecerdasan buatan semakin dioptimalkan untuk memastikan pengantaran barang yang aman dan efisien. Selain itu, peraturan dan regulasi terkait penggunaan *drone* juga terus diperbarui untuk memastikan keselamatan penerbangan dan privasi. Pada tahun-tahun berikutnya, *drone* untuk pengantaran barang telah menjadi lebih umum dan terintegrasi dalam sistem logistik global. *Drone* digunakan untuk mengirimkan barang dari gudang ke pelanggan dengan cepat, bahkan di daerah yang sulit dijangkau oleh kendaraan darat. Penggunaannya juga meluas ke sektor-sektor lain, seperti pertanian, pengawasan infrastruktur, dan bantuan kedaruratan.

Di masa kini, *drone* untuk pengantaran barang telah menjadi bagian integral dari rantai pasok modern (Kannan, S. S., & Min, B.-C, 2022). *Drone* membantu meningkatkan efisiensi pengiriman, mengurangi biaya operasional, dan memberikan solusi yang cepat dan fleksibel untuk kebutuhan pengiriman barang. Dengan terus berlanjutnya inovasi dan pengembangan teknologi, masa depan *drone* untuk pengantaran barang diprediksi akan semakin potensial, dengan peluang untuk mengubah cara kita melihat dan mengelola logistik global (Attenni, G. et al, 2023). Meskipun teknologi *drone* untuk pengantaran barang telah mengalami perkembangan yang signifikan, namun masih terdapat beberapa kendala yang perlu diatasi untuk memastikan implementasi yang sukses dan luas, diantaranya:

- Salah satu kendala utama adalah peraturan dan hukum yang mengatur penggunaan *drone*. Setiap negara memiliki aturan yang berbeda terkait dengan operasi *drone*, termasuk batasan ketinggian terbang, wilayah terbang, dan persyaratan lisensi. Perubahan yang sering terjadi dalam regulasi ini dapat menghambat pertumbuhan dan adopsi *drone* untuk pengantaran barang.
- Keselamatan penerbangan merupakan prioritas utama dalam penggunaan *drone* untuk pengantaran barang. Risiko tabrakan dengan pesawat terbang lainnya, bangunan, atau orang bisa menjadi masalah serius. Kecerdasan buatan dan sistem penghindaran tabrakan yang canggih diperlukan untuk meminimalkan risiko ini.
- Kapasitas Baterai dan Jarak Terbang: Sebagian besar *drone* untuk pengantaran barang mengandalkan baterai sebagai sumber daya. Kendala utama adalah kapasitas baterai yang terbatas, yang membatasi jarak terbang dan kapasitas angkut. Meskipun teknologi baterai terus berkembang, masih ada tantangan dalam meningkatkan daya tahan dan efisiensi energi *drone*.
- Faktor lingkungan, seperti cuaca buruk, angin kencang, dan kondisi udara lainnya, dapat mempengaruhi kinerja dan keamanan *drone*. Pengiriman barang dengan *drone* dapat menjadi sulit atau bahkan tidak mungkin saat kondisi cuaca tidak mendukung.
- Penggunaan *drone* untuk pengantaran barang juga menimbulkan masalah privasi dan keamanan data. *Drone* dilengkapi dengan kamera dan sensor yang dapat merekam data tentang lingkungan dan kegiatan di bawahnya. Perlindungan data dan privasi pengguna harus dijamin dengan mematuhi regulasi yang ketat dan mengimplementasikan langkah-langkah keamanan yang kuat.

Dengan solusi yang tepat, *drone* untuk pengantaran barang memiliki potensi besar untuk mengubah cara kita melakukan pengiriman dan logistik dalam waktu yang akan datang.

Masa depan pemanfaatan *drone* untuk pengantaran barang menjanjikan perubahan yang revolusioner dalam industri logistik dan pengiriman. *Drone* akan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari infrastruktur pengiriman barang global. *Drone* akan menjadi solusi yang cepat, efisien, dan fleksibel untuk mengantarkan berbagai jenis barang, mulai dari paket kecil hingga barang berukuran besar, dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Dengan teknologi baterai yang semakin canggih, *drone* akan memiliki jangkauan yang lebih luas dan daya tahan yang lebih baik, memungkinkan *drone* untuk melakukan pengiriman dalam jarak yang lebih jauh tanpa perlu sering mengisi ulang baterai. Hal ini akan membuka pintu bagi pengiriman ke daerah-daerah terpencil dan sulit dijangkau, serta untuk memenuhi kebutuhan pengiriman yang mendesak dalam situasi darurat. Selain itu, *drone* akan dilengkapi dengan kecerdasan buatan yang lebih canggih dan sistem penghindaran tabrakan yang lebih presisi. *Drone* akan mampu secara otomatis menghindari rintangan dan mengatasi perubahan dalam kondisi lingkungan, seperti cuaca buruk atau lalu lintas udara yang padat. Hal ini akan meningkatkan keamanan penerbangan *drone* dan mengurangi risiko tabrakan.

Penggunaan *drone* untuk pengantaran barang juga akan memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Dengan pengurangan biaya operasional dan waktu pengiriman yang lebih singkat, perusahaan akan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan menawarkan layanan yang lebih cepat kepada pelanggan. Hal ini juga akan membuka peluang baru untuk bisnis kecil dan menengah untuk bersaing dalam pasar global. Namun, untuk mewujudkan potensi penuh pemanfaatan *drone* untuk pengantaran barang, perlu adanya kerjasama antara pemerintah, perusahaan, dan masyarakat. Regulasi yang sesuai dan infrastruktur yang mendukung perlu dikembangkan, termasuk aturan lalu lintas udara yang aman, wilayah penerbangan yang ditentukan, dan sistem manajemen pengiriman yang terintegrasi.

Dengan upaya bersama dan inovasi yang terus-menerus, masa depan pemanfaatan *drone* untuk pengantaran barang menjanjikan kemajuan yang signifikan dalam efisiensi, kecepatan, dan keandalan pengiriman. Hal ini akan membawa perubahan yang positif dalam cara kita melakukan bisnis dan berinteraksi dengan dunia sekitar.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah dalam era modern yang dipenuhi dengan inovasi teknologi, *drone* telah menjadi salah satu alat yang paling menarik perhatian dan banyak dimanfaatkan, dimulai dari *drone* sebagai mainan hingga alat industri dan sebagai alat transportasi udara. *Drone* memiliki kemampuan untuk membawa beban tambahan selain dari beratnya sendiri. Kapasitas beban yang dapat ditanggung oleh *drone* tidak hanya menyangkut berat yang dapat diangkut, tetapi juga melibatkan beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan.

Kapasitas angkutan merujuk pada berat maksimum yang dapat dibawa oleh sebuah *drone* secara keseluruhan, sedangkan kapasitas *payload* biasanya merujuk pada bobot tambahan yang dapat diangkut oleh *drone* selain dari beratnya sendiri. Bobot tambahan ini dapat berupa berbagai macam barang, mulai dari kamera untuk pengambilan gambar udara, paket untuk pengiriman, hingga persediaan medis yang dapat menyelamatkan nyawa, yang

diangkut ke lokasi terpencil. *Overloading* atau membebani *drone* dengan berlebihan dapat menyebabkan performa yang buruk, hilangnya kendali, atau bahkan kegagalan di udara yang berpotensi fatal.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas *payload drone*, diantaranya ukuran dan berat *drone*, serta tenaga motor dan daya baterai. Ukuran dan berat *drone* merupakan hal pertama yang mempengaruhi kapasitas beban. Umumnya, *drone* yang lebih besar memiliki kapasitas beban yang lebih besar dibandingkan dengan *drone* yang lebih kecil. Namun, tidak hanya ukuran yang penting, tetapi juga desain dan kualitas pembuatan *drone*. Sementara itu, tenaga motor dan kapasitas baterai *drone* juga merupakan faktor kunci. Motor yang lebih kuat mampu mengangkat beban yang lebih berat, tetapi juga akan menguras daya baterai dengan lebih cepat. Oleh karena itu, ada pertimbangan yang harus diperhatikan antara tenaga yang cukup untuk mengangkat beban dan daya baterai yang cukup untuk menyelesaikan misi.

Berat maksimum yang dapat dibawa oleh sebuah *drone* tergantung pada jenis *drone*, propeler, dan motor. Propeler yang lebih besar menghasilkan daya angkat yang lebih besar, sehingga memungkinkan *drone* untuk membawa beban yang lebih berat. Namun, propeler yang lebih besar juga membutuhkan motor yang lebih kuat dan mengonsumsi lebih banyak daya baterai, yang dapat mengurangi waktu terbang. *Drone* kecil biasanya dapat membawa sekitar 0,5-2 kilogram, sementara *drone* profesional dan komersial dapat membawa hingga 20 kilogram atau lebih. Beberapa contoh *drone* beserta kapasitasnya.

Membebani *drone* dengan beban yang melebihi kapasitasnya dapat menyebabkan berbagai masalah, mulai dari performa buruk hingga kegagalan yang berpotensi fatal. *Drone* akan kesulitan untuk lepas landas atau mempertahankan posisi terbang yang stabil. Semakin berat beban yang diangkut, semakin cepat baterai *drone* akan habis dan semakin pendek waktu terbangnya. Membebani *drone* dengan beban yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan fisik pada komponen, seperti motor dan propeler. Membebani *drone* dengan berat yang berlebihan dapat menyebabkan kegagalan di udara, yang dapat mengakibatkan kecelakaan yang merugikan. Untuk itu, perhatikan spesifikasi produsen *drone* untuk menemukan berat maksimum lepas landas agar tidak melebihi batas berat yang direkomendasikan. Selain itu, penambahan beban dapat memengaruhi pusat gravitasi *drone*, stabilitas, dan waktu terbang, jadi penting untuk menyeimbangkan berat tambahan dengan benar. Kotarski et al (2020) mengusulkan *drone* multirotor untuk transportasi otonom yang diimplementasikan di pulau-pulau Adriatik tengah di Kroasia. Teknologi ini memungkinkan untuk mengembangkan *drone* multirotor yang dapat membawa hingga 100 kg kargo.

PEMBAHASAN

Sistem Kontrol Operasi Drone

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) atau yang lebih dikenal sebagai *drone*, telah menjadi perhatian utama di seluruh dunia. Para peneliti telah menciptakan berbagai algoritma kontrol baru, mulai dari pengontrol berbasis model hingga pengontrol bebas model, untuk mengendalikan sistem secara efektif dan efisien. Salah satu jenis algoritma kontrol yang berkembang adalah penggunaan arsitektur *deep learning*. *Deep learning* merupakan cabang dari *machine learning* yang menggunakan jaringan syaraf tiruan (*neural networks*) dengan banyak lapisan (*layers*) untuk mempelajari representasi data yang semakin abstrak dan kompleks. Keunggulan utama dari *deep learning* adalah kemampuannya untuk mengatasi masalah pengenalan pola, klasifikasi, dan prediksi dengan tingkat akurasi yang tinggi, terutama dalam bidang pengolahan gambar dan pengenalan suara. Beberapa arsitektur *deep learning* digunakan untuk mengidentifikasi sistem UAV (Suyal, P. et al 2023). Secara khusus, model *convolutional neural network-long short-term memory* (CNN-LSTM) telah terbukti lebih unggul daripada arsitektur lainnya, dengan nilai *mean squared error* (MSE) dan *mean absolute error* (MAE) yang diuji rata-rata sebesar 0,0002 dan 0,0030, secara berturut-turut.

Dengan mobilitas tinggi dan biaya yang terjangkau, drone telah membuka potensi besar dalam sistem pengiriman. Namun, untuk memastikan pengiriman paket yang efisien dan andal, terdapat beberapa pertimbangan desain yang krusial, diantaranya perencanaan rute yang cermat, bobot muatan, pengukuran jarak yang akurat, dan pemetaan lokasi pelanggan. Survei tentang algoritma perutean drone yang sedang berkembang, dengan fokus pada tiga aspek kunci: perencanaan lintasan, pengisian baterai, dan keamanan disajikan dalam (Raivi, A. et al 2023). Hasil survei menunjukkan bahwa sangat penting untuk merancang algoritma perutean drone yang efisien dan dapat diandalkan untuk sistem pengiriman berbasis drone dengan mempertimbangkan kondisi praktis dan ketidakpastian dalam lingkungan.

Rata-rata ketinggian gedung di Jakarta bervariasi tergantung pada lokasi dan kawasan tertentu di kota. Jakarta memiliki banyak distrik yang padat dengan gedung-gedung pencakar langit, seperti Sudirman, Thamrin, dan sekitarnya, yang memiliki gedung-gedung dengan ketinggian yang signifikan. Di daerah-daerah tersebut, rata-rata ketinggian gedung bisa mencapai lebih dari 100 meter. Namun demikian, jika mempertimbangkan seluruh kawasan di Jakarta, termasuk area perumahan dan perkantoran yang lebih rendah, rata-rata ketinggian gedung mungkin akan lebih rendah. Estimasi ketinggian rata-rata gedung di Jakarta secara keseluruhan bisa berkisar antara 30 hingga 50 meter, tergantung pada banyak faktor, seperti penggunaan lahan, zona pembangunan, dan regulasi pembangunan setempat. Regulasi yang ada di Indonesia mengizinkan *drone* beroperasi hingga 150 meter sehingga ketinggian operasional yang diijinkan ini masih melebihi ketinggian rata-rata gedung di Jakarta, terkecuali beberapa gedung tertinggi di Jakarta yang melebihi 200 meter (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2018).

Meskipun potensi penggunaan *deep learning* pada *drone* sangat besar, terdapat beberapa tantangan dan kendala yang perlu diatasi, meliputi:

- **Daya dan Sumber Daya Terbatas:** *Drone* memiliki batasan daya dan sumber daya komputasi yang terbatas, sehingga model *deep learning* harus dirancang untuk

beroperasi dengan efisien dan hemat energi.

- Keterbatasan Data: Pengumpulan data yang berkualitas dan representatif seringkali menjadi tantangan dalam pengembangan model *deep learning* untuk *drone*, terutama dalam situasi yang jarang terjadi atau sulit diakses.
- Keterbatasan Ketersediaan Sumber Daya: Implementasi *deep learning* pada *drone* seringkali memerlukan penggunaan sumber daya komputasi tambahan, seperti *graphical processing unit* (GPU) atau *cloud computing*, yang mungkin tidak selalu tersedia di lapangan.

Perkembangan Teknologi Drone

Drone, atau yang dikenal sebagai pesawat tanpa awak, merupakan salah satu teknologi yang semakin populer saat ini. Kata 'drone' diadopsi dari definisi lebah dalam referensi kepada pesawat terkendali dari jarak jauh yang pertama kali digunakan untuk latihan menembakkan target kapal perang di militer. Istilah 'drone' diambil untuk menghormati lebah induk atau 'ratu'. Istilah ini cocok karena *drone* hanya dapat terbang jika dikendalikan oleh operator di darat atau di pesawat 'induk'. Istilah ini pertama kali digunakan dengan pesawat Fairey Queen pada tahun 1920-an dan kemudian dengan pesawat target Havilland Queen Bee pada tahun 1930-an. Dengan teknologi yang terus berkembang, *drone* kini digunakan secara luas, baik untuk keperluan militer, komersial, rekreasional, maupun sipil. Teknologi *drone* telah menjelma menjadi salah satu pencapaian terbesar dalam sejarah penerbangan manusia. Namun, tidak banyak yang menyadari bahwa sejarahnya dimulai jauh sebelum era modern (Kindervater, K, 2016). Pada tahun 1783 ketika Joseph-Michel dan Jacques-Étienne Montgolfier mempersembahkan demonstrasi publik pertama dari sebuah pesawat tanpa awak, sebuah balon udara panas di Annonay, Prancis. Balon udara panas ini, secara teknis, merupakan pesawat pertama yang tidak memerlukan pilot manusia.

Proses Pengisian Daya Drone

Proses pengisian daya pada *drone* tidak terbatas hanya pada pengisian baterai, melainkan juga melibatkan pertimbangan teknis, keselamatan, dan efisiensi. Baterai merupakan salah satu komponen kunci dalam operasi *drone*. Terdapat beberapa jenis baterai yang digunakan, masing-masing memiliki karakteristik tersendiri. Beberapa jenis baterai yang umum digunakan pada *drone* meliputi:

- Baterai Lithium-Polymer (LiPo): Baterai LiPo telah menjadi pilihan umum dalam industri *drone* karena kepadatan energinya yang tinggi dan beratnya yang ringan. Baterai ini mampu menyimpan energi dalam jumlah besar dengan volume yang relatif kecil, membuatnya ideal untuk aplikasi *drone*. Namun, baterai LiPo juga rentan terhadap kerusakan jika tidak diisi atau disimpan dengan benar (Nurrohaman, M, F. et al, 2019).
- Baterai Lithium-Ion (Li-Ion): Sama seperti baterai LiPo, baterai Li-Ion juga menawarkan kepadatan energi yang tinggi dan merupakan pilihan yang baik untuk *drone* yang membutuhkan waktu terbang yang lebih lama. Baterai ini cenderung lebih stabil daripada LiPo namun dengan kepadatan energi yang sedikit lebih rendah (Qaisar, S. M., & AbdelGawad, A. E. E. 2021).
- Baterai Nikel Metal Hydride (NiMH): Meskipun jarang digunakan pada *drone* komersial atau profesional, baterai NiMH masih digunakan dalam *drone* yang digunakan sebagai hobi. Baterai ini cenderung lebih murah dan lebih aman daripada baterai LiPo atau Li-Ion, tetapi kepadatan energinya lebih rendah (Chittoor, P. K et al, 2021).
- Baterai Fuel Cell: Baterai ini adalah teknologi yang sedang berkembang dan

menjanjikan untuk masa depan *drone*. Baterai ini menggunakan hidrogen atau metanol sebagai bahan bakar dan menghasilkan energi bersih tanpa emisi. Namun, keterbatasan infrastruktur pengisian bahan bakar dan biaya masih menjadi hambatan utama untuk adopsi massal (Mariscal G et al, 2024).

Setiap jenis baterai memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri, dan pemilihan yang tepat harus mempertimbangkan kebutuhan spesifik dari aplikasi *drone* tersebut. Beberapa strategi yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan kinerja baterai dan memperpanjang umur pakainya, meliputi:

- Penggunaan *Charger* yang Sesuai: Menggunakan *charger* yang dirancang khusus untuk jenis baterai *drone* yang digunakan sangat penting. *Charger* yang tidak cocok bisa merusak baterai atau bahkan menyebabkan kebakaran.
- Pengisian dengan Arus yang Tepat: Baterai memiliki tingkat arus pengisian yang direkomendasikan oleh produsen. Pengisian dengan arus yang terlalu tinggi dapat merusak baterai, sementara pengisian dengan arus yang terlalu rendah akan memperpanjang waktu pengisian.
- Menghindari *Overcharging*: *Overcharging* dapat merusak baterai dan bahkan membahayakan keselamatan. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan *charger* yang dilengkapi dengan fungsi otomatis untuk menghentikan pengisian saat baterai mencapai kapasitas penuh.
- Menjaga Suhu yang Optimal: Suhu lingkungan dapat mempengaruhi kinerja baterai. Pengisian baterai pada suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat merusak sel-sel baterai. Oleh karena itu, menjaga suhu lingkungan yang optimal selama proses pengisian sangat penting.
- Mengamati Siklus Pengisian: Memantau dan mencatat siklus pengisian baterai dapat membantu mengidentifikasi perubahan dalam kinerja baterai dan memperkirakan umur pakainya. Penggantian baterai secara teratur sesuai dengan rekomendasi produsen dapat membantu mencegah kegagalan baterai yang tidak terduga.

Pengisian baterai *drone* bisa memakan waktu yang cukup lama, terutama untuk baterai dengan kapasitas besar. Hal ini dapat menjadi hambatan dalam operasi di lapangan yang memerlukan *turnaround* cepat. Meskipun ada peningkatan dalam teknologi baterai, kapasitas energi masih menjadi kendala dalam waktu terbang *drone* yang membatasi jangkauan dan durasi penerbangan *drone*, sehingga pada gilirannya mempengaruhi efisiensi operasional. Pengisian baterai harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah kebakaran atau ledakan yang disebabkan oleh *overcharging* atau kondisi yang tidak aman lainnya. Selain itu, ada regulasi yang harus dipatuhi terkait dengan transportasi dan penggunaan baterai *drone*, yang dapat memengaruhi proses pengisian dan penggunaannya. Baterai *drone* memerlukan perawatan yang teratur untuk memastikan kinerja dan keamanannya, termasuk pemeriksaan visual, pengujian kapasitas, dan penggantian baterai yang rusak atau usang.

Untuk mengatasi tantangan terkait dengan pengisian daya *drone*, industri terus berinovasi dalam pengembangan teknologi dan sistem pengisian daya yang lebih efisien, aman, dan dapat diandalkan. Beberapa inovasi terkini meliputi:

- **Teknologi Pengisian Cepat:** Pengembangan teknologi pengisian cepat memungkinkan baterai *drone* untuk diisi daya dengan lebih cepat tanpa mengorbankan keamanan atau kinerja. Hal ini dapat mempercepat waktu *turnaround* dan meningkatkan efisiensi operasional (Obayashi, S, et al 2020).
- **Pengisian Nirkabel:** Pengisian nirkabel atau induktif sedang dikembangkan untuk *drone*, memungkinkan pengisian baterai tanpa perlu menyentuh baterai ke *charger* secara fisik. Teknologi ini dapat meningkatkan kenyamanan dan fleksibilitas dalam pengisian *drone*, terutama dalam lingkungan yang sulit diakses (Chittoor, P, K, et al 2021).
- **Sistem Manajemen Baterai/Battery Management System (BMS):** BMS merupakan sistem yang dirancang khusus untuk memantau dan mengelola kinerja baterai. Sistem ini termasuk fungsi, seperti pengaturan suhu, pengisian otomatis, dan perlindungan terhadap *overcharging* atau kondisi yang tidak aman lainnya (Jadhav, V., & Bhosale, S, 2022).
- **Penggunaan Energi Terbarukan:** Penggunaan sumber energi terbarukan, seperti panel surya atau turbin angin, untuk mengisi daya baterai *drone* dapat meningkatkan keberlanjutan operasi *drone*.

KESIMPULAN

Perkembangan teknologi akan mengubah perilaku masyarakat dalam memenuhi kebutuhan terhadap barang, makanan dan minuman yang selama ini dipenuhi dengan cara mendatangi restoran dan mall. Paradigma ini berubah karena aplikasi belanja online dan delivery menggunakan ojek sehingga masyarakat tidak harus mendatangi restoran dan mall. Pergeseran ini membuat pekerja di mall dan restoran semakin berkurang karena pembeli menurun. Belanja online akan menciptakan lapangan kerja baru yang dapat diisi oleh pekerja yang di PHK dari sektor restoran dan mall ditambah PHK dari sektor yang lain pasca covid-19, sebagian besar akan beralih menjadi pengemudi/kurir ojek yang secara psikologis tertarik karena pengaturan jam kerja dilakukan sendiri. Selain itu sarana sepeda motor maupun mobil mudah diperoleh dengan cara angsuran dengan waktu yang fleksibel baik kendaraan baru maupun kendaraan bekas. Mencermati perubahan ini lalu lintas kendaraan di DKI Jakarta menunjukkan peningkatan yang akan menyebabkan kemacetan serta sering terjadi kecelakaan. Akibat lain adalah polusi udara meningkat, ketertiban lalu lintas menurun serta pelanggaran lalu lintas bertambah. Menghadapi kenyataan ini dibutuhkan solusi optimal dalam pengurangan kemacetan, kecelakaan serta polusi udara. Peran artificial intelligence dapat menggantikan fungsi delivery ojol dengan delivery drone akan menjawab masalah lalu lintas di DKI Jakarta. Namun disisi lain peralihan ini menimbulkan masalah baru bagi pengemudi ojol perlu memperhatikan kendala teknis yang ada seperti bangunan/gedung yang tinggi hampir merata di wilayah DKI Jakarta. Selain itu dibutuhkan regulasi yang mengatur perusahaan dan pengoperasian drone oleh kementerian teknis dan pemda provinsi DKI Jakarta, serta pengalihan pengemudi ojol ke pengelola delivery drone sehingga menciptakan iklim yang kondusif dan berdampak kepada penurunan kemacetan, kecelakaan lalu lintas, polusi udara serta penghematan bahan bakar.

1. Konsep penggunaan drone untuk pengantaran barang sebagai substitusi ojek online akan memberikan dampak yang positif bagi dinamika suatu kota, khususnya DKI Jakarta dalam mengurangi kemacetan lalu lintas, kecelakaan, penggunaan bahan bakar dan pencemaran udara.
2. Penataan tempat untuk landasan drone dengan alokasi lahan menurut wilayah pelayanannya, sehingga akan lebih memudahkan pengendalian drone baik secara vertikal dan horizontal sesuai dengan jarak jangkauan, lama operasi, dan daya angkat drone.
3. Strategi pengisian yang tepat dapat membantu memaksimalkan kinerja dan umur pakai baterai *drone*, yang pada gilirannya akan meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya perawatan.
4. Untuk mendukung operasi yang aman dan efisien, stasiun pengisian daya otomatis dilengkapi dengan berbagai sensor dan sistem penginderaan, termasuk sensor penglihatan komputer (*computer vision*), sensor jarak, sensor suhu, dan sensor lainnya untuk mendeteksi *drone*, mengukur jarak, dan memantau kondisi lingkungan sekitarnya.
5. Stasiun pengisian daya otomatis diperintahkan oleh sistem kendali otomatis yang mengatur operasi pengisian daya dan manajemen stasiun. Sistem kendali ini dapat memantau status *drone*, mengelola proses pengisian daya, mengatur pembukaan dan penutupan pintu, serta menangani situasi darurat jika terjadi.
6. Sebagian besar stasiun pengisian daya otomatis terhubung ke jaringan komunikasi dan kontrol yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol stasiun secara jarak jauh. Hal ini memungkinkan pengawasan dan manajemen stasiun dari jarak jauh, serta integrasi dengan sistem manajemen *drone* yang lebih luas.

SARAN

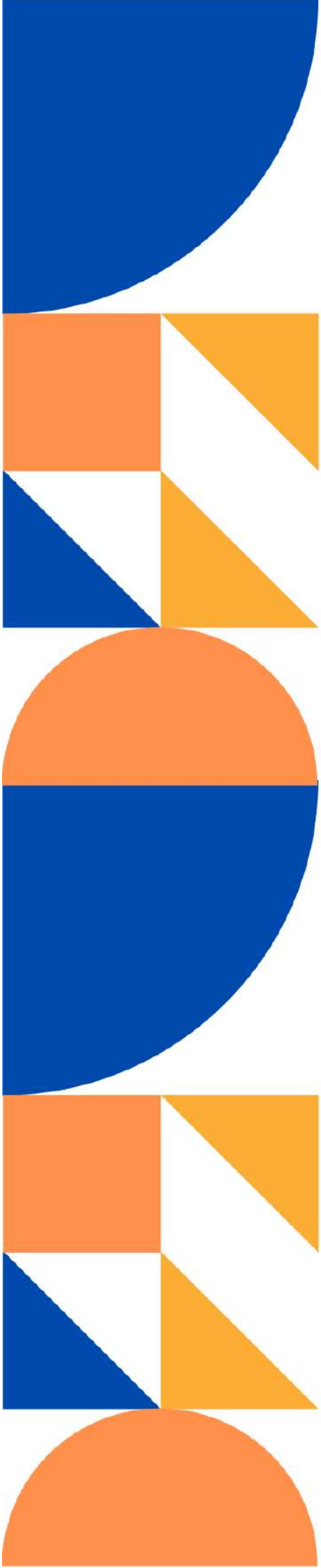
Meskipun stasiun pengisian daya otomatis menawarkan potensi besar dalam mendukung operasi *drone* yang efisien dan mandiri, penggunaannya seringkali dibatasi oleh berbagai kendala regulasi dan kebijakan. Beberapa kendala yang umumnya mempengaruhi penggunaan stasiun pengisian daya otomatis meliputi:

1. Penggunaan stasiun pengisian daya otomatis untuk operasi *drone* seringkali memerlukan perizinan dan izin operasional dari otoritas setempat. Prosedur perizinan ini dapat bervariasi di setiap negara atau wilayah, dan seringkali memerlukan penilaian risiko, persetujuan, dan pemenuhan persyaratan tertentu sebelum stasiun dapat dioperasikan secara legal.
2. Regulasi penerbangan seringkali menetapkan standar keamanan dan keselamatan yang ketat untuk penggunaan *drone*, termasuk penggunaan stasiun pengisian daya otomatis. Stasiun pengisian daya otomatis harus mematuhi standar tersebut untuk memastikan bahwa operasi pengisian daya tidak membahayakan pesawat udara, lingkungan sekitarnya, atau masyarakat umum.
3. Beberapa wilayah mungkin memiliki pembatasan khusus terkait lokasi dan lingkungan operasional dimana stasiun pengisian daya otomatis dapat diinstal dan dioperasikan. Hal ini bisa termasuk pembatasan terhadap penggunaan stasiun di area perkotaan padat atau di dekat fasilitas publik, serta persyaratan untuk mempertimbangkan dampak lingkungan, seperti polusi suara atau visual.

4. Penggunaan stasiun pengisian daya otomatis dapat melibatkan biaya operasional tambahan, seperti biaya lisensi, biaya perizinan, atau pajak khusus, yang dikenakan pada operasi *drone*. Faktor-faktor ini perlu dipertimbangkan oleh operator *drone* dalam perencanaan keuangan dan dapat mempengaruhi kelayakan ekonomi dari investasi dalam stasiun pengisian daya otomatis.
5. Penggunaan stasiun pengisian daya otomatis dapat melibatkan transfer data sensitif, termasuk informasi tentang lokasi *drone*, data sensor, dan informasi pengguna. Kebijakan privasi dan keamanan data yang ketat diperlukan untuk melindungi keamanan informasi dan privasi pengguna, serta mencegah akses tidak sah atau penyalahgunaan data oleh pihak yang tidak berwenang.

DAFTAR PUSTAKA

- Kannan, S. S., & Min, B.-C. (2022). Autonomous Drone Delivery to Your Door and Yard. In 2022 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS) (pp. 452-461). Dubrovnik, Croatia. doi:10.1109/ICUAS54217.2022.9836219
- Attenni, G., Arrigoni, V., Bartolini, N., & Maselli, G. (2023). Drone-Based Delivery Systems: A Survey on Route Planning. IEEE Access, 11, 123476-123504. doi:10.1109/ACCESS.2023.3329195
- Kotarski, D., Piljek, P., & Kasac, J. (2020). Design Considerations for Autonomous Cargo Transportation Multirotor UAVs. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95060>
- Suyal, P., Gola, K., Kanauzia, R., Dutt, S., Singh, M., & Mohan, L. (2023). Deep Learning for Unmanned Aerial Vehicles: Advancements, Applications, Challenges, and Future Directions. In Proceedings of the 2023 IEEE Uttar Pradesh Section International Conference (UPCON) (pp. 499-503). DOI: 10.1109/UPCON59197.2023.10434789.
- Raivi, A., Huda, S. M. A., Alam, M., & Moh, S. (2023). Drone Routing for Drone-Based Delivery Systems: A Review of Trajectory Planning, Charging, and Security. Sensors, 23. <https://doi.org/10.3390/s23031463>.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2018). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. KP 745 Tahun 2018 tentang Pengendalian Operasional Pesawat Udara Tanpa Awak (Drone). Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Kindervater, K. (2016). The emergence of lethal surveillance: Watching and killing in the history of drone technology. Security Dialogue, 47. doi:10.1177/0967010615616011.
- Nurrohaman, M. F., Titalim, B. A., Utama, T. H., & Adiprawita, W. (2019). Design and Implementation of On-board Hybrid Generator for Rotary Wing Drone. In 2019 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI) (pp. 310-314). Bandung, Indonesia. doi: 10.1109/ICEEI47359.2019.8988811.
- Qaisar, S. M., & AbdelGawad, A. E. E. (2021). Prediction of the Li-Ion Battery Capacity by Using Event-Driven Acquisition and Machine Learning. In 2021 7th International Conference on Event- Based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP) (pp. 1-6). Krakow, Poland. doi: 10.1109/EBCCSP53293.2021.9502399.
- Chittoor, P. K., Chokkalingam, B., & Mihet-Popa, L. (2021). A Review on UAV Wireless Charging: Fundamentals, Applications, Charging Techniques and Standards. IEEE Access, 9, 69235-69266. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3077041.
- Mariscal, G., Depcik, C., Chao, H., Wu, G., & Li, X. (2024). Technical and economic feasibility of applying fuel cells as the power source of unmanned aerial vehicles. Energy Conversion and Management, 301, 118005. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.118005>.
- Obayashi, S., Kanekiyo, Y., & Shijo, T. (2020). UAV/Drone Fast Wireless Charging FRP Frustum Port for 85-kHz 50-V 10-A Inductive Power Transfer. 219-222. <https://doi.org/10.1109/WPTC48563.2020.9295562>
- Jadhav, V., & Bhosale, S. (2022). Battery Management System for Drones. International Journal of Electrical Electronics and Data Communication.



TRANSFORMASI SMART TRANSPORTATION DI JAKARTA: PRAKTIK, TANTANGAN, DAN PELUANG

**Rosa Eliviani^{1*}, Dwi Diana Wazaumi², Luthfi
Atikah³, Fahriel Dwifaldi⁴**

^{1,2,3,4} Politeknik Astra Bekasi

e-mail: rosa.eliviani@polytechnic.astra.ac.id

PENDAHULUAN

Smart city dapat didefinisikan sebagai konvergensi teknik-teknik yang sedang berkembang seperti IoT (*Internet of Things*), BD (*Big Data*), dan AI (*Artificial Intelligence*). Hal ini menawarkan paradigma baru dalam Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) untuk menyediakan infrastruktur yang serbaguna bagi masyarakat agar dengan mudah mengakses layanan. *Smart city* menggunakan TIK untuk mendeteksi, menganalisis, dan mengintegrasikan informasi dari kota-kota. Konsep ini juga memungkinkan badan pemerintahan untuk mengelola dan mengendalikan sumber daya perkotaan dengan lebih baik (Talebkhah, Sali, Gordan, Hashim, & Rokhani, 2023). Konsep *smart city* telah menarik perhatian pemerintah lokal karena pertumbuhan populasi dan ekspansi batas-batas kota. Konsep ini dapat dianggap sebagai pendekatan serbaguna dalam transformasi kota-kota tradisional untuk meningkatkan ekonomi, teknologi, dan keberlanjutan. Pertumbuhan IoT dan *big data* adalah faktor kunci dalam penciptaan *smart city*. *Big data* tidak dapat diproses atau dikelola menggunakan teknologi manajemen data konvensional (Talebkhah, Sali, Gordan, Hashim, & Rokhani, 2023).

Salah satu penerapan *smart city* adalah sistem *smart transportation* yang mampu memenuhi kebutuhan transportasinya. Transportasi di dalam *smart city* haruslah mudah, ramah lingkungan, menerapkan kendaraan yang saling terintegrasi dan dapat digunakan bersama untuk meningkatkan layanan transportasi publik. Sebuah *smart transportation* menawarkan semua itu melalui pengendalian lalu lintas yang lebih baik, manajemen energi yang efisien, dan pengelolaan armada yang optimal (Al-Shariff, Alam, Ahmad, & Ahmad, 2019). Salah satu kota yang memanfaatkan *smart city* ini di Indonesia adalah Kota Jakarta. Namun, melihat beberapa praktik yang diimplementasikan di Jakarta, masih terdapat beberapa tantangan serta peluang yang dapat ditelaah dan dikembangkan untuk masa depan yang berkelanjutan bagi Kota Jakarta.

Oleh karena beberapa pembahasan di paragraf sebelumnya, *chapter* ini akan membahas implementasi konsep *smart city* di Jakarta, dengan fokus khusus pada sistem transportasi pintar. Pembahasan akan mencakup berbagai aspek, termasuk manajemen lalu lintas, transportasi umum, dan sistem parkir pintar. *Chapter* ini melihat bagaimana konsep *smart city* diterapkan dalam praktik di Jakarta, dengan membahas transformasi sistem transportasi, kondisi lalu lintas serta analisis aksesibilitasnya, keamanan lalu lintas, serta aspek lainnya yang relevan. Tujuan dari pembahasan ini adalah untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana Jakarta mengadopsi teknologi dan inovasi dalam upaya meningkatkan kualitas transportasi kota dan menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah kota Jakarta memiliki fitur transportasi dengan hasil produk kerjasama antara Jakarta Kini (JAKI) dan PT JakLingko, yang merupakan implementasi dari konsep Jakarta *Smart City*. Pengguna transportasi umum, baik warga Jakarta maupun turis, dapat memanfaatkan fitur ini untuk memeriksa jadwal, rute, serta tarif *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta, *Light Rail Transit* (LRT) Jakarta, Transjakarta, dan Mikrotrans. Terdapat banyak kolaborasi dan inovasi bersama yang dapat dilakukan demi mewujudkan *smart transportation* Jakarta yang lebih baik. Dengan memanfaatkan teknologi baru dan mengintegrasikannya ke dalam perencanaan transportasi perkotaan, Kota Jakarta dapat mengatasi tantangan yang ada dan menerapkan sistem transportasi yang lebih efisien, inklusif, dan untuk masa depan (Sofa, Simorangkir, & Kahfi, 2023).

Selain implementasi yang dilakukan oleh Jakarta *Smart City*, adapun beberapa penelitian yang ikut menunjang berkembangnya *smart transportation*. Contohnya adalah penelitian *smart city* Kota Jakarta yang erat kaitannya dengan mengintegrasikan *smart transportation* menggunakan *Internet of Things* (IoT) di Kota Jakarta. IoT ini sudah banyak penerapannya di berbagai aspek kehidupan. Salah satu contohnya adalah dengan berbagai perangkat yang saling memiliki hubungan sehingga dapat dimanfaatkan oleh seluruh orang di dunia, termasuk Negara Indonesia. Hal ini juga memiliki hubungan yang erat dengan peningkatan konektivitas penggunaan jaringan internet. Bahkan perangkat IoT di Asia ini terus diprediksi akan mengalami peningkatan yang melonjak (Sriratnasari, Wang, Kaburuan, & Jayadi, 2019).

Pemanfaatan kemajuan IoT lainnya juga telah dilakukan oleh berbagai peneliti, salah satunya hasil karya cipta dari Politeknik Astra. Karya cipta tersebut adalah *Ottoped Tracker Astratech*, dimana suatu skuter yang dapat digunakan dan dipantau penggunaannya. Skuter ini memanfaatkan teknologi sensor *Global Positioning System* (GPS) pada setiap kendaraan tersebut untuk mengetahui lokasinya, sehingga lokasi tersebut dapat dikirim ke *database server* dengan melewati *microcontroller*. Salah satu penelitian ini dapat membantu majunya kemajuan IoT khususnya untuk implementasi *smart transportation* di Indonesia.

Beberapa negara, kota dan peneliti telah melakukan implementasi atau penelitian *smart transportation* yang memanfaatkan IoT, *Big data*, dan AI. Namun, kemajuan tren teknologi IoT, *Big data* dan AI tidak datang tanpa resiko, salah satunya adalah kendala dan tantangan pada *big data*, seperti kelengkapan pengumpulan data, privasi data, penyimpanan data yang berkualitas, pemrosesan data dalam volume yang besar, publikasi data dan kebijakan terkait data (Iskandar, et al., 2024). Hal ini disebabkan karena setiap perangkat terhubung menggunakan berbagai cara, mulai dari WiFi atau Ethernet yang digunakan secara remote menggunakan protokol IP, Bluetooth, *Near Field Communication* (NFC), dan sebagainya. Melihat hal tersebut, tidak hanya dampak positif yang timbul, namun juga ada kemungkinan tantangan yang harus dihadapi. Tantangan ini salah satunya adalah dari segi keamanan, misalnya penyerangan keamanan data, fisik, enkripsi, privasi, dan masih banyak lagi tantangan yang lainnya yang perlu dipikirkan kembali solusinya dengan melihat peluang agar meningkatkan kualitas implementasi dari *smart transportation* di Jakarta.

PEMBAHASAN

Implementasi Konsep *Smart city*

Konsep *Smart city* memiliki beragam definisi yang bisa diartikan dengan luas, sehingga definisinya tidak ada yang mutlak. Dalam praktiknya, *smart city* didefinisikan sebagai tempat media digital secara strategis diintegrasikan sebagai infrastruktur dan perangkat lunak untuk mengumpulkan, menganalisis, dan berbagi data untuk mengelola dan memberi informasi tentang keputusan terkait lingkungan perkotaan dan aktivitasnya (Halegoua, 2020). Berikut adapun sebab untuk beberapa pembahasan untuk konsep *smart city* serta penerapannya di Kota Jakarta.

a. Konsep *Smart city*

Smart city sangat diperlukan di kota-kota saat ini untuk mengatasi keterbatasan ruang dan sumber daya yang ada di seluruh dunia. Sebagai akibatnya, konsep kota cerdas mulai

muncul karena adanya industri dan pasar teknologi informasi dan komunikasi yang sangat inovatif. Selain itu, *smart city* juga telah mulai menggunakan solusi-solusi baru yang memanfaatkan Teknologi *Internet of Things* (IoT), *big data*, AI, dan teknologi komputasi awan untuk membentuk hubungan yang kuat antara setiap bagian dan lapisan kota. Ada beberapa teknologi penting yang digunakan untuk membangun kota cerdas yang berfungsi dan mempertimbangkan kebutuhan manusia. Meskipun konsep kota cerdas merupakan solusi canggih untuk kota-kota masa kini, saat ini terdapat kebutuhan untuk menemukan lebih banyak ruang hidup, sehingga konsep *smart city* bisa diaplikasikan ke dalam ruang hidup alternatif (Kirimtat, Krejcar, Kertesz, & Tasgetiren, 2020). Pembangunan *smart city* adalah investasi besar yang terus dilakukan di berbagai kota di seluruh dunia. Konsep dan model yang digunakan bervariasi secara signifikan (PUPR, 2015).

b. Smart city di Jakarta

Pembangunan *smart city* bergantung pada beberapa prinsip dasar yang menjadi landasan. Biasanya, prinsip-prinsip ini bervariasi tergantung pada kota yang bersangkutan. Di Jakarta, pengembangan *smart city* mengacu pada enam indikator atau prinsip, yaitu *smart governance*, *smart environment*, *smart economy*, *smart mobility*, *smart living*, dan *smart people* (Sofa, Simorangkir, & Kahfi, 2023).

Di Jakarta, langkah awal pengenalan konsep *smart city* dimulai pada tahun 2015, yang ditandai dengan kehadiran Jakarta Fair 2015 di JIExpo Kemayoran. Setelah itu, perkembangan konsep *smart city* di Jakarta terus berlanjut dengan terkaitnya kota ini dengan Gerakan Menuju 100 *smart city* sejak tahun 2017. Gerakan ini merupakan inisiatif untuk mendampingi 100 kota atau kabupaten sebagai contoh dalam menyusun rencana induk *smart city* dan mengimplementasikannya di wilayah mereka masing-masing, termasuk Jakarta (Sofa, Simorangkir, & Kahfi, 2023).

Jakarta *Smart City* mempersembahkan sebuah aplikasi serba guna yang dikenal sebagai JAKI (Jakarta Kini). JAKI dirancang untuk memberikan akses kepada warga Jakarta terhadap berbagai informasi, seperti transportasi publik, kondisi cuaca, layanan kesehatan, agenda acara publik, dan berbagai kebutuhan lainnya. Selain itu, warga Jakarta dapat menggunakan fitur Laporan Warga di dalam aplikasi JAKI untuk melaporkan masalah yang mereka hadapi. Berbagai layanan pemerintah juga terintegrasi dalam satu aplikasi ini dan dapat diakses dengan mudah melalui perangkat masing-masing. JAKI tersedia dalam versi bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, sehingga warga negara asing yang berada di Jakarta juga dapat mengaksesnya (Sofa, Simorangkir, & Kahfi, 2023).

Berdasarkan Karakteristik Kota Global - Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi DKI Jakarta 2023, adapun beberapa peran Jakarta *Smart City* menuju Jakarta kota global yaitu sektor ekonomi yang mapan dan terkoneksi secara global, sektor ekonomi yang mapan dan terkoneksi secara global, nyaman untuk dihuni, cultural value yang menarik untuk pengunjung, lingkungan yang bersih, nyaman, dan berkelanjutan, serta terkoneksi secara intra dan inter-kota (Nugraha, 2023).

Implementasi Sistem *Smart transportation*

a. Manajemen Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas di Jakarta adalah masalah yang rumit dan melibatkan banyak komponen. Salah satu penyebab masalah ini adalah sistem parkir yang tidak efisien.

Parkir di badan jalan seringkali mengganggu lalu lintas, memperlambat pergerakan, dan menyebabkan kemacetan (Liputan6, 2022). Tempat parkir yang berlebihan juga dapat meningkatkan penggunaan mobil pribadi, menambah beban pada infrastruktur jalan.

Tingkat kemacetan di Jakarta mencapai sekitar 48 persen, menurut data dari penelitian yang dilakukan oleh (Tamin, 2007). Kerugian yang disebabkan oleh kemacetan ini sangat besar secara ekonomi. Sebuah kajian yang dilakukan oleh Bank Dunia pada tahun 2019 (Bank Dunia, 2019) menunjukkan bahwa kemacetan di Jakarta mengakibatkan kerugian sebesar Rp 65 triliun per tahun. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah menggunakan berbagai pendekatan untuk menangani masalah ini. Salah satunya adalah dengan menerapkan tarif disinsentif untuk kendaraan yang belum menjalani uji emisi dan tidak memenuhi syarat. Tujuan kebijakan ini adalah untuk mendorong orang untuk beralih dari kendaraan pribadi ke transportasi umum dan memperbaiki kendaraan pribadi mereka.

b. Manajemen Transportasi Umum

Dalam beberapa tahun terakhir, transportasi umum di Jakarta telah berkembang pesat. Peningkatan ini sangat dipengaruhi oleh integrasi berbagai moda transportasi publik. Integrasi ini mencakup banyak hal, seperti manajemen, sistem tiket, dan rute. Dengan integrasi ini, masyarakat dapat memperoleh sarana transportasi umum yang nyaman dan efektif. Misalnya, mikro bis, bis menengah, bis besar, *Bus Rapid Transit* (BRT), kereta api, dan MRT telah lama menjadi metode transportasi massal yang populer di Jakarta. Pengguna sekarang dapat dengan mudah berpindah dari satu moda transportasi ke moda lainnya berkat pengintegrasian (tempo.co, 2022).

Selain itu, sistem terpadu yang disebut JakLingko oleh pemerintah Provinsi DKI Jakarta (Dishub DKI Jakarta, 2023) bertujuan untuk mendorong orang untuk menggunakan angkutan umum dan membatasi kendaraan perseorangan. Pada akhirnya, sistem ini akan membantu mengurangi kemacetan lalu lintas di ibu kota. Meskipun ada kemajuan dalam manajemen transportasi umum, masih ada beberapa masalah yang perlu diselesaikan. Misalnya, koordinasi antara berbagai moda transportasi masih menjadi masalah dan layanan harus terus ditingkatkan agar orang semakin yakin untuk beralih dari kendaraan pribadi (Hikmah & Cahyoko, 2012).

Ide *Park & Ride* adalah salah satu strategi yang menarik (Lingkungan Hidup, 2019). Konsep ini menawarkan solusi praktis untuk mengurangi jumlah kendaraan pribadi di jalan raya sekaligus mendorong penggunaan angkutan umum yang lebih ramah lingkungan. Pengendara dapat memarkir mobil mereka di lokasi yang strategis, dekat dengan stasiun transportasi umum, dan kemudian dengan mudah melanjutkan perjalanan menggunakan moda transportasi massal. Konsep *Park & Ride* memiliki potensi besar untuk mengatasi masalah kemacetan dan polusi udara di perkotaan. Selain itu, sebagai hasil dari peningkatan penggunaan angkutan umum, *Park & Ride* juga membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara.

c. Sistem Smart Parking

Sistem *smart parking* adalah sebuah solusi berbasis teknologi yang dirancang untuk memudahkan proses pencarian tempat parkir. Sistem ini memanfaatkan teknologi seperti sensor, *Internet of Things* (IoT), dan perangkat lunak untuk memberikan informasi *real-*

time tentang ketersediaan tempat parkir. Berikut adalah beberapa komponen utama dalam sistem *smart parking*:

1. **Sensor:** Sensor digunakan untuk memantau ketersediaan tempat parkir. Setiap slot parkir dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi apakah slot tersebut kosong atau tidak (Kangoa, Ihsan, & Amsal, 2023).
2. **Perangkat Lunak:** Perangkat lunak berfungsi untuk mengolah data dari sensor dan menyajikan informasi tersebut kepada pengguna melalui aplikasi atau panel informasi.
3. **Aplikasi Seluler:** Aplikasi seluler memungkinkan pengguna untuk melihat informasi tentang ketersediaan tempat parkir secara *real-time*. Pengguna dapat melihat lokasi tempat parkir yang tersedia dan mendapatkan petunjuk arah menuju ke sana.

Dengan kemajuan teknologi, khususnya di bidang sensor, kamera, dan aplikasi seluler, sistem *smart parking* sekarang bekerja dengan lebih baik (Synapsis.id, 2022). Ini juga membuka peluang baru untuk membangun sistem manajemen lalu lintas yang lebih cerdas dan efisien. Pada dasarnya, sistem *smart parking* menggunakan sensor untuk mengidentifikasi ruang parkir kosong. Selanjutnya, data dikirim ke pusat data, dan pengendara dapat mengaksesnya melalui aplikasi seluler. Akibatnya, pengendara dapat mengetahui tempat parkir yang tersedia tanpa mencari-cari, yang dapat mengurangi waktu yang dihabiskan untuk mencari tempat parkir dan secara tidak langsung mengurangi kemacetan di jalan raya. Selain itu, sistem *smart parking* dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen lalu lintas untuk mengoptimalkan arus lalu lintas (Susilo & Imanuel, 2018).

Lebih dari sekadar solusi parkir, sistem *smart parking* memiliki potensi untuk mendukung Konsep *Park & Ride* (Nocola IOT Solution, 2024). Pengendara dapat memperoleh informasi tentang ketersediaan tempat parkir secara *real-time* melalui teknologi sensor dan aplikasi yang terhubung ke ponsel mereka. Kemudahan ini meningkatkan penggunaan transportasi umum karena mengurangi waktu yang dihabiskan untuk mencari tempat parkir dan mengurangi kemacetan. Banyak tempat di Jakarta telah menerapkan konsep *Park & Ride* yang memanfaatkan *smart parking*. Contohnya, pengendara dapat menggunakan MRT di Lebak Bulus setelah memarkir mobil mereka (Tribun Jakarta, 2023). Implementasi sistem ini diharapkan akan mendorong lebih banyak orang untuk menggunakan transportasi umum, yang pada akhirnya akan membantu mengurangi kemacetan lalu lintas di Jakarta.

Meski sistem *smart parking* menawarkan berbagai manfaat, implementasinya juga menghadapi beberapa tantangan:

1. **Biaya Implementasi:** Biaya untuk memasang sensor di setiap slot parkir dan pengembangan perangkat lunak dan aplikasi seluler bisa menjadi beban bagi operator parkir atau pemerintah kota.
2. **Integrasi dengan Infrastruktur yang Sudah Ada:** Mengintegrasikan sistem Smart Parking dengan infrastruktur parkir yang sudah ada bisa menjadi tantangan, terutama di kota-kota tua dengan infrastruktur yang sudah mapan.

Namun, masalah dapat diselesaikan dengan solusi yang tepat. Mengatasi masalah biaya memerlukan pengembangan model bisnis yang berkelanjutan. Operator parkir dapat menerapkan tarif parkir berdasarkan durasi (Suthanaya, 2010), atau pemerintah kota dapat memberikan insentif bagi operator yang menerapkan sistem *smart parking*. Selain itu, kerja sama erat dengan pihak berkepentingan, seperti pemerintah kota, operator parkir, dan pengguna, sangat penting untuk mengatasi tantangan integrasi. Melalui kerja sama ini, solusi yang paling efektif dan efisien dapat ditemukan, sehingga implementasi sistem *smart parking* dapat berjalan lancar dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat.

Sistem Smart Transportation di Jakarta

Jakarta merupakan kota dengan urbanisasi tertinggi di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistika Provinsi DKI pada tahun 2020 diperkirakan jumlah masyarakat mencapai 10,64 juta jiwa (Goldblum & Wong, 2000). Urbanisasi memberikan berbagai dampak positif dan negatif pada daerah itu sendiri. Dampak positif yaitu semakin meningkatnya perekonomian di ibukota, namun dampak negatif juga dihadapi oleh masyarakat yaitu tantangan seperti kemacetan, ketidakseimbangan ekonomi, pelayanan masyarakat yang kurang optimal dikarenakan jumlah penduduk. Hal tersebut mendorong masyarakat dan pemerintah untuk berinovasi mengatur dan mendapatkan layanan publik yang efektif, efisien, dan transparan (Hartawan et al., Dampak urbanisasi mendorong masyarakat dan pemerintah untuk berinovasi mengatur dan mendapatkan layanan publik yang efektif, efisien, dan transparan (Hartawan et al., n.d.). Kemacetan menjadi salah satu dampak dari urbanisasi, bertambahnya penduduk setiap tahun serta fasilitas transportasi yang tidak memadai menjadi timbulnya kemacetan di ibukota. Dampak dari kemacetan salah satunya yaitu polusi udara yang terjadi di ibukota Jakarta yang berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat sendiri (Syuhada et al., 2023).

Berbagai dampak yang telah dihadapi ibukota Jakarta dari faktor urbanisasi, maka pemerintah melakukan inovasi dengan membangun terobosan ibu kota dengan *Smart city*. *Smart city* sendiri merupakan istilah dimana kota-kota yang telah mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pembangunan *Smart city* sendiri melibatkan dua aspek yang berjalan secara paralel yaitu proses sosial dan juga teknis (Hartawan et al., n.d.). Kemudian ada tiga unsur yang harus berjalan yaitu kebutuhan sosial yaitu kemajuan ilmiah dan teknologi, peningkatan kualitas hidup, dan sumber daya inovatif. Ketiga unsur tersebut harus berjalan bersama dan menciptakan nilai-nilai sosial baru dan pembangunan perkotaan yang lebih baik. Konsep *smart city* sendiri yaitu meningkatkan kualitas hidup dengan menyelesaikan masalah urbanisasi dengan menggunakan metode inovatif, terintegrasi, dan berkelanjutan. Tolak ukur untuk keberhasilan *smart city* tidak hanya membutuhkan teknologi yang unik namun berbagai aspek harus dipertimbangkan. Menurut (Standardization, 2019) keberhasilan penerapan *smart city* terdiri dari 6 indikator, yaitu: *Smart Economy*, *Smart People*, *Smart Governance*, *Smart Mobility*, *Smart Environment*, and *Smart Living*.

Inovasi yang telah didirikan oleh pemerintah Jakarta salah satunya yaitu Jakarta *Smart City* (JSC). JSC sendiri merupakan sebuah unit dibawah Kantor Komunikasi, Informasi, dan Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Pembangunan *smart city* telah dikembangkan dan dibangun dengan berbagai inovasi pada seluruh penjuru dunia, salah satunya di ibukota Indonesia yaitu Jakarta. Seperti contoh kartu pintar yang dapat digunakan untuk berbagai

pembayaran transportasi umum (Syalianda & Kusumastuti, 2021). Selain Pembangunan manajemen transportasi, pembangunan fasilitas transportasi massal pun juga dilakukan (Febriani et al., 2020). Beberapa diskusi dilakukan terkait minat masyarakat beralih dari transportasi pribadi ke transportasi masal (Syarif Muhmmad, n.d.). Berdasarkan hasil diskusi didapati bahwa masyarakat cenderung berpindah dari transportasi pribadi ke transportasi masal dengan tolak ukur salah satunya kemudahan dalam akses dan fasilitas yang memadai.

a. Transformasi Sistem Transportasi

Jakarta memiliki tingkat pertumbuhan penduduk bervariasi setiap tahunnya: Kep. Seribu 2,24%, Jakarta Selatan 0,40%, Jakarta Timur 0,80%, Jakarta Pusat 1,14%, Jakarta Barat 0,29%, Jakarta Utara 0,41%, DKI Jakarta 0,57% (Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2024). Pada tahun 2023, populasi Jakarta mencapai 21.344.200 jiwa, Gambar 1. Menunjukkan DKI Jakarta sebagai Ibu Kota, memiliki total penduduk terbesar sebanyak 10.672.100 jiwa, yang mengalami peningkatan sebanyak 32.093 jiwa dari tahun sebelumnya. Hal ini mencerminkan tren pertumbuhan yang signifikan di wilayah tersebut (BPS Provinsi DKI Jakarta, 2023). Dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang signifikan tersebut, keberlanjutan pengembangan infrastruktur transportasi di Jakarta menjadi sangat penting. Ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa sistem transportasi perkotaan terus berkembang seiring dengan pertumbuhan populasi dan variasi model bisnis yang mengakomodasi berbagai segmen (Mavlutova et al., 2023). Oleh karena itu, pihak terkait perlu memahami pentingnya transformasi dalam sistem transportasi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat secara luas dan efektif.



Gambar 1. Jumlah Penduduk Jakarta Tahun 2021 – 2023 (BPS Provinsi DKI Jakarta, 2023)

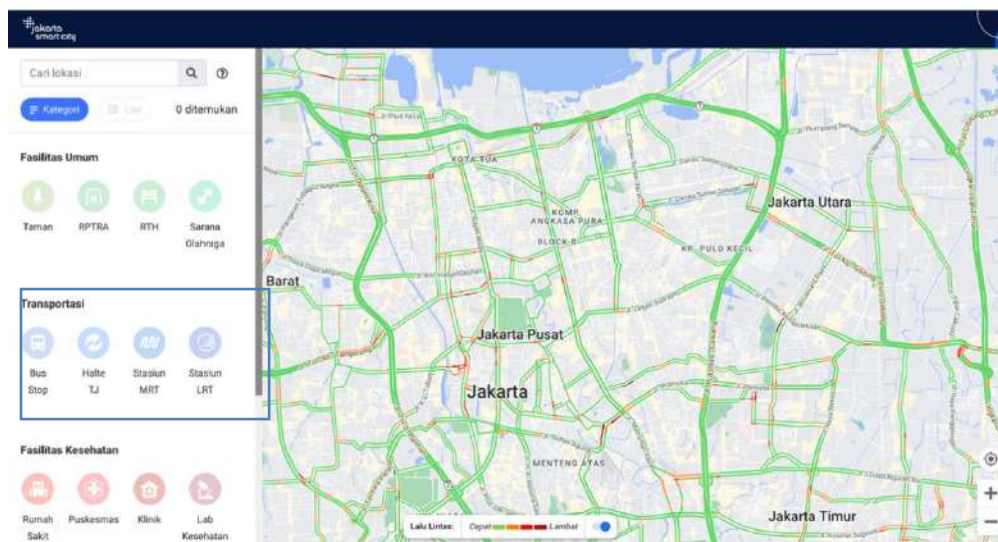
Dalam beberapa tahun terakhir, Jakarta telah menyaksikan pertumbuhan pesat dalam infrastruktur transportasi, yang tidak hanya mencakup pengembangan sistem *Mass Rapid Transit* (MRT), *Light Rail Transit* (LRT), Kereta Api Indonesia (KAI) Commuter. Aspek yang akan dibahas diantaranya pembayaran terintegrasi, peta transportasi terintegrasi, dan aplikasi pelanggan. Hal ini merupakan contoh aspek upaya pemerintah dalam menyongsong Jakarta *Smart City*.

1. Pembayaran Terintegrasi

Pembayaran terintegrasi penting dalam sistem transportasi, karena dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk naik ke kendaraan, mengumpulkan data valid mengenai kebiasaan dan perilaku perjalanan di Jakarta, mengatur permintaan dan meningkatkan jumlah penumpang di luar jam sibuk, serta mendorong pertumbuhan ekonomi non-tunai melalui integrasi dengan berbagai layanan perdagangan (Abdinagoro & Hamsal, 2016). Saat ini, Jakarta telah mengadopsi sistem pembayaran terintegrasi melalui Aplikasi Jaklingko. Dengan sistem ini, pelanggan dapat membeli tiket secara daring menggunakan satu aplikasi untuk semua moda transportasi, termasuk TransJakarta, MRT, LRT, Grab, dan KAI Commuter. Sistem ini tidak hanya menyederhanakan proses pembelian tiket, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan efisiensi bagi pengguna transportasi umum di Jakarta. Dengan adanya integrasi ini, pelanggan dapat dengan mudah merencanakan perjalanan lintas moda, mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan pengalaman perjalanan secara keseluruhan.

2. Peta Transportasi Terintegrasi

Peta sebagai petunjuk pengguna bertujuan untuk mempermudah akses dan informasi bagi pengguna transportasi, Jakarta juga menyediakan Peta Transportasi Terintegrasi melalui tautan berikut: smartcity.jakarta.go.id/id/peta/. Melalui peta ini, pengguna dapat dengan mudah menemukan lokasi Bus Stop, Halte TransJakarta, Stasiun LRT, serta mendapatkan informasi terkini mengenai status layanan MRT. Ini adalah langkah penting dalam mendukung mobilitas yang lebih efisien dan terkoordinasi di seluruh wilayah Jakarta.



Gambar 2. Peta Smart city (<https://smartcity.jakarta.go.id/id/peta/>)

3. Aplikasi Pelanggan



Gambar 3. Tangkapan layar aplikasi pelanggan

Dalam konteks MRT dan LRT, teknologi telah digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Misalnya, sistem pemantauan pintar digunakan untuk mengawasi keamanan dan kinerja jaringan MRT dan LRT secara real-time. Aplikasi seluler juga telah diperkenalkan untuk memberikan informasi langsung kepada pengguna mengenai jadwal, rute, dan kondisi lalu lintas, serta untuk pembayaran tiket secara elektronik, yang mengurangi antrian di stasiun. Dari sisi Busway, Jakarta memiliki moda transportasi bernama TransJakarta yang penumpangnya mencapai 280 juta jiwa pada tahun 2023 (Nurhaliza, 2024). TransJakarta memiliki inovasi yang menggunakan teknologi sebagai upaya ketercapaian *Smart transportation* dari armada, penjadwalan, pembelian tiket, dan pembayaran. Salah satu inisiatif terpenting adalah penggunaan sistem manajemen armada yang cerdas. Melalui sistem ini, armada bus TransJakarta dipantau secara real-time menggunakan teknologi GPS. Hal ini memungkinkan pengelola transportasi untuk melacak lokasi bus secara akurat, mengoptimalkan jadwal perjalanan, dan memberikan informasi yang tepat waktu kepada penumpang melalui aplikasi seluler dan papan informasi di halte. Selain itu, aplikasi seluler resmi TransJakarta telah menjadi alat penting bagi pengguna dalam merencanakan perjalanan mereka. Aplikasi ini memberikan informasi tentang jadwal, rute, dan lokasi halte, serta memungkinkan pembayaran tiket secara elektronik. Dengan demikian, pengguna dapat mengakses informasi terbaru tentang layanan Busway dan menghindari kerumunan di halte dengan memantau jadwal dan tingkat ketersediaan bus secara langsung. Di samping itu, Jakarta juga telah mengimplementasikan sistem pembayaran elektronik yang terintegrasi untuk memfasilitasi transaksi di bus TransJakarta. Pengguna dapat menggunakan kartu prabayar atau pembayaran nontunai melalui aplikasi seluler untuk membayar tiket, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk transaksi dan mempercepat proses naik turun penumpang di halte. Sedangkan dalam pengembangan kereta api komuter, aplikasi seluler dan situs web telah diperkenalkan untuk memberikan informasi terbaru tentang jadwal, perubahan, dan keterlambatan, sehingga pengguna dapat merencanakan perjalanan mereka dengan lebih baik. Tidak hanya itu, Jakarta juga telah memperkenalkan program pengembangan infrastruktur *smart city*, di mana sensor dan teknologi pintar digunakan untuk memantau lalu lintas, menyesuaikan sinyal lalu lintas, dan mengoptimalkan penggunaan jalur khusus Busway. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kelancaran perjalanan bus, serta mengurangi waktu tempuh dan kemacetan di koridor Busway. Secara keseluruhan, melalui penerapan sistem manajemen armada yang

cerdas, aplikasi seluler, pembayaran elektronik, dan integrasi teknologi *smart city*, Jakarta telah berhasil meningkatkan pengalaman pengguna dan efisiensi operasional dalam sistem transportasi Busway, menuju visi kota yang lebih pintar dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, integrasi teknologi canggih ke dalam infrastruktur transportasi Jakarta telah membantu menciptakan lingkungan yang lebih efisien, aman, dan nyaman bagi pengguna, sambil berkontribusi pada visi kota yang lebih pintar dan berkelanjutan.

Kondisi Lalu Lintas dan Analisis Aksesibilitas

Diskusikan tantangan dan potensi hambatan yang terkait dengan topik bab ini. Mengidentifikasi hambatan yang umum terjadi dan menawarkan wawasan tentang cara mengatasinya. Dalam sub bab ini, kita akan menganalisis data tentang lalu lintas dan aksesibilitas di Jakarta, dengan fokus pada wilayah-wilayah tertentu dan jenis moda transportasi yang dominan.

Tabel 1 menunjukkan jumlah kendaraan bermotor di Provinsi DKI Jakarta mengalami peningkatan dari tahun 2016 sampai dengan 2022. Jenis kendaraan bermotor berupa mobil penumpang, bus, truk dan sepeda motor seluruhnya mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan adanya potensi kepadatan lalu lintas yang tentunya dapat menimbulkan dampak kemacetan maupun peningkatan potensi kecelakaan. Selain itu, hasil pemantauan di empat lokasi jalan tol utama di Provinsi DKI Jakarta, termasuk Ruas Jalan Tol Jagorawi, Jalan Tol Jakarta-Tangerang, Jalan Tol Jakarta-Cikampek, dan Jalan Tol Cawang-Tomang-Cengkareng, menunjukkan bahwa ancaman kecelakaan dari lingkungan atau fasilitas sarana dan prasarana jalan tol memiliki persentase yang relatif rendah (BPS DKI Jakarta, 2022).

Tabel 2. Jumlah Kendaraan Bermotor di Provinsi DKI Jakarta (BPS DKI Jakarta, 2022)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (unit) di Provinsi DKI Jakarta						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mobil Penumpang	2570433	2827399	3082616	3310426	3365467	3544491	3766059
Bus	29336	31593	33419	34905	35266	36339	37180
Truk	553320	587860	631156	669724	679708	713059	748395
Sepeda Motor	13338593	14137126	15037359	15868191	16141380	16711638	17304447
Jumlah	16491682	17583978	18784550	19883246	20221821	21005527	21856081

Selama periode empat tahun antara 2018 hingga 2021, jumlah kecelakaan yang terjadi di keempat lokasi tersebut menunjukkan fluktuasi (Badan Pusat Statistik, 2019). Faktor manusia meliputi tindakan pengemudi seperti kurang memperhatikan keselamatan, melanggar peraturan lalu lintas, melakukan manuver berbahaya seperti mendahului tanpa memperhitungkan keamanan, serta kondisi pengemudi yang mungkin lelah, mengantuk, atau terpengaruh oleh alkohol, yang semuanya dapat mempengaruhi kemampuan mereka dalam mengendalikan kendaraan dengan baik (Steni Feni Ema Mubalus, 2023). Tabel 2 menunjukkan indikator serta jumlah kecelakaan pertahun di Jakarta selama periode 2018 – 2021.

Tabel 3. Indikator Kecelakaan Lalu Lintas di Jalan Tol Menurut Ruas Jalan
(Badan Pusat Statistik, 2019)

Indikator Kecelakaan	Jumlah Kecelakaan Per-Tahun			
	2018	2019	2020	2021
1. Jumlah Kecelakaan	862	708	534	680
2. Jumlah Korban meninggal	65	53	38	48
3. Faktor Penyebab:	-	-	-	-
a. Pengemudi	755	632	439	584
b. Kendaraan	96	73	89	88
c. Lingkungan	11	3	6	8
d. Tidak diketahui	-	-	-	-

Dalam upaya mengatasi masalah ini, integrasi moda transportasi telah menjadi fokus utama. Dengan menyelaraskan berbagai opsi transportasi seperti bus, kereta, dan layanan berbasis aplikasi, pemerintah berharap dapat menciptakan jaringan transportasi yang lebih efisien dan terintegrasi. Dari data pada Tabel 3, terlihat bahwa wilayah Jakarta Selatan memiliki jumlah moda terintegrasi yang cukup tinggi, terutama di sekitar stasiun-stasiun besar seperti Tebet dan Manggarai (Satu Data Jakarta, 2024a). Sementara itu, wilayah Jakarta Pusat juga memiliki beberapa stasiun penting seperti Palmerah dan Gondangdia. Ini menunjukkan bahwa wilayah-wilayah ini mungkin menjadi pusat mobilitas dan aksesibilitas yang penting bagi penduduk Jakarta.

Tabel 4 Jumlah Moda Terintegrasi (Satu Data Jakarta, 2024a)

Wilayah	Lokasi	Jumlah Moda Terintegrasi
Kota Adm. Jakarta Selatan	Stasiun Tebet	4000
Kota Adm. Jakarta Pusat	Stasiun Palmerah	2000
Kota Adm. Jakarta Selatan	Stasiun Manggarai	2000
Kota Adm. Jakarta Pusat	Stasiun Gondangdia	3000
Kota Adm. Jakarta Barat	Stasiun Jakarta Kota	3000
Kota Adm. Jakarta Timur	Stasiun Matraman	2000
Kota Adm. Jakarta Timur	Stasiun Jatinegara	3000
Kota Adm. Jakarta Pusat	Stasiun Juanda	2000
Kota Adm. Jakarta Selatan	Stasiun Cawang Cikoko	3000
Kota Adm. Jakarta Selatan	Kawasan Berorientasi Transit Lebak Bulus	2000

Wilayah	Lokasi	Jumlah Moda Terintegrasi
Kota Adm. Jakarta Selatan	Kawasan Berorientasi Transit Blok M Sisingamangaraja	3000
Kota Adm. Jakarta Selatan	Kawasan Berorientasi Transit Fatmawati	2000
Kota Adm. Jakarta Selatan	Kawasan Berorientasi Transit Istora Senayan	2000
Kota Adm. Jakarta Pusat	Kawasan Berorientasi Transit Dukuh Atas	4000
Kota Adm. Jakarta Selatan	Skywalk Kebayoran	2000

Dari data persentase pada Tabel 4 menggunakan transportasi publik, terlihat bahwa moda transportasi yang paling dominan adalah ojek online, diikuti oleh Transjakarta dan KRL. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada berbagai moda transportasi yang tersedia, banyak penduduk Jakarta lebih memilih menggunakan layanan ojek online untuk mobilitas sehari-hari mereka. Dari analisis ini, tampaknya ada korelasi antara keberadaan stasiun-stasiun besar seperti Palmerah dan Gondangdia dengan penggunaan KRL dan Transjakarta. Wilayah-wilayah di sekitar stasiun-stasiun ini mungkin menjadi pusat transportasi yang penting bagi penduduk Jakarta.

Tabel 5. Data Persentase Perjalanan Penduduk Menggunakan Transportasi Publik (Satu Data Jakarta, 2024)

Jenis Moda	Jumlah Perjalanan	Persentase
Transjakarta	962471	23,46
Krl	863513	21,05
Mrt	123293	3,01
Lrt Jakarta	4363	0,11
Lrt Jabodetabek	17515	0,43
Railink	5377	0,13
Bus/Angkot Reguler	213849	5,21
Ojek (Online)	1131227	27,58
Taksi Bajaj	152176	3,71

Jenis Moda	Jumlah Perjalanan	Persentase
Transjakarta	962471	23,46
ASK (Angkutan Sewa Khusus)	584640	14,25
Kapal	3701	0,09
Bus Sekolah	40152	0,98

Berdasarkan data jumlah moda terintegrasi dan persentase penggunaan moda transportasi publik, wilayah-wilayah dengan lebih banyak stasiun besar dan moda transportasi publik yang dominan mungkin memiliki tingkat aksesibilitas yang lebih baik. Namun, perlu diperhatikan bahwa faktor-faktor seperti kemacetan lalu lintas dan ketersediaan infrastruktur juga dapat memengaruhi aksesibilitas di wilayah-wilayah tersebut. Meskipun analisis ini memberikan wawasan yang berguna tentang lalu lintas dan aksesibilitas di Jakarta, perlu diingat bahwa masih ada banyak faktor lain yang dapat memengaruhi mobilitas penduduk, seperti kondisi jalan, kepadatan penduduk, dan perubahan dalam kebijakan transportasi. Untuk pemahaman yang lebih mendalam, penelitian lanjutan dan analisis lebih lanjut mungkin diperlukan.

b. Analisis Pejalan Kaki

Tujuan dibukanya transportasi sendiri yaitu memberikan akses untuk semua tanpa memandang sosial ekonomi maupun usia. Kemudahan aksesibilitas transportasi diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk mencapai lokasi tujuan (Weiss et al., 2018). Setiap tahunnya perluasan perluasan lahan transportasi dilakukan, hal tersebut berdampak pada sosial dan spasial bagi predestarian, sehingga para pejalan cenderung untuk memilih kendaraan umum maupun pribadi (Yagi et al., 2012). Selain itu cuaca dan polusi di Jakarta juga menjadi salah satu faktor yang berdampak pada minat masyarakat terhadap jalan kaki ke tujuan lokasi. Faktor lain menurut (Ricardianto et al., n.d.-a) pejalan kaki berusia rentan sangat rawan akan kecelakaan dikarenakan struktur jalan yang kurang memadai. Pejalan kaki sendiri cenderung menunjukkan untuk memilih tata kelola jalan seperti jalur lurus, pemilihan rute pendek, dan jalan yang tidak menanjak. Berbagai faktor yang telah disebutkan menjadikan warga ibukota menjadi salah satu masyarakat yang sedikit memiliki minat untuk berjalan kaki dibandingkan dengan ibu kota negara lain. Pada kenyataanya perjalanan kaki menjadi salah satu faktor berkurangnya polusi udara di ibukota. Indonesia sendiri menduduki peringkat terendah pada aktivitas berjalan kaki dengan rata-rata 3. 513 per hari. Berdasarkan fakta-fakta yang telah dirangkum menjadikan pemerintah untuk membangun kawasan perkotaan menjadi ramah pejalan kaki. Pembangunan perkotaan agar ramah pejalan kaki harus diatur oleh berbagai pihak yang berkepentingan, baik infrastruktur, tanaman perkotaan, dan standar perjalanan kaki baik bagi disabilitas maupun lanjut usia. Menurut (Pandapotan & Sumabrata, 2020) terdapat empat komponen dalam pembuatan pedestrian yaitu lebar trotoar, penghalang, konsistensi jalur pejalan kaki, dan keberlanjutan.

Pembangunan pedestrian secara masif telah dilakukan, salah satunya yaitu Transit Oriented Development (TOD). Pembangunan TOD sendiri bertujuan untuk mengatasi masalah transportasi perkotaan salah satunya yaitu kemacetan dengan menggabungkan lahan perkotaan dengan transportasi umum (Abdi & Lamíquiz-Daudén, 2022). Selain itu, Pembangunan TOD menarik minat masyarakat untuk menggunakan transportasi umum (Papa & Bertolini, 2015). Pemerintah juga melakukan pengembangan berkelanjutan dengan membangun konsep kota hijau yang melibatkan kolaborasi lintas antar sektor yang bertujuan untuk memberikan akses pejalan kaki aman dan merasa nyaman.

c. Analisis Keamanan Lalu Lintas

Kecelakaan lalu lintas di Jakarta meningkat rata-rata sebanyak tiga persen setiap tahunnya (Ricardianto et al., n.d.-b). Penyebab peningkatan kecelakaan lalu lintas diakibatkan manajemen lalu lintas yang tidak memenuhi standar. Tiga faktor penyebab kecelakaan lalu lintas yaitu kendaraan, manusia, dan lingkungan. Kecepatan pengendara pada saat mengendarai kendaraan merupakan salah satu faktor terjadinya kecelakaan lalu lintas. Rekayasa lalu lintas telah dilakukan oleh pihak-pihak terkait termasuk pembatasan pengurangan kecepatan lalu lintas. Berdasarkan Perundang-undangan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas adalah proses perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan untuk mendukung kelancaran lalu lintas. Dasar hukum untuk Lalu Lintas dan Angkutan Jalan adalah Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2017 yang merupakan satu sistem terpadu yang terdiri dari Lalu Lintas, Angkutan Jalan, Jaringan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Prasarana Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Kendaraan, Pengemudi, Pengguna Jalan, dan manajemennya (Kecepatan et al., 2019). Secara aktual peningkatan keselamatan lalu lintas memerlukan data dan informasi yang akurat untuk analisisnya. Beberapa tahun ini berbagai pendekatan dilakukan untuk mendeteksi kejadian lalu lintas. Pendekatan secara real-time untuk mendeteksi kejadian lalu lintas pada data twitter dengan berbagai metode deep learning (Atikah Luthfi 1, n.d.). Pendekatan lain dilakukan dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk memodelkan Sustainable Urban Transport (SUT) di wilayah Jakarta.

Kecelakaan lalu lintas mengakibatkan beberapa kebijakan dan rekayasa lalu lintas dilakukan. Selain itu, peningkatan urbanisasi dan mobilitas secara global menuntut untuk meningkatkan kebutuhan transportasi yang aman, efisien, dan bersih. Transportasi umum menjadi salah satu terobosan untuk meminimalisir kecelakaan lalu lintas yang terjadi, namun kekhawatiran masyarakat dalam menggunakan transportasi umum masih terjadi. Kekhawatiran yang terjadi diantaranya adalah cedera infrastruktur yang diakibatkan tangga, eskalator, maupun lift yang tidak berfungsi bagi penumpang prioritas khususnya yaitu lansia maupun disabilitas. Kejahatan dan kekerasan seksual, mengkonsumsi alkohol dan penggunaan obat-obatan terlarang, pencurian, maupun anti perilaku sosial lain yang dapat mengganggu dan mengancam masyarakat dalam menggunakan transportasi umum. Keadaan tersebut yang mengurangi minat masyarakat dalam penggunaan transportasi umum. Bersama dengan peningkatan kualitas pada transportasi umum di ibu kota, keselamatan telah menjadi prioritas utama dalam perencanaan transportasi umum di ibukota.

Peningkatan kualitas transportasi umum di ibukota salah satunya yaitu dibuatnya jalur busway yang hanya dapat dilalui oleh pengguna transportasi busway. Pembuatan jalur busway ini memudahkan pengguna untuk lebih cepat mencapai tujuan. Pencegahan kekerasan dan kejahatan juga digalangkan pada transportasi umum seperti adanya security di setiap pemberhentian maupun didalam transportasi tersebut. Pemasangan poster kekerasan dan kejahatan juga dipasang di setiap sudut transportasi, serta dipasangnya kamera pengawasan berupa CCTV. Pemasangan metal detectors and X-ray equipment juga digunakan pada transportasi umum khususnya MRT.

KESIMPULAN

Kemajuan dunia Smart city sudah semakin maju dan berkembang. Smart city ini memiliki konsep untuk memanfaatkan teknologi untuk menyediakan infrastruktur yang mudah diakses dan serbaguna. Teknik-teknik yang ikut berkembang sebagai penunjang untuk Smart city tersebut adalah Internet of Things (IoT), big data, serta Artificial Intelligence (AI). Hal ini tidak menutup kemungkinan, masih banyak teknik dan teknologi yang digunakan demi memajukan smart city. Smart city ini memiliki banyak aspek, salah satu perkembangan aspek tersebut adalah pada bidang transportation, yang dapat disebut dengan smart transportation. Smart transportation menawarkan banyak kemudahan dalam mobilitas sehari-hari dengan tujuan memudahkan masyarakat, mengurangi tingkat stres di perjalanan, dan memiliki keselarasan untuk seluruh jenis kendaraan dan destinasi yang ada. Di Indonesia, konsep smart transportation ini telah diimplementasikan bersama dengan konsep Jakarta Smart City. Ada beberapa praktik yang telah dilakukan Jakarta Smart City di bidang transportasi, seperti pada aplikasi Jakarta Kini (JAKI) dan JakLingko. Namun, di balik praktik yang telah dilakukan, adapun beberapa tantangan serta peluang yang masih dihadapi sehingga perlu untuk dikaji lebih dalam. Oleh karena itu, chapter ini akan memuat informasi terkait konsep Jakarta Smart city, implementasi untuk smart transportation di Jakarta serta menelaah terkait praktik, tantangan dan peluang yang ada saat ini dan yang bisa menjadi keberlanjutan dan perkembangan Jakarta di masa depan.

Berdasarkan beberapa topik yang telah dibahas pada Bunga Rampai ini maka berikut adalah tantangan dan potensi hambatan yang harus dihadapi.

1. **Kepadatan Lalu Lintas:** Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Jakarta dari tahun ke tahun telah menyebabkan kepadatan lalu lintas yang meningkat. Hal ini dapat menyebabkan kemacetan yang mengganggu mobilitas penduduk dan meningkatkan risiko kecelakaan. **Potensi Solusi:** Pemerintah perlu mempertimbangkan solusi seperti pengaturan lalu lintas yang lebih baik, investasi dalam transportasi publik yang lebih efisien, serta insentif untuk menggunakan transportasi berbasis non-mobil, seperti sepeda dan berjalan kaki.
2. **Faktor Manusia dalam Kecelakaan:** Fluktuasi jumlah kecelakaan di Jakarta selama beberapa tahun terakhir menunjukkan bahwa faktor manusia, seperti perilaku pengemudi yang kurang aman, dapat menjadi penyebab utama kecelakaan. **Potensi Solusi:** Pendidikan dan kesadaran publik tentang pentingnya keselamatan dalam berkendara dapat membantu mengurangi tingkat kecelakaan. Penegakan hukum yang ketat terhadap pelanggaran lalu lintas juga penting.
3. **Dominasi Moda Transportasi:** Meskipun ada berbagai opsi transportasi yang tersedia, banyak penduduk Jakarta lebih memilih menggunakan layanan ojek online daripada

transportasi publik lainnya. Ini bisa menjadi hambatan untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih terintegrasi. Potensi Solusi: Meningkatkan kualitas dan kenyamanan transportasi publik seperti KRL dan Transjakarta dapat membujuk lebih banyak orang untuk beralih dari penggunaan ojek online.

4. Kecemasan Keamanan: Kecemasan terhadap keamanan, termasuk risiko kejahatan, kekerasan, dan ketidaknyamanan, dapat menghalangi orang dari menggunakan transportasi umum. Potensi Solusi: Pemerintah perlu memprioritaskan keamanan dalam perencanaan dan operasi transportasi umum. Penambahan keamanan fisik dan personil, serta penggunaan teknologi seperti CCTV, dapat meningkatkan rasa aman penumpang.

SARAN

Berdasarkan beberapa topik yang telah dibahas pada Bunga Rampai ini, maka berikut adalah potensi solusi dan cara mengatasinya.

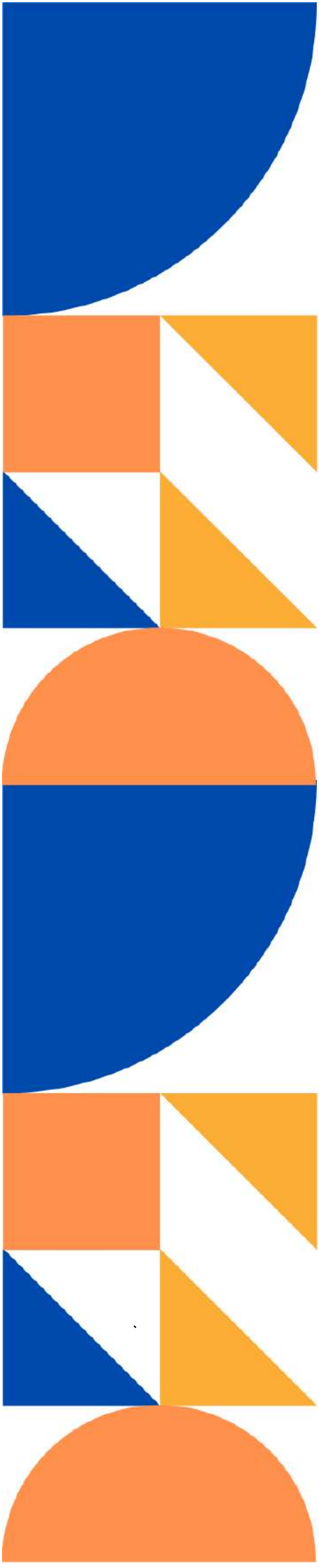
1. Integrasi Moda Transportasi: Melanjutkan upaya untuk mengintegrasikan berbagai opsi transportasi dan menyediakan koneksi yang mudah antar moda transportasi dapat membantu mengurangi kepadatan lalu lintas dan memperbaiki aksesibilitas.
2. Edukasi dan Kesadaran Publik: Melakukan kampanye edukasi dan meningkatkan kesadaran publik tentang pentingnya keselamatan berkendara dapat membantu mengurangi kecelakaan lalu lintas.
3. Peningkatan Kualitas Transportasi Publik: Investasi dalam meningkatkan kualitas dan kenyamanan transportasi publik, serta membuatnya lebih mudah diakses dan efisien, dapat membantu mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi.
4. Penguatan Keamanan Transportasi Umum: Memasang sistem keamanan fisik dan teknologi di transportasi umum, serta meningkatkan kehadiran personel keamanan, dapat membantu meningkatkan rasa aman penumpang dan mendorong penggunaan transportasi publik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shariff, S. M., Alam, M., Ahmad, Z., & Ahmad, F. (2019). *Smart transportation System: Mobility solution for Smart Cities. Smart Cities Symposium* . Bahrain: IET.
- Halegoua, G. R. (2020). *Smart Cities*. Cambridge: MIT Press.
- PUPR. (2015). *Laporan Akhir Kajian Pengembangan Smart city di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum .
- Sofa, A., Simorangkir, E., & Kahfi, M. R. (2023). *Setahun Jakarta Bercerita*. Jakarta: Jakarta Smart city.
- Talebkhah, M., Sali, A., Gordan, M., Hashim, S. J., & Rokhani, F. Z. (2023). Comprehensive Review on Development of Smart Cities Using Industry 4.0 Technologies. *IEEE Access*, 91981-92030.
- Kirimtat, A., Krejcar, O., Kertesz, A., & Tasgetiren, M. F. (2020). Future Trends and Current State of Smart city Concepts: A Survey. *IEEE Access*, 86448-86467.
- Sriratnasari, S. R., Wang, G., Kaburuan, E. R., & Jayadi, R. (2019). Integrated Smart transportation using IoT at DKI Jakarta. *International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)* (hal. 531-536). Jakarta/Bali: IEEE.
- Nugraha, Y. (2023). *Annual Report Jakarta Smart city 2023*. Jakarta: Jakarta Smart city.
- Iskandar, A. P., Setiawan, H., Judijanto, L., Mahendra, G. S., Ardi, M., Putri, N. A., . . . dkk. (2024). *Teknologi Big data: Pengantar dan Penerapan Teknologi Big data di Berbagai Bidang*. Daerah Istimewa Yogyakarta: PT. Green Pustaka Indonesia.
- Tamin, O. Z. (2007). Menuju terciptanya sistem transportasi berkelanjutan di kota-kota besar di indonesia. *Jurnal Transportasi*, 7.
- Liputan6. (2022, July 25). *14 Penyebab Kemacetan Lalu Lintas, Dampak Serta Solusi yang Perlu Diketahui*. Diambil kembali dari <https://www.liputan6.com/hot/read/5023197/14-penyebab-kemacetan-lalu-lintas-dampak-serta-solusi-yang-perlu-diketahui>
- Bank Dunia. (2019). *Kerugian Akibat Macet di Jabodetabek Capai Rp 100 Triliun per Tahun*.
- tempo.co. (2022, March 4). *Integrasi Jadi Kunci Perubahan Transportasi di Jakarta*. Diambil kembali dari <https://nasional.tempo.co/read/1566965/integrasi-jadi-kunci-perubahan-transportasi-di-jakarta>
- Dishub DKI Jakarta. (2023, July 28). *Mengenal Lebih Dekat Sistem JakLingko*. Diambil kembali dari <https://dishub.jakarta.go.id/2023/07/28/mengenal-lebih-dekat-sistem-jaklingko/>
- Hikmah, M., & Cahyoko, H. (2012). Manajemen Transportasi di DKI Jakarta.
- Lingkungan Hidup. (2019, October 4). *Konsep Park And Ride : Apa Saja Sih Keuntungannya ?* Diambil kembali dari <https://lingkungan.lovelybogor.com/konsep-park-and-ride-apa-saja-sih-keuntungannya/>
- Kangoa, R., Ihsan, & Amsal, A. Y. (2023). Implementasi Sistem Smart Parking Berbasis Internet of things Di Gedung Parkir . *JURNAL ILMU KOMPUTER*, 35-36.
- Synapsis.id. (2022). *Smart Parking: Pengertian, Cara Kerja, dan Pentingnya bagi Seluruh Elemen*. Diambil kembali dari <https://synapsis.id/smart-parking-solusi-iot-lebih-dari-sekadar-parkir-pintar.html>
- Susilo, B. H., & Imanuel, I. (2018). Analisis Lalu Lintas Penerapan Sistem Satu Arah di Kawasan Dukuh Atas, Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 14, 105-114.
- Nocola IOT Solution. (2024, February 1). *Smart Parking Berbasis IoT untuk Kemudahan Pengguna*. Diambil kembali dari <https://nocola.co.id/id/smart-parking-berbasis-iot-untuk-kemudahan-pengguna/>
- Tribun Jakarta. (2023, January 19). *9 Lokasi Park and Ride di Jakarta Beserta Tarifnya, Dekat*

- Transportasi Publik*. Diambil kembali dari <https://jakarta.tribunnews.com/2023/01/19/9-lokasi-park-and-ride-di-jakarta-beserta-tarifnya-dekat-transportasi-publik>
- Suthanaya, P. A. (2010). Analisis karakteristik dan kebutuhan ruang parkir pada pusat perbelanjaan di Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14.
- Abdinagoro, S. B., & Hamsal, M. (2016). E-payment in integrated public transport modes: Case study of public transports in Greater Jakarta. *2016 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 261–266. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2016.7930341>
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Indikator Kecelakaan Lalu Lintas di Jalan Tol Menurut Ruas Jalan* (p. 1). <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/301/1/indikator-kecelakaan-lalu-lintas-di-jalan-tol-menurut-ruas-jalan.html>
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2024). Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Provinsi/Kabupaten/Kota 2019-2021. In *Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta*. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/12/124/1/3-1-1-penduduk-laju-pertumbuhan-penduduk-distribusi-persentase-penduduk-kepadatan-penduduk-rasio-jenis-kelamin-penduduk-menurut-provinsi-kabupaten-kota-kecamatan.html>
- BPS DKI Jakarta. (2022). Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (unit) di Provinsi DKI Jakarta. In *BPS DKI Jakarta*. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/786/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis-kendaraan-unit-di-provinsi-dki-jakarta.html>
- BPS Provinsi DKI Jakarta. (2023). Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi DKI Jakarta. In <https://jakarta.bps.go.id/indicator/12/1270/1/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta-.html>. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/12/1270/1/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta-.html>
- Mavlutova, I., Atstaja, D., Grasis, J., Kuzmina, J., Uvarova, I., & Roga, D. (2023). Urban Transportation Concept and Sustainable Urban Mobility in Smart Cities: A Review. *Energies*, 16(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/en16083585>
- Nurhaliza, Si. (2024). *280 juta orang naik TransJakarta pada 2023*. Lintas Kota.
- Satu Data Jakarta. (2024a). *Jumlah Titik Integrasi Antar Moda*. https://satudata.jakarta.go.id/open-data/detail?kategori=dataset&page_url=jumlah-titik-integrasi-antar-moda&data_no=1
- Satu Data Jakarta. (2024b). *Persentase Perjalanan Penduduk Menggunakan Transportasi Publik*. Persentase Perjalanan Penduduk Menggunakan Transportasi Publik.
- Steni Feni Ema Mubalus. (2023). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan LaluLintas Di Kabupaten Sorong Dan Penanggulangannya. *Soscied*, 6(1), 182–197.
- Abdi, M. H., & Lamíquiz-Daudén, P. J. (2022). Transit-oriented development in developing countries: A qualitative meta-synthesis of its policy, planning and implementation challenges. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(3), 195–221. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1858375>
- Atikah Luthfi 1, P. D. * 2 , S. N. (n.d.). *B. DETEKSI KEJADIAN LALU LINTAS PADA TEKS TWITTER DENGAN*.
- Febriani, D., Mega Olivia, C., Aniisah Sholilah, S., & Hidajat, M. (2020). Analysis of Modal Shift to Support MRT-Based Urban Transportation in Jakarta. *Journal of Physics: Conference Series*, 1573(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1573/1/012015>
- Goldblum, C., & Wong, T.-C. (2000). Growth, crisis and spatial change: a study of haphazard urbanisation in Jakarta, Indonesia. In *Land Use Policy* (Vol. 17).
- Hartawan, M. S., Putra, A. S., & Muktiono, A. (n.d.). *Smart city Concept for Integrated Citizen*

- Information Smart Card or ICISC in DKI Jakarta. In *International Journal Of Science*. <http://ijstm.inarah.co.id>
- Kecepetaan, A., Di, M., Raya, J., Faktor, D., Yang, P., Pada, B., Ngebut, P., Jakarta, W., Sekitarnya, D., Kasus, S., Guritnaningsih, B.), Siregar, M. L., & Septiawan, A. (2019). ANALYSIS OF DRIVING SPEED IN HIGHWAY AND PSYCHOLOGICAL FACTORS IN SPEEDING BEHAVIOR IN THE JAKARTA AREA AND ITS SURROUNDINGS (CASE STUDY: BEKASI MAIN STREET). In *Traffic Accident Research Centre Journal of Indonesia Road Safety* (Vol. 2, Issue 3).
- Pandapotan, S., & Sumabrata, R. J. (2020). Analysis of the pedestrian path toward Duren Kalibata train station as a part of the transit development area. *AIP Conference Proceedings*, 2227. <https://doi.org/10.1063/5.0004878>
- Papa, E., & Bertolini, L. (2015). Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 47, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003>
- Ricardianto, P., Hidayat, S., Manik, P., Widiyanto, P., & Susanto, P. C. (n.d.-a). *International Journal of Research in Commerce and Management Studies GUIDELINES FOR MEASURING THE SUCCESS OF TRAFFIC SAFETY ACTION PLAN*. <https://ijrcms.com>
- Ricardianto, P., Hidayat, S., Manik, P., Widiyanto, P., & Susanto, P. C. (n.d.-b). *International Journal of Research in Commerce and Management Studies GUIDELINES FOR MEASURING THE SUCCESS OF TRAFFIC SAFETY ACTION PLAN*. <https://ijrcms.com>
- Syalianda, S. I., & Kusumastuti, R. D. (2021). Implementation of smart city concept: A case of Jakarta Smart city, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012128>
- Syarif Muhmmad. (n.d.). *2019 International Conference of Artificial intelligence and Information Technology (ICAIIIT 2019): 13-15 March 2019, Platinum Adisucipto Yogyakarta Hotel & Conference Center*.
- Syuhada, G., Akbar, A., Hardiawan, D., Pun, V., Darmawan, A., Heryati, S. H. A., Siregar, A. Y. M., Kusuma, R. R., Driejana, R., Ingole, V., Kass, D., & Mehta, S. (2023). Impacts of Air Pollution on Health and Cost of Illness in Jakarta, Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph20042916>
- Weiss, D. J., Nelson, A., Gibson, H. S., Temperley, W., Peedell, S., Lieber, A., Hancher, M., Poyart, E., Belchior, S., Fullman, N., Mappin, B., Dalrymple, U., Rozier, J., Lucas, T. C. D., Howes, R. E., Tusting, L. S., Kang, S. Y., Cameron, E., Bisanzio, D., ... Gething, P. W. (2018). A global map of travel time to cities to assess inequalities in accessibility in 2015. *Nature*, 553(7688), 333–336. <https://doi.org/10.1038/nature25181>
- Yagi, S., Nobel, D., & Kawaguchi, H. (2012). Time series comparison of models of auto and motorcycle ownership and mode choice in a changing transportation environment: Jakarta, Indonesia. *Transportation Research Record*, 2317, 40–50. <https://doi.org/10.3141/2317-06>



TRANSPORTASI AMAN: PENERAPAN INTEGRASI AI UNTUK KESELAMATAN PENUMPANG DI JAKARTA

**Siska Amonalisa Silalahi^{1*}, Veronica², Yulianti
Keke³**

^{1,2,3} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jakarta

e-mail: siska.silalahi@gmail.com

PENDAHULUAN

Kecerdasan buatan mengacu pada kemampuan mesin atau komputer untuk meniru kecerdasan manusia. Sistem AI menggunakan algoritma yang dapat memungkinkan mesin untuk belajar dari data, mengidentifikasi pola, dan membuat keputusan dengan sedikit atau tanpa campur tangan manusia. Era digital yang terus berkembang telah membawa *Artificial Intelligence* (AI) ke garis depan inovasi teknologi, membuka peluang tak terbatas untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Salah satu bidang yang paling menjanjikan adalah penerapan AI pada transportasi dalam konsep *smart city*. Dalam lingkup transportasi, integrasi kecerdasan buatan dapat dilakukan dengan memasang alat sensor di kendaraan untuk dapat mengumpulkan data tentang kondisi jalan, cuaca, dan lalu lintas. Melalui analisis data yang canggih dan mempuni, sistem AI dapat memitigasi kemungkinan terjadinya kecelakaan atau kemacetan lalu lintas. Tidak hanya itu, AI juga diharapkan dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute perjalanan, memantau kondisi pengemudi, serta mengendalikan kendaraan otonom (Solihati & Indriyani, 2021).

Penerapan kecerdasan buatan dalam pengembangan *smart city* dapat membawa perubahan paradigma dalam sistem transportasi perkotaan. Dengan memanfaatkan AI, *smart city* seperti Jakarta dapat meningkatkan keamanan penumpang melalui identifikasi pola dan perilaku berisiko dalam lalu lintas. Sistem canggih seperti AI dapat mendeteksi atau melakukan mitigasi potensi kecelakaan atau bahaya yang akan terjadi di jalan raya, dengan memberikan peringatan dini kepada pengemudi atau otoritas terkait. Selain itu, melalui integrasi AI dalam manajemen lalu lintas dapat membantu merencanakan rute perjalanan yang aman dan efisien, serta dapat mengoptimalkan pengaturan lampu lalu lintas untuk mengurangi kemacetan. Hal ini akan berdampak positif pada keberlanjutan lingkungan dan kenyamanan masyarakat sebagai pengguna transportasi umum maupun pribadi (Musa et al., 2019; Ozali & Saribanon, 2021).

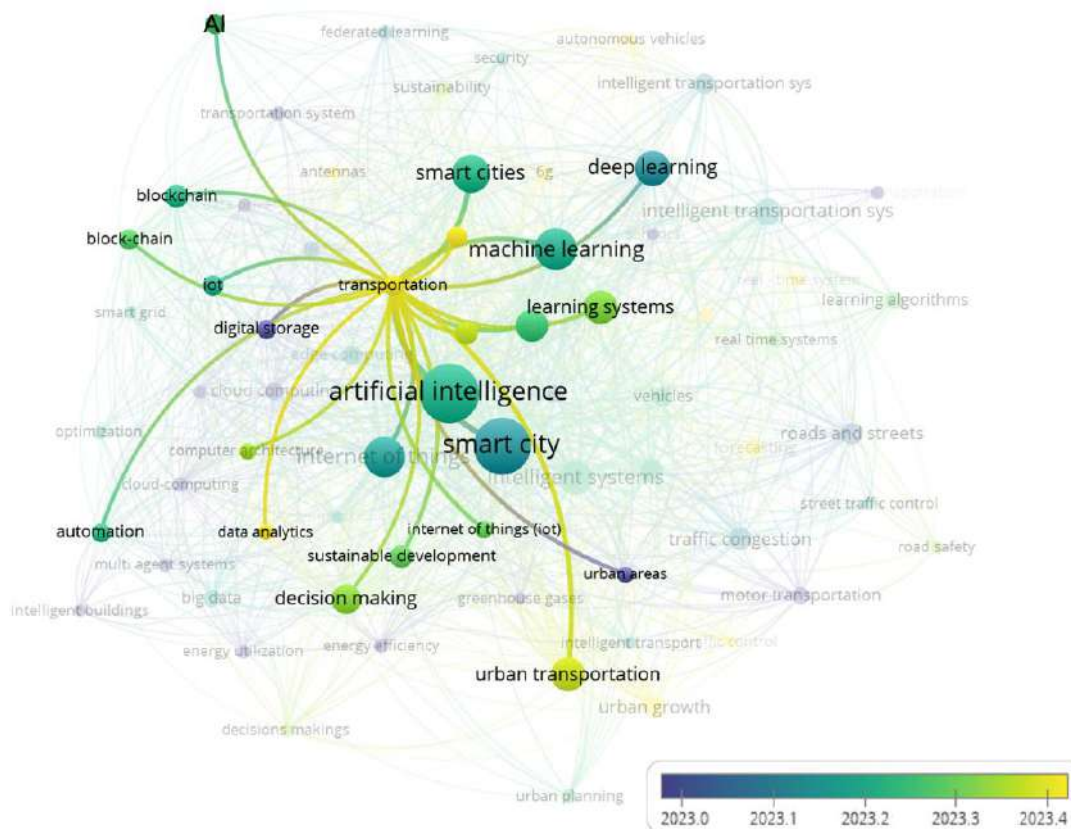
Melalui penerapan AI pada *smart city* tidak hanya menjadikan transportasi lebih pintar dan efisien, tetapi juga dapat mengutamakan keamanan penumpang sebagai bagian integral dari pembangunan kota yang berkelanjutan. Penerapan integrasi kecerdasan buatan dalam transportasi Jakarta juga dapat memberikan manfaat dalam pemantauan dan pengelolaan kinerja moda transportasi umum. Melalui penggunaan teknologi AI, pihak pengelola transportasi dapat memantau kondisi mesin dan performa kendaraan secara *real-time*, sehingga pihak pengelola dapat melakukan perawatan preventif secara tepat waktu. Hal ini dapat memitigasi dan mengurangi risiko terjadinya kerusakan mendadak yang dapat membahayakan keselamatan penumpang.

Dengan keamanan penumpang yang menjadi fokus utama, integrasi AI pada transportasi Jakarta akan membawa dampak signifikan dalam menciptakan lingkungan transportasi yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Hal tersebut melengkapi visi *Smart City* Jakarta dalam menciptakan kota yang mampu memberikan kesejahteraan bagi seluruh penduduk Jakarta.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah integrasi AI dalam keselamatan penumpang pada sistem transportasi Jakarta merupakan masalah kompleks yang membutuhkan pendekatan dari berbagai aspek. Handayani (2021) mengutarakan pentingnya kolaborasi dan integrasi di antara berbagai moda transportasi umum, seperti TransJakarta, MRT Jakarta, LRT Jakarta, dan KRL CommuterLine. Hal tersebut dilakukan untuk meningkatkan kinerja sistem

transportasi umum secara keseluruhan (Handayani et al., 2021). Selanjutnya Dharmawan (2022) mendukung pernyataan tersebut dengan menyoroti dampak positif dari integrasi layanan paratransit terhadap sejumlah penumpang Transjakarta (Dharmawan, 2022). Terakhir, Ramdhan (2021) menambahkan bagaimana dampak pandemi COVID-19 berpengaruh terhadap pengelolaan transportasi darat di Jakarta, yang mungkin saja berimplikasi pada integrasi AI untuk memastikan keselamatan penumpang dalam melakukan perjalanan (Ramdhan, 2021).

Jika kita melakukan pencarian penelitian terdahulu pada situs Scopus dengan menggunakan kata kunci *“artificial intelligence”*, dan *“transportation”*, dan *“smart city”* maka kita akan menemukan 580 dokumen yang membahas tentang topik ini. Penelitian mengenai AI pada transportasi ini sudah dimulai sejak tahun 2002, dimana Goto (2002) menjelaskan bagaimana AI dapat memberikan informasi mengenai jadwal rute yang riil, fasilitas stasiun, dan detail relevan lainnya yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Hal ini memberi kemudahan kepada penumpang dengan perencanaan perjalanan yang lebih baik, keputusan yang lebih tepat, dan navigasi yang lebih mudah (Goto & Kambayashi, 2002). Namun 7 tahun kemudian tidak ada peneliti yang membahas mengenai topik AI ini. Padahal topik ini sangat menarik dan sangat dibutuhkan. Penelitian AI pada transportasi ini baru kembali muncul di tahun 2010 dan bertambah dengan pesat sejak 2019. Pada Gambar 1 tentang Map Penelitian - VosViewer, dapat dilihat bahwa penelitian mengenai AI banyak yang dikaitkan dengan smart city dan machine learning, namun belum begitu banyak yang mengaitkannya dengan transportasi atau *urban transport*.



Gambar 1. Map Penelitian – VosViewer

Masih menggunakan Scopus, dari hasil pencarian 580 dokumen, kami kembali membatasi pencarian dengan menambahkan kata kunci “passenger”. Hasil dari menambahkan kata kunci tersebut, tersaring 25 dokumen yang dapat dilihat pada Tabel 1 mengenai penelitian terdahulu. Dari 25 dokumen tersebut 1 dokumen berupa buku, 2 dokumen merupakan *bookchapter*, 1 dokumen berupa *conference review*, 12 dokumen adalah *conference paper*, dan 9 dokumen merupakan artikel ilmiah. Dari penelitian-penelitian tersebut diketahui terdapat 3 hal utama yang menjadi batasan penelitian. Batasan pertama yakni keterbatasan alat atau perangkat yang digunakan dalam pengumpulan data atau pun penerapannya dalam kondisi nyata. Hal yang menjadi batasan penelitian yang kedua adalah data yang gunakan belum dapat menggambarkan kondisi yang sebenarnya karena setiap kota memiliki karakteristiknya masing-masing dan konteks dalam perkotaan yang dinamis serta kompleks. Kemudian terakhir yang menjadi batasan yakni keamanan data, karena data yang dikumpulkan dalam rangka penelitian merupakan data privasi atau data sensitif dan perlu dijamin keamanannya sehingga tidak disalahgunakan.

Dengan demikian dari penelitian-penelitian terdahulu tersebut didapatkan *state of the art* dengan pengembangan sistem transportasi yang mencakup beberapa aspek penting. Pertama, pengumpulan data yang menggambarkan kondisi riil dan relevan dengan berbagai kondisi lingkungan perkotaan serta jaringan transportasi yang kompleks yang menjadi fokus utama untuk menyelesaikan kekurangan yang teridentifikasi. Metode untuk memperluas cakupan data, penerapan teknik pembelajaran mesin yang adaptif, dan penyesuaian model secara *real-time* merupakan langkah penting. Kedua, pentingnya melindungi data pengguna dari ancaman eksternal yang ditunjukkan dengan penekanan pada pengembangan mekanisme keamanan yang kuat dan kebijakan privasi yang kuat. Penggunaan teknologi *blockchain*, penggunaan metode enkripsi yang kuat, dan penerapan kebijakan privasi yang jelas adalah semua kemajuan terbaru di sektor ini. Ketiga, langkah penting untuk meningkatkan ketangguhan infrastruktur teknologi adalah mengintegrasikan teknologi yang lebih tangguh dan mengembangkan sistem cadangan. Fokus pada pengembangan infrastruktur teknologi yang responsif dalam lingkungan transportasi perkotaan yang dinamis, bahkan saat ada gangguan atau kegagalan, menandai kemajuan teknologi otonom.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis	Tahun	Jenis Dokumen	Batasan Penelitian	
1	Automation of Business Processes Using Robots in the Fields of Supply Chain Management, Intelligent Transportation, and Logistics	Kamal C.R.; Agnes G.; Jemima L.; Chandrakala M.	2024	Bunga Rampai		
2	Sustainable Smart Cities through Multi-Agent Reinforcement Learning-Based Cooperative Autonomous Vehicles	Louati A.; Louati H.; Kariri E.; Neifar W.; Hassan M.K.; Khairi M.H.H.; Farahat M.A.; El-Hoseny H.M.	2024	Article		
3	Ridesharing and Crowdsourcing for Smart Cities: Technologies, Paradigms and Use Cases	Seng K.P.; Ang L.-M.; Ngharamike E.; Peter E.	2023	Article		
4	Sustainable Urban Freight for Energy-Efficient Smart Cities—Systematic Literature Review	Golinska-Dawson P.; Sethanan K.	2023	Article		

No	Judul	Penulis	Tahun	Jenis Dokumen	Batasan Penelitian	
5	Intelligent Transportation Systems in Smart City: A Systematic Survey	Hassan M.A.; Javed R.; Farhatullah; Granelli F.; Gen X.; Rizwan M.; Ali S.H.; Junaid H.; Ullah S.	2023	Conference paper		
6	A Novel Deep-Learning Model for Remote Driver Monitoring in SDN-Based Internet of Autonomous Vehicles Using 5G Technologies	Saleh S.N.; Fathy C.	2023	Article		
7	A Novel Demand-Responsive Customized Bus Based on Improved Ant Colony Optimization and Clustering Algorithms	Shu W.; Li Y.	2023	Article		
8	Big data analytics in smart cities' transportation infrastructure modernization	Ushakov D.; Dudukalov E.; Mironenko E.; Shatila K.	2022	Conference paper		
9	A New Vehicle Tracking System with R-CNN and Random Forest Classifier for Disaster Management Platform to Improve Performance	Vinoth Kumar T.; Yeruva A.R.; Kumar S.; Gangodkar D.; Rao A.L.N.; Chaturvedi P.	2022	Conference paper		
10	3rd International Conference on Smart IoT Systems: Innovations and Computing, SSIC 2021		2022	Conference review		
11	Smart mobility: Exploring foundational technologies and wider impacts	Khamis A.	2021	Book		
12	Artificial intelligence and machine learning approaches for smart transportation in smart cities using blockchain architecture	Sundaresan S.; Kumar K.S.; Nishanth R.; Robinson Y.H.; Kumar A.J.	2021	Bunga Rampai		
13	MobiSamadhaan—Intelligent Vision-Based Smart City Solution	Chakraborty M.; Pramanick A.; Dhavale S.V.	2021	Conference paper		
14	Hybrid Sensor-based Traffic Monitoring and Managing Urban Areas in Hyderabad City	John Moses C.; Prasad K.M.V.V.	2020	Conference paper		
15	Camera-driven probabilistic algorithm for multi-elevator systems	Bapin Y.; Alimanov K.; Zarikas V.	2020	Article		
16	Mobility prediction-based optimisation and encryption of passenger traffic-flows using machine learning	Asad S.M.; Ahmad J.; Hussain S.; Zoha A.; Abbasi Q.H.; Imran M.A.	2020	Article		
17	A Novel Simulated-Annealing Based Electric Bus System Design, Simulation, and Analysis for Dehradun Smart City	Kumar A.; Srikanth P.; Nayyar A.; Sharma G.; Krishnamurthi R.; Alazab M.	2020	Article		
18	Mobility Management-Based Autonomous Energy-Aware Framework Using Machine Learning Approach in Dense Mobile Networks	Asad S.M.; Ansari S.; Ozturk M.; Rais R.N.B.; Dashtipour K.; Hussain S.; Abbasi Q.H.; Imran M.A.	2020	Article		

No	Judul	Penulis	Tahun	Jenis Dokumen	Batasan Penelitian	
19	External manipulation of autonomous vehicles	Kiss G.	2019	Conference paper		
20	An optimal profit route planning scheme based on ACO-OPP	Qiu Y.; Xu X.; Xia F.	2019	Conference paper		
21	Emulating Smart City Sensors Using Soft Sensing and Machine Intelligence: A Case Study in Public Transportation	Kaptan C.; Kantarci B.; Soyata T.; Boukerche A.	2018	Conference paper		
22	Decision-making intelligent system for passenger of urban transports	Wences P.; Martinez A.; Estrada H.; Gonzalez M.	2017	Conference paper		
23	Proposal of improvements based on new technologies for the satisfaction of passengers on board passenger ship	Vázquez T.V.; Sendra A.L.; González-Abril L.	2016	Conference paper		
24	Formal model for intelligent route planning	Spichkova M.; Simic M.; Schmidt H.	2015	Conference paper		
25	Study on mobile passenger support systems for public transportation using multi-channel data dissemination	Goto K.; Kambayashi Y.	2002	Conference paper		

Keterangan :

-  Keterbatasan alat/ perangkat
-  Belum menggambarkan keseluruhan data/kondisi yang sebenarnya
-  Keamanan data

Diharapkan penelitian selanjutnya dapat fokus pada pengembangan teknik pengumpulan data yang lebih relevan dan representatif, peningkatan keamanan data, dan ketangguhan infrastruktur teknologi. Sehingga, penelitian ini akan memberikan informasi terkini tentang pengembangan integrasi sistem transportasi penumpang yang mengoptimalkan keuntungan transportasi dan memitigasi risiko-risiko ketika penumpang melakukan perjalanan.

PEMBAHASAN

Konsep *Artificial Intelligence* (AI) dalam transportasi di DKI Jakarta

Penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam transportasi di DKI Jakarta merujuk pada upaya kota dalam mengatasi berbagai tantangan urban melalui adopsi teknologi canggih. Jakarta, sebagai ibu kota dan pusat ekonomi Indonesia, menghadapi beberapa masalah kompleks terkait transportasi yang mencakup kepadatan lalu lintas, tingkat kecelakaan yang tinggi, dan masalah keamanan yang serius dalam sistem transportasi umumnya. DKI Jakarta adalah salah satu kota dengan laju urbanisasi yang paling cepat di Asia Tenggara (Nabal & Djaja, 2022). Kepadatan penduduk yang tinggi berdampak pada kepadatan lalu lintas yang parah, menyebabkan masalah logistik dan pengelolaan transportasi yang efisien menjadi sangat kritis. Pemerintah DKI Jakarta melakukan pengembangan *Smart City*, sebagai respons terhadap tantangan urban, Pemerintah DKI Jakarta telah meluncurkan berbagai inisiatif untuk mengubah Jakarta menjadi *smart city* (Kurnia & Djunaedi, 2020). Salah satu pilar utama dari visi *smart city* ini adalah pemanfaatan AI dalam berbagai aspek, termasuk transportasi, untuk

meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional. Isu keamanan dalam transportasi umum, termasuk tindakan kriminal dan pelecehan seksual, menjadi fokus utama. Penggunaan teknologi AI dalam sistem pengawasan dan respons keamanan ditujukan untuk meningkatkan keamanan bagi semua penumpang. Adanya tantangan dalam manajemen lalu lintas, kemacetan lalu lintas yang kronis menghambat mobilitas dan aktivitas ekonomi, sehingga AI digunakan untuk mengoptimalkan manajemen lalu lintas melalui sistem yang lebih terintegrasi dan otomatis, seperti sistem lampu lalu lintas yang cerdas dan analisis data lalu lintas *real-time* (Nigam et al., 2023). Pemerintah Jakarta bekerja sama dengan berbagai perusahaan teknologi nasional dan internasional melakukan inovasi dan kolaborasi teknologi untuk mengembangkan dan mengimplementasikan solusi berbasis AI. Ini mencakup kerjasama dalam pengembangan aplikasi mobile untuk penumpang yang mencakup fitur-fitur seperti *tracking bus*, *emergency button* atau *toogle*, dan layanan informasi lalu lintas.

Berikut adalah beberapa istilah-istilah penting dalam penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) antara lain *Information Sharing* yaitu pertukaran informasi yang relevan antara berbagai entitas, termasuk pemerintah, penyedia layanan transportasi, dan penumpang untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional. *Global Positioning System* (GPS) yaitu teknologi yang menggunakan satelit untuk menyediakan informasi lokasi dan waktu secara akurat di seluruh dunia, yang sangat penting dalam manajemen transportasi untuk pemantauan dan perencanaan rute (Artono et al., 2020). *Threat Detection* adalah penggunaan teknologi, khususnya AI, untuk mengidentifikasi ancaman keamanan secara *real-time* dalam sistem transportasi, seperti perilaku mencurigakan atau objek berbahaya, selanjutnya *Anomaly Detection* yaitu teknik dalam data mining yang mengidentifikasi item, peristiwa, atau pengamatan yang tidak sesuai dengan pola umum atau yang diharapkan dalam *dataset* (Younas, 2020). Dalam transportasi, teknik ini bisa digunakan untuk mendeteksi aktivitas yang tidak biasa yang bisa mengindikasikan kecelakaan atau kejahatan dan *mobile authentication* dimana proses verifikasi identitas pengguna melalui perangkat mobile, sering kali menggunakan teknologi keamanan seperti biometrik atau verifikasi dua faktor untuk mengakses aplikasi atau sistem.

Pengenalan AI pada Smart City Jakarta

Artificial Intelligence, atau kecerdasan buatan, mengacu pada simulasi kecerdasan manusia dalam mesin yang dirancang untuk belajar dan menyelesaikan masalah. Komponen utama dari AI yang dapat dimanfaatkan dalam smart city mencakup pembelajaran mesin (*machine learning*), pengolahan bahasa alami (*natural language processing*), dan analisis data prediktif. Dalam skala global, kota-kota seperti Singapura dan Amsterdam telah sukses mengimplementasikan AI dalam sistem transportasi mereka, yang meliputi pengelolaan lalu lintas, pemeliharaan infrastruktur, dan keamanan publik. Penerapan AI dalam manajemen *smart city* dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan publik secara signifikan (Izzuddin, 2022). Di Jakarta, AI mulai diterapkan dalam beberapa aspek seperti sistem manajemen lalu lintas cerdas yang menggunakan data dari kamera dan sensor untuk mengatur aliran kendaraan dan mengurangi kemacetan. Sebuah laporan oleh Jakarta *Smart City Office* (2022) menggambarkan bahwa sistem ini telah mengurangi waktu perjalanan di beberapa rute utama sebesar 20% (Fitriani et al., 2023). Jakarta menghadapi tantangan besar seperti kepadatan lalu lintas yang ekstrem, tingkat kecelakaan yang tinggi, dan masalah keamanan di transportasi umum, termasuk kejahatan dan pelecehan seksual. Selain itu, sistem deteksi anomali menggunakan AI dapat mengidentifikasi perilaku tidak biasa atau berbahaya di antara penumpang dan operator transportasi. Abduljabbar dkk (2019)

menunjukkan bahwa fitur responsif dan kuratif berbasis AI ini dapat mengurangi insiden keamanan di transportasi publik sebesar 40% (Abduljabbar et al., 2019).

Integrasi AI dalam sistem transportasi Jakarta membutuhkan kerjasama erat antara pemerintah kota, pengembang teknologi, dan masyarakat. Langkah pertama adalah pengembangan infrastruktur data yang kuat untuk mendukung aplikasi AI, diikuti dengan pilot proyek di beberapa area terpilih untuk menilai efektivitas solusi AI. Kerjasama ini termasuk kemitraan dengan universitas untuk penelitian dan pengembangan, serta dengan perusahaan teknologi untuk implementasi solusi. Pemerintah daerah perlu menyediakan regulasi yang mendukung inovasi sambil memastikan keamanan dan privasi data. Sebagaimana dijelaskan Ramdani dan Resnawaty (2021), kolaborasi multipihak ini adalah kunci untuk mengintegrasikan solusi AI yang sukses dalam skala kota (Ramdani & Resnawaty, 2021).

Berikut adalah contoh penerapan AI pada keselamatan penumpang, salah satu aplikasi yang telah diuji adalah sistem penilaian keamanan berbasis AI untuk taksi dan ojek online, yang menganalisis data perjalanan dan umpan balik penumpang untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi risiko keamanan. Data awal menunjukkan penurunan signifikan dalam laporan insiden keamanan di platform yang menggunakan fitur AI ini, menandakan pentingnya teknologi ini dalam meningkatkan keselamatan transportasi publik. Younas (2021) menjelaskan bahwa teknologi ini tidak hanya menangani masalah yang ada tetapi juga mencegah terjadinya insiden baru (Younas, 2020), maka diperlukan beberapa strategi dan kebijakan dalam Penerapan AI untuk Keselamatan *Smart City* di Jakarta, yaitu Strategi yang diperlukan termasuk pengembangan lebih lanjut pada kebijakan privasi data, peningkatan infrastruktur TI, dan program edukasi publik tentang manfaat dan penggunaan teknologi AI dalam kehidupan sehari-hari dan saran untuk meningkatkan kerjasama antar sektor. Saran ini mencakup pembentukan konsorsium AI yang melibatkan stakeholder dari sektor pemerintah, swasta, akademis, dan masyarakat sipil untuk mempercepat adopsi teknologi AI dan memastikan keberlanjutannya.

Beberapa fitur keamanan penumpang pada *Intelligent Passenger Mobile Feature* yaitu fitur **emergency toggle** memberikan pengguna kemampuan untuk segera menghubungi bantuan darurat dengan satu klik atau perintah suara. Implementasi ini memungkinkan respons cepat dalam situasi kritis, mengurangi waktu tunda yang bisa berakibat fatal. Menurut Mardi Safitri (2020), fitur serupa telah berhasil mengurangi kejadian kekerasan di transportasi umum di beberapa kota besar dengan memberikan respon yang hampir instan ke pusat pengawasan (Mardi Safitri et al., 2020). Fitur Preventif yaitu Information Sharing dan GPS, yaitu teknologi **Information Sharing** dan **GPS** memainkan peran kunci dalam pencegahan insiden. Dengan membagikan informasi lokasi *real-time* kepada pusat keamanan dan penumpang lain, sistem membantu dalam merencanakan rute yang lebih aman dan menghindari area berisiko. Nikitas dkk (2020) menyatakan bahwa pemanfaatan data lokasi dapat secara signifikan mengurangi risiko kecelakaan dan kejahatan dengan mengidentifikasi pola yang berpotensi berbahaya (Nikitas et al., 2020). Fitur Responsif yaitu *Threat Detection dan Anomaly Detection*, memanfaatkan algoritma canggih untuk memonitor perilaku yang tidak biasa atau berpotensi mengancam di dalam kendaraan atau di stasiun. Algoritma ini dapat mendeteksi perubahan perilaku mendadak dan mengirimkan peringatan sebelum keadaan eskalasi. Fitur Kuratif: *Mobile Authentication* bertujuan untuk mengamankan akses ke fitur aplikasi, memastikan bahwa hanya pengguna terverifikasi yang dapat mengaktifkan fitur darurat dan mengakses informasi pribadi. Teknik autentikasi seperti pengenalan biometrik atau

pengenalan wajah memberikan lapisan keamanan tambahan untuk mempertahankan integritas dan kepercayaan dalam solusi berbasis teknologi.

Keselamatan dan Keamanan Melalui AI

Integrasi AI dalam smart city menawarkan solusi yang menjanjikan. Melalui pemanfaatan teknologi canggih seperti *Information Sharing*, *Global Positioning System (GPS)*, *Threat Detection*, *Anomaly Detection*, dan *Mobile Authentication*, fitur keamanan penumpang yang cerdas dan responsif dapat diwujudkan. Fitur ini tidak hanya bersifat preventif, tetapi juga responsif dan kuratif, memberikan perlindungan menyeluruh bagi penumpang.

Bayangkan sebuah aplikasi mobile yang dilengkapi dengan "*emergency toggle*" atau tombol darurat. Ketika penumpang merasa terancam atau menghadapi situasi berbahaya, mereka dapat dengan cepat mengaktifkan tombol ini. AI akan segera merespons dengan mengirimkan peringatan otomatis ke pihak berwenang, kontak darurat, atau bahkan penumpang lain yang berada di dekat lokasi kejadian. Lokasi penumpang dapat dilacak secara real-time melalui GPS, memungkinkan bantuan cepat dan tepat sasaran.

Lebih dari sekadar tombol darurat, AI juga dapat berperan dalam mendeteksi ancaman potensial sebelum terjadi. Melalui analisis data dari berbagai sumber, seperti rekaman kamera pengawas, pola perilaku pengemudi, dan laporan penumpang, AI dapat mengidentifikasi anomali yang mencurigakan. Misalnya, perubahan rute yang tidak wajar, perilaku mengemudi yang agresif, atau peningkatan tingkat kebisingan di dalam kendaraan dapat menjadi indikator potensi bahaya. Dengan demikian, AI dapat memberikan peringatan dini kepada penumpang dan pihak berwenang, mencegah terjadinya insiden yang tidak diinginkan.

Penerapan AI dalam *smart city* tidak hanya terbatas pada fitur keamanan penumpang. Teknologi ini juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute transportasi, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan efisiensi operasional. Dengan demikian, perjalanan menjadi lebih lancar, nyaman, dan aman bagi semua pengguna.

Namun, penerapan AI juga memerlukan kerjasama dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, penyedia layanan transportasi, pengembang teknologi, dan masyarakat. Pemerintah perlu menciptakan kerangka regulasi yang mendukung inovasi dan melindungi privasi penumpang. Penyedia layanan transportasi harus berinvestasi dalam teknologi AI dan memastikan bahwa fitur keamanan mudah diakses dan digunakan oleh semua penumpang. Sementara itu, masyarakat perlu aktif melaporkan insiden dan memberikan umpan balik untuk meningkatkan efektivitas fitur keamanan.

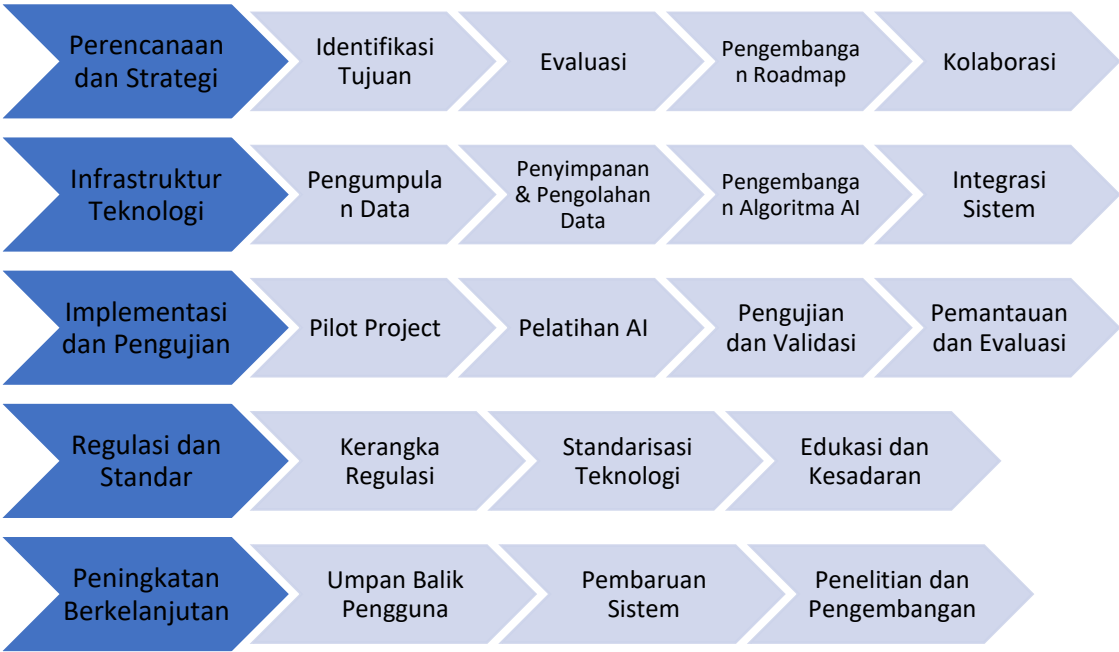
1. **Deteksi Anomali (*Anomaly Detection*):** Ini adalah konsep inti di balik fitur *toggle* keselamatan. AI akan dilatih untuk mengenali pola normal dalam perjalanan, seperti kecepatan, rute, dan perilaku pengemudi. Ketika ada penyimpangan dari pola ini (misalnya, perubahan rute mendadak, akselerasi tiba-tiba, atau suara teriakan), AI akan menandainya sebagai anomali potensial.
2. **Pemrosesan Sinyal Audio (*Audio Signal Processing*):** AI dapat menganalisis suara di dalam kendaraan untuk mendeteksi tanda-tanda bahaya, seperti suara pecahan kaca, teriakan minta tolong, atau pertengkaran.
3. **Analisis Sentimen (*Sentiment Analysis*):** AI dapat menganalisis teks dari pesan yang dikirim oleh penumpang melalui aplikasi (misalnya, "Tolong saya!") untuk mengidentifikasi sentimen negatif atau tanda-tanda bahaya.

4. **Sistem Rekomendasi (*Recommender Systems*):** Setelah mendeteksi anomali atau ancaman potensial, AI dapat memberikan rekomendasi tindakan kepada penumpang, seperti menghubungi layanan darurat, berbagi lokasi dengan kontak terpercaya, atau merekam audio/video sebagai bukti.

Istilah Kunci

- **Toggle Keselamatan (*Safety Toggle*):** Tombol atau fitur dalam aplikasi yang dapat diaktifkan oleh penumpang ketika merasa tidak aman.
- **Pelacakan Lokasi *Real-Time* (*Real-Time Location Tracking*):** Fitur yang memungkinkan aplikasi untuk melacak lokasi kendaraan secara terus-menerus dan membagikannya dengan pihak berwenang atau kontak terpercaya jika diperlukan.
- **Peringatan Otomatis (*Automated Alerts*):** Notifikasi yang dikirim secara otomatis ke layanan darurat atau kontak terpercaya ketika AI mendeteksi anomali atau ancaman.

Kerangka kerja penerapan integrasi AI dibutuhkan dalam mewujudkan transportasi yang lebih aman dan nyaman bagi semua.



Gambar 2. *Framework Penerapan Integrasi AI untuk Meningkatkan Keselamatan Penumpang Transportasi*

Penerapan AI pada Fitur Keselamatan

Tabel 2. Penerapan AI pada Fitur Keselamatan

Area Penerapan AI	Teknologi AI	Fitur dan Fungsi
Deteksi Anomali	<i>Machine Learning, Deep Learning</i>	Mendeteksi perilaku mengemudi yang tidak aman (kecepatan berlebihan, pengereman mendadak, perubahan jalur tiba-tiba). Mengidentifikasi pola perjalanan yang tidak biasa atau mencurigakan.

Area Penerapan AI	Teknologi AI	Fitur dan Fungsi
Pemrosesan Sinyal Audio	<i>Natural Language Processing, Audio Signal Processing</i>	Menganalisis suara di dalam kendaraan untuk mendeteksi teriakan, pertengkaran, atau tanda-tanda bahaya lainnya.
Analisis Sentimen	<i>Natural Language Processing</i>	Menganalisis pesan teks dari penumpang dan pengemudi untuk mengidentifikasi sentimen negatif atau tanda-tanda bahaya.
Sistem Rekomendasi	<i>Machine Learning</i>	Memberikan rekomendasi tindakan kepada penumpang dan pengemudi berdasarkan analisis data dan situasi.
Pelacakan Lokasi Real-Time	<i>GPS, Machine Learning</i>	Melacak lokasi kendaraan secara terus-menerus untuk memantau perjalanan dan memberikan informasi kepada penumpang dan pihak berwenang.
Peringatan Otomatis	<i>Machine Learning, Rule-Based Systems</i>	Mengirimkan peringatan otomatis ke layanan darurat, pusat kendali, atau kontak terpercaya ketika AI mendeteksi ancaman atau anomali.
Pemantauan Video	<i>Computer Vision, Deep Learning</i>	Menganalisis rekaman video dari kamera pengawas di halte, stasiun, dan di dalam kendaraan untuk mendeteksi aktivitas yang mencurigakan atau kekerasan.

Studi Kasus

Contoh 1: Aplikasi *Ride-Hailing* "SafeRide"

SafeRide, sebuah aplikasi *ride-hailing* populer, telah mengintegrasikan fitur "*SafeRide Shield*" yang didukung AI. Fitur ini mencakup:

- **Toggle Keselamatan:** Penumpang mengaktifkan tombol ini jika merasa tidak aman.
- **Deteksi Anomali:** AI memantau perjalanan secara *real-time*, mendeteksi perubahan rute mendadak, akselerasi yang tidak biasa, atau pengereman mendadak.
- **Pemrosesan Audio:** Mikrofon di dalam kendaraan merekam audio dan AI menganalisisnya untuk mendeteksi suara teriakan, pertengkaran, atau tanda-tanda bahaya lainnya.
- **Analisis Sentimen:** Pesan teks yang dikirim oleh penumpang melalui aplikasi dianalisis untuk mengidentifikasi sentimen negatif.
- **Peringatan Otomatis:** Jika terdeteksi anomali, peringatan otomatis dikirim ke pusat keamanan SafeRide, kontak darurat penumpang, dan pengemudi lain di sekitar area.
- **Pelacakan Lokasi Real-Time:** Lokasi kendaraan dibagikan dengan pusat keamanan dan kontak darurat.

Studi Kasus: Penumpang wanita merasa tidak nyaman dengan perilaku pengemudi. Ia mengaktifkan "*SafeRide Shield*." AI mendeteksi perubahan rute yang tidak sesuai dengan tujuan dan suara penumpang yang cemas. Peringatan otomatis dikirim, dan pengemudi lain dapat datang untuk membantu. Polisi juga dihubungi, dan pengemudi tersebut ditangkap.

Contoh 2: Aplikasi Transportasi Umum "*CitySafe*"

CitySafe, aplikasi resmi untuk transportasi umum di sebuah kota besar, telah meluncurkan fitur "*Guardian Angel*." Fitur ini mencakup:

- **Tombol Panik:** Tersedia di setiap halte bus dan stasiun kereta, terhubung langsung ke pusat komando keamanan.
- **Deteksi Keramaian:** AI menganalisis data dari kamera pengawas untuk mendeteksi keramaian yang tidak biasa atau perilaku mencurigakan di halte dan stasiun.
- **Pemantauan Video:** Kamera di dalam bus dan kereta merekam video, yang dianalisis oleh AI untuk mendeteksi aktivitas yang tidak biasa atau kekerasan.
- **Sistem Pelaporan:** Penumpang dapat melaporkan insiden melalui aplikasi, termasuk pelecehan atau ancaman. Laporan ini dianalisis oleh AI untuk mengidentifikasi tren dan area berisiko tinggi.

Studi Kasus: Seorang penumpang wanita merasa dilecehkan oleh penumpang lain di dalam bus. Ia menekan tombol panik di halte berikutnya. Petugas keamanan segera tiba dan mengamankan pelaku. Rekaman video dari bus digunakan sebagai bukti dalam penyelidikan.

Contoh 3: Taksi "*SmartCab*" dengan AI

SmartCab, sebuah perusahaan taksi, telah melengkapi armadanya dengan teknologi AI yang canggih. Fitur-fitur ini mencakup:

- **Pemantauan Pengemudi:** AI memantau perilaku pengemudi, seperti kecepatan, pengereman, dan penggunaan ponsel saat mengemudi.
- **Deteksi Kelelahan:** AI menganalisis ekspresi wajah pengemudi dan pola mengemudi untuk mendeteksi tanda-tanda kelelahan.
- **Peringatan Keselamatan:** Jika terdeteksi perilaku mengemudi yang tidak aman atau tanda-tanda kelelahan, peringatan dikirim ke pengemudi dan pusat kendali *SmartCab*.
- **Perekaman Perjalanan:** Perjalanan direkam untuk tujuan keamanan dan pelatihan pengemudi.

Studi Kasus: Seorang pengemudi taksi *SmartCab* mulai menunjukkan tanda-tanda kelelahan setelah mengemudi selama beberapa jam. AI mendeteksi hal ini dan mengirimkan peringatan. Pengemudi diarahkan untuk beristirahat di tempat yang aman, dan taksi lain dikirim untuk menjemput penumpang.

Contoh-contoh ini menunjukkan bagaimana AI dapat diimplementasikan secara efektif untuk meningkatkan keselamatan penumpang dalam transportasi umum dan taksi. Dengan terus mengembangkan dan menyempurnakan teknologi ini, kita dapat menciptakan lingkungan transportasi yang lebih aman dan nyaman bagi semua orang.

Tantangan dan Potensi Hambatan Implementasi Artificial Intelligence (AI)

Dalam konteks implementasi Artificial Intelligence (AI) untuk meningkatkan keselamatan penumpang dalam sistem transportasi di DKI Jakarta, berbagai tantangan dan potensi hambatan dapat mempengaruhi keberhasilan dan efektivitas dari inisiatif ini. Terdapat beberapa tantangan utama seperti Privasi dan Keamanan Data, dimana penggunaan AI dalam transportasi seringkali membutuhkan pengumpulan dan analisis data pribadi yang besar, yang menimbulkan kekhawatiran tentang privasi dan keamanan data. Salah satu cara mengatasinya adalah Pemerintah DKI Jakarta perlu memastikan bahwa semua sistem AI mematuhi peraturan perlindungan data yang ketat. Implementasi kebijakan seperti *General Data Protection Regulation (GDPR)* dapat diadaptasi untuk konteks lokal. Tantangan kedua adalah integrasi dengan infrastruktur yang ada, dimana integrasi teknologi AI dengan sistem transportasi yang sudah ada sering kali kompleks dan memerlukan investasi besar, sehingga dapat dilakukan adopsi pendekatan bertahap dan pilot proyek untuk menguji solusi AI dalam skala kecil sebelum implementasi penuh, memastikan kompatibilitas dan mengurangi risiko. Selanjutnya, penerimaan publik dan keterlibatan, dimana skeptisisme dan resistensi dari publik terhadap teknologi baru, terutama yang berhubungan dengan AI yang mungkin dianggap mengintimidasi atau terlalu kompleks, maka pendidikan dan sosialisasi dalam bentuk kampanye informasi untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman publik tentang manfaat keamanan dan efisiensi yang ditawarkan oleh AI diharapkan dapat menjadi solusi dalam mengatasi hambatan ini. Tantangan berikutnya adalah dependensi pada teknologi yaitu ketergantungan yang berlebihan pada teknologi AI dapat mengarah pada kerentanan ketika terjadi kegagalan sistem, sehingga menerapkan protokol redundansi dan kegagalan yang kuat untuk memastikan bahwa sistem dapat terus beroperasi bahkan jika ada komponen AI yang mengalami masalah diharapkan dapat mengatasi tantangan ini. Keterbatasan AI dalam konteks nyata, dimana AI, sementara itu canggih, masih memiliki keterbatasan dalam pemrosesan konteks sosial dan nuansa manusia yang kompleks, maka diharapkan dengan mengintegrasikan AI dengan input manusia yang strategis untuk menangani situasi yang membutuhkan penilaian manusia dan adaptasi dapat mengatasi masalah ini.

KESIMPULAN

Teknologi Artificial Intelligence (AI) berkembang pesat dan membuka peluang baru untuk meningkatkan keselamatan penumpang di masa depan. Integrasi AI di Smart City dapat merevolusi sistem transportasi dan menciptakan lingkungan yang lebih aman bagi semua pengguna. Risiko keamanan dan keselamatan penumpang transportasi di kota-kota besar khususnya pada jam-jam kritis membutuhkan solusi terbaik dan kerjasama beberapa pihak dan juga pemerintah. Risiko bukan hanya berupa kecelakaan lalu lintas namun juga kasus keamanan dan pelecehan seksual. Penggunaan inovasi teknologi seperti emergency fitur/toggle dalam intelligent passenger mobile feature yang handal dapat menjadi solusi bagi risiko keamanan dan keselamatan penumpang. Fitur keamanan penumpang bersifat preventif, responsif dan kuratif. Fitur keamanan penumpang dalam sebuah mobile platform

memanfaatkan teknologi Information Sharing, Global Positioning System (GPS), Threat Detection, Anomaly Detection, Mobile Authentication. Pada Bunga Rampai akan membahas mengenai pengenalan AI pada smart city, pemanfaatan AI pada peningkatan keselamatan penumpang, framework penerapan integrasi AI, contoh penerapan AI pada keselamatan penumpang, dan saran penerapannya AI smart city bagi semua pihak yang berperan.

1. Tantangan yang dihadapi oleh kota besar seperti Jakarta, termasuk kepadatan lalu lintas, kecelakaan, dan masalah keamanan di transportasi umum. Pengenalan AI dalam Smart City, didefinisikan dan dijelaskan bagaimana teknologi ini diintegrasikan dalam konsep smart city secara global
2. Pemanfaatan AI untuk keselamatan penumpang dapat meningkatkan keselamatan penumpang melalui teknologi seperti GPS, Information Sharing, Threat Detection, Anomaly Detection, dan Mobile Authentication. Teknologi-teknologi ini memungkinkan deteksi ancaman secara real-time dan respons yang cepat terhadap insiden keamanan. Strategi dan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengintegrasikan AI dalam sistem transportasi Jakarta, termasuk kolaborasi antara pemerintah, pengembang teknologi, dan masyarakat.
3. Contoh Penerapan AI, studi kasus dan contoh nyata aplikasi AI dalam meningkatkan keselamatan transportasi di DKI Jakarta, termasuk penggunaan aplikasi mobile yang memiliki fitur emergency toggle untuk respons cepat dalam situasi darurat.
4. Saran dan rekomendasi untuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta tentang cara melanjutkan dan memperluas penggunaan AI untuk meningkatkan keselamatan penumpang dan saran untuk melakukan pengembangan infrastruktur data, kerjasama dengan teknologi pengembang, dan pelatihan publik, sehingga penting sekali integrasi AI dalam transportasi Jakarta dan visi masa depan untuk transportasi yang lebih aman dan lebih efisien.

• **Poin-poin penting:**

1. Pentingnya AI untuk Keselamatan. AI merupakan alat vital dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi transportasi umum, mengurangi kecelakaan dan memperbaiki pengalaman penumpang.
2. Integrasi Sistem Transportasi. Integrasi antar moda transportasi melalui teknologi AI memungkinkan sistem yang lebih koheren dan terkoordinasi, memudahkan penumpang berpindah dari satu moda ke moda lain dengan lancar.
3. Pengawasan dan Manajemen Lalu Lintas Berbasis AI. Implementasi teknologi AI dalam pengawasan dan manajemen lalu lintas mempercepat deteksi dan respons terhadap insiden, meningkatkan keamanan secara keseluruhan.
4. Keamanan Data dan Privasi. Dalam menggunakan AI, penting untuk mempertahankan standar tertinggi keamanan data dan privasi penumpang, mengadopsi kebijakan yang transparan dan bertanggung jawab.
5. Pelatihan dan Edukasi. Mengedukasi masyarakat dan staf tentang manfaat dan

penggunaan AI dalam transportasi adalah esensial untuk adopsi dan pemanfaatan teknologi yang sukses.

- **Pertanyaan Diskusi**

Pertanyaan-pertanyaan ini bertujuan untuk memfasilitasi analisis kritis dan aplikasi praktis dari materi dalam konteks yang berbeda:

1. Evaluasi Penerapan AI. Bagaimana teknologi AI saat ini berkontribusi terhadap keselamatan penumpang di Jakarta? Adakah area atau aspek yang bisa ditingkatkan melalui pemanfaatan AI?
2. Dampak pada Privasi dan Keamanan Data. Mengingat peningkatan penggunaan AI dalam sistem transportasi, apa implikasi potensial terhadap privasi dan keamanan data penumpang? Bagaimana Pemerintah DKI Jakarta dapat menjamin bahwa data penumpang dilindungi?
3. Peran Stakeholder. Siapa saja stakeholder utama dalam proses integrasi AI dalam sistem transportasi umum, dan bagaimana masing-masing dapat berkontribusi untuk meningkatkan keselamatan penumpang?
4. Kesiapan Infrastruktur. Sejauh mana infrastruktur saat ini mendukung penerapan teknologi AI di DKI Jakarta? Apa saja tantangan utama yang dihadapi dan bagaimana mengatasinya?
5. Kebijakan dan Regulasi. Jenis kebijakan apa yang perlu dikembangkan atau diperbaharui untuk mendukung integrasi AI dalam transportasi umum yang aman? Bagaimana pemerintah harus menangani isu-isu etis yang mungkin muncul?
6. Teknologi Masa Depan. Teknologi AI mana yang belum diimplementasikan tetapi memiliki potensi besar untuk meningkatkan keselamatan transportasi di Jakarta?
7. Pengaruh Sosial dan Ekonomi. Bagaimana integrasi AI dalam transportasi umum dapat mempengaruhi aspek sosial dan ekonomi masyarakat Jakarta? Apakah ada dampak tidak terduga yang perlu diperhatikan?

SARAN

Integrasi teknologi AI dalam sistem transportasi menjadi krusial untuk meningkatkan keselamatan penumpang di Jakarta. Berikut rekomendasi untuk Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Jakarta:

1. Memperluas Integrasi AI dalam Sistem Transportasi secara real-time;
 - a. Menghubungkan fitur "Smart Safety Toggle" dengan sistem pengawasan CCTV di halte, stasiun, dan dalam kendaraan umum.
 - b. Membangun pusat komando terpadu terintegrasi dengan aparat yang berwenang memantau data dari berbagai sumber (aplikasi, CCTV, GPS).
 - c. Memastikan interoperabilitas antara berbagai sistem dan aplikasi untuk memudahkan koordinasi dan pertukaran informasi.
2. Mewajibkan Fitur Keamanan Berbasis AI pada Aplikasi Transportasi Online:

- a. Mewajibkan perusahaan transportasi online mengintegrasikan fitur "Smart Safety Toggle" yang mencakup deteksi anomali perjalanan, pemrosesan sinyal audio, analisis sentimen, pelacakan lokasi real-time, dan peringatan otomatis.
 - b. Menetapkan standar untuk fitur-fitur tersebut, termasuk akurasi deteksi, kecepatan respons, dan perlindungan privasi data penumpang.
3. Pengembangan Infrastruktur Data.
 - a. Meningkatkan infrastruktur data untuk mendukung koneksi dan pertukaran data antar moda transportasi. Hal ini penting untuk memastikan semua sistem berkomunikasi dan beroperasi dalam harmoni.
 - b. Mendorong kolaborasi antara pemerintah dan perusahaan teknologi untuk mengembangkan solusi AI yang inovatif.
4. Edukasi dan Sosialisasi

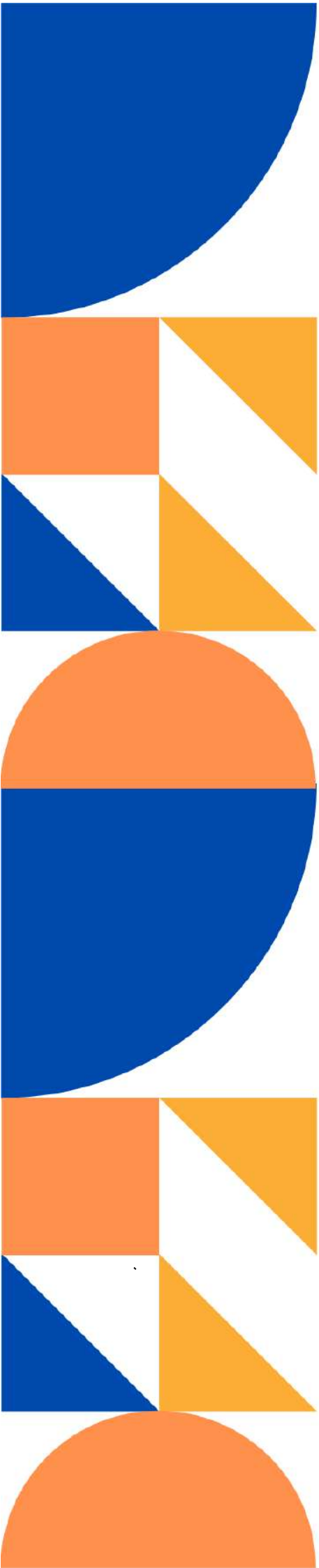
Dalam rangka meningkatkan kesadaran publik tentang transportasi berbasis AI;

 - a. Melakukan kampanye publik tentang fitur keamanan berbasis AI dan cara penggunaannya.
 - b. Memberikan pelatihan kepada pengemudi dan petugas transportasi tentang cara merespons peringatan dari sistem AI dan menangani insiden keamanan.
 - c. Bekerja sama dengan komunitas dan organisasi masyarakat sipil untuk menyebarkan informasi dan mendapatkan umpan balik dari pengguna
5. Regulasi dan Pengawasan
 - a. Membuat kerangka regulasi yang jelas dan komprehensif untuk penggunaan AI dalam transportasi publik, termasuk perlindungan privasi data, standar keamanan, dan tanggung jawab hukum.
 - b. Melakukan audit dan evaluasi berkala terhadap kinerja sistem AI dan fitur keamanan yang diterapkan oleh perusahaan transportasi.
 - c. Menetapkan sanksi yang tegas bagi perusahaan yang tidak mematuhi standar keamanan atau menyalahgunakan data penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S. A. (2019). Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. *Sustainability*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/su11010189>
- Artono, B., Lestariningsih, T., Yudha, R. G. P., & Bachri, A. A. (2020). Motorcycle Security System using SMS Warning and GPS Tracking. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(5), Article 5. <https://doi.org/10.18196/jrc.1531>
- Dharmawan, H. (2022). Hubungan Antara Integrasi Layanan Paratransit Terhadap Jumlah Pengguna Bus Rapid Transit: Studi Kasus Mikrotrans Transjakarta. *Jurnal Transportasi Multimoda*, 20(1), 19–25. <https://doi.org/10.25104/mtm.v20i1.2016>
- Fitriani, R., Imtiyaz, N., & Assidiq, F. M. (2023). Penerapan Teknologi Artificial Intelligence (AI) Guna Mendukung Operasional Pelabuhan. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 164–169. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v6i2.31712>
- Goto, K., & Kambayashi, Y. (2002). Study on mobile passenger support systems for public transportation using multi-channel data dissemination. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2362, 317–330. Scopus. https://doi.org/10.1007/3-540-45636-8_25
- Handayani, S., Afrianti, D., & Suryandari, M. (2021). Implementasi Kebijakan Angkutan Umum di DKI Jakarta. <https://www.semanticscholar.org/paper/Implementasi-Kebijakan-Angkutan-Umum-di-DKI-Jakarta-Handayani-Afrianti/8fd0a54d3d1b6ff1dca4470367ec4ba49c70911b>
- Izzuddin, F. N. (2022). Konsep Smart City dalam Pembangunan Berkelanjutan. *CITIZEN: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2, 376–382. <https://doi.org/10.53866/jimi.v2i3.96>
- Kurnia, T., & Djunaedi, A. (2020). Tahapan Perkembangan Provinsi DKI Jakarta Menuju Smart City. *TATALOKA*, 22(4), 538–555. <https://doi.org/10.14710/tataloka.22.4.538-555>
- Mardi Safitri, D., Surjandari, I., & Jachrizal Sumabrata, R. (2020). Assessing factors affecting safety violations of bus rapid transit drivers in the Greater Jakarta Area. *Safety Science*, 125, 104634. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104634>
- Musa, N. S., Noor, N. M. M., & Marjan, J. M. (2019). The benefits of National Intelligent Transportation Management Centre (NITMC) establishment in Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012013>
- Nabal, A., & Djaja, K. (2022). Dampak kepariwisataan terhadap perubahan pola urbanisasi di Indonesia. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 17, 70. <https://doi.org/10.20961/region.v17i1.41465>
- Naved, M. (2023). A Review of the Use of Machine Learning and Artificial Intelligence in Various Sectors. <https://doi.org/10.18178/JAAI.2023.1.2.123-128>
- Nigam, N., Singh, D. P., & Choudhary, J. (2023). A Review of Different Components of the Intelligent Traffic Management System (ITMS). *Symmetry*, 15(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/sym15030583>
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial Intelligence, Transport and the Smart City: Definitions and Dimensions of a New Mobility Era. *Sustainability*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su12072789>
- Ozali, I., & Saribanon, E. (2021). Evaluation of the Implementation of Traffic and Road Transportation Safety Supervision in the Infrastructure Sector. *Eduvest - Journal of Universal Studies*, 1(10), 1.129-1.134. <https://doi.org/10.59188/eduvest.v1i10.225>
- Ramdani, J., & Resnawaty, R. (2021). KOLABORASI MULTI PIHAK PADA PROGRAM KAMPUNG IKLIM DI KABUPATEN CILACAP. *Jurnal Kolaborasi Resolusi Konflik*, 3(2), 191. <https://doi.org/10.24198/jkrk.v3i2.35152>
- Ramdhan, M. (2021). The Impact of the Application of Large-Scale Social Restrictions on Land Transportation in Jakarta: Dampak Penerapan Pembatasan Sosial Berskala Besar Pada Transportasi Darat di Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta*, 14(1).

- <https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v14i1.44>
- Sitorus, B. (2019). Kajian Pembenahan Angkutan Masal Untuk Mengurangi Kemacetan Lalu Lintas di DKI Jakarta. *Warta Penelitian Perhubungan*, 25(3), 177. <https://doi.org/10.25104/warlit.v25i3.719>
- Solihati, K. D., & Indriyani, D. (2021). Managing Artificial Intelligence on Public Transportation (Case Study Jakarta City, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 717(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/717/1/012021>
- Younas, M. Z. (2020). Anomaly Detection using Data Mining Techniques: A Review. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(11), 568–574. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.32188>



IKHTISAR SOLUSI ENERGI DAN TRANSPORTASI MASA DEPAN UNTUK JAKARTA YANG LEBIH SMART DAN BERKELANJUTAN

**Wynd Rizaldy^{1*}, Lis Lesmini², Abdullah Ade
Suryobuwono³**

^{1,2,3} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jakarta

e-mail: wyndrizaldy@gmail.com

PENDAHULUAN

Jakarta, raksasa metropolitan Indonesia, terbelenggu oleh dua monster: krisis energi dan kemacetan. Pertumbuhan populasi dan urbanisasi melaju pesat, bagaikan kuda liar yang lepas kendali. Permintaan energi meningkat drastis, meninggalkan jejak polusi udara dan emisi gas rumah kaca yang mencekik. Kemacetan merajalela, menggerogoti waktu dan produktivitas. serta kemungkinan terjadinya tingkat kecelakaan yang tinggi dalam kondisi tersebut. Namun, di tengah kekacauan ini, secercah harapan muncul. Polusi udara di Jakarta, khususnya Materi Partikulate (*Particulate Matter*) PM 2.5, terus memburuk dan melebihi batas aman. Hal ini menunjukkan lemahnya pengawasan dan efektivitas kebijakan yang ada. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap sistem pengawasan dalam pelaksanaan kebijakan untuk meningkatkan upaya penanggulangan polusi udara (Riyanto et al., 2023). Rekomendasi kebijakan, Vital Strategies merekomendasikan penerapan solusi yang terbukti efektif untuk mengatasi sumber emisi utama di Jakarta dengan beberapa cara seperti membatasi emisi asap knalpot kendaraan, menerapkan larangan pembakaran terbuka, mengurangi pembakaran batu bara, dan mengendalikan debu Konstruksi, debu jalan beraspal dan tanah tersuspensi. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara secara efisien, mengurangi dampak kesehatan akibat polusi udara, dan menurunkan tingkat kematian (Strategies, 2024). Bab ini mengupas solusi energi dan transportasi masa depan yang dapat mengantarkan Jakarta menuju gerbang kota yang *smart* dan berkelanjutan.

Berikut adalah Energi masa depan Jakarta: seperti Energi terbarukan berupa: Matahari, angin, dan air, elemen alam yang berlimpah, akan dijinakkan untuk menjadi sumber energi yang bersih dan berkelanjutan. Panel surya akan menghiasi atap-atap bangunan, turbin angin akan berputar di pesisir pantai, dan energi air akan mengalir dari bendungan dan sungai. Selain itu efisiensi energi seperti bangunan dan industri akan didesain ulang untuk memaksimalkan efisiensi energi. Teknologi canggih akan diterapkan untuk mengoptimalkan penggunaan energi, bagaikan tarian harmonis antara manusia dan teknologi. Selanjutnya jaringan cerdas (*Smart grid*) dan teknologi penyimpanan energi, *Smart grid* akan menjadi teknologi utama dalam jaringan listrik masa depan. Teknologi ini akan meningkatkan kualitas energi listrik secara menyeluruh dan meningkatkan efisiensi sistem energi secara keseluruhan (Sinaga, 2021). Jaringan listrik pintar akan mendistribusikan energi secara cerdas dan efisien, bagaikan aliran darah yang lancar dalam tubuh kota. Teknologi penyimpanan energi akan menampung kelebihan energi, bagaikan bendungan yang menampung air hujan untuk digunakan di musim kemarau. Kesuksesan transisi energi terbarukan tidak hanya bergantung pada aspek pasokan atau pembangkitan, tetapi juga pada aspek permintaan yang melibatkan faktor sosial yaitu manusia dan masyarakat, dan Faktor sosial ini sangat dinamis dan dapat menjadi penentu kesuksesan atau kegagalan dalam berbagai lokasi pengembangan energi terbarukan (Rahma Wardhana & Wening Hapsari Marifatullah, 2020). Berikut adalah perbandingan antaran jaringan listrik tradisional dan *Smart Grid*, lihat Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Jaringan Listrik Tradisional dan *Smart Grid*

No	Fitur	Jaringan Tradisional (<i>Traditional Grid</i>)	Jaringan Pintar (<i>Smart Grid</i>)
1	Komunikasi	Komunikasi searah	Komunikasi dua arah secara real-time
2	Interkoneksi	Interkoneksi terbatas	Memungkinkan perdagangan listrik di luar batas layanan dan jaringan
3	Jaringan	Jaringan radial	Jaringan terdistribusi
4	Pembangkit Listrik	Pembangkit listrik skala besar dan terpusat	Integrasi pembangkitan terdistribusi dan sumber energi terbarukan dengan pembangkit listrik terpusat skala besar
5	Penggunaan Data	Menggunakan sedikit data	Menggunakan banyak data
6	Sensor	Menggunakan sedikit sensor	Menggunakan sensor di seluruh bagian
7	Keamanan dan Privasi	Fokus lebih sedikit pada keamanan dan privasi	Perlindungan adaptif untuk keamanan dan privasi
8	Produksi dan Konsumsi Energi	Produksi dan konsumsi energi secara simultan	Menggunakan sistem penyimpanan energi
9	Tanggap Darurat	Respon lambat terhadap keadaan darurat	Respon cepat terhadap keadaan darurat
10	Visibilitas	Buta	Dapat dipantau
11	Pemulihan	Pemulihan manual	Pemulihan otomatis (self-healing)
12	Pemadaman dan Listrik Padam	Rawan padam dan listrik padam	Adaptif dan islanding
13	Kontrol	Kontrol terbatas	Kontrol komprehensif
14	Pilihan Pelanggan	Sedikit pilihan pelanggan	Banyak pilihan pelanggan

Sumber : (Sinaga, 2021)

Terkait dengan Transportasi masa depan Jakarta, Jakarta telah memiliki Sistem transportasi publik: Bus, kereta api, dan MRT yang ramah lingkungan dan terintegrasi akan menjadi tulang punggung mobilitas warga. Sistem ini akan menjangkau seluruh penjuru kota, bagaikan jaring laba-laba yang menghubungkan semua bagian. Saat ini perhatian dunia termasuk Indonesia terhadap Kendaraan listrik dan mobilitas cerdas, dimana di prediksi bahwa Kendaraan listrik yang senyap dan ramah lingkungan akan mendominasi jalanan. Mobilitas cerdas akan diterapkan, mengantarkan warga ke tujuan mereka dengan efisien dan nyaman, bagaikan kepompong yang mengantarkan manusia menuju masa depan. Sistem transportasi publik di Jakarta terus berkembang dengan fokus pada aksesibilitas dan kenyamanan pengguna. Hal ini terlihat dari revitalisasi halte dan stasiun serta integrasi moda transportasi seperti kereta rel listrik (KRL), moda raya terpadu (MRT), lintas raya terpadu (LRT), dan transjakarta (TJ). Meskipun demikian, masih ada beberapa kendala yang perlu diatasi, seperti kurangnya penggunaan transportasi massal dan keterbatasan akses terhadap aplikasi pembayaran terintegrasi (Sitorus, 2022).

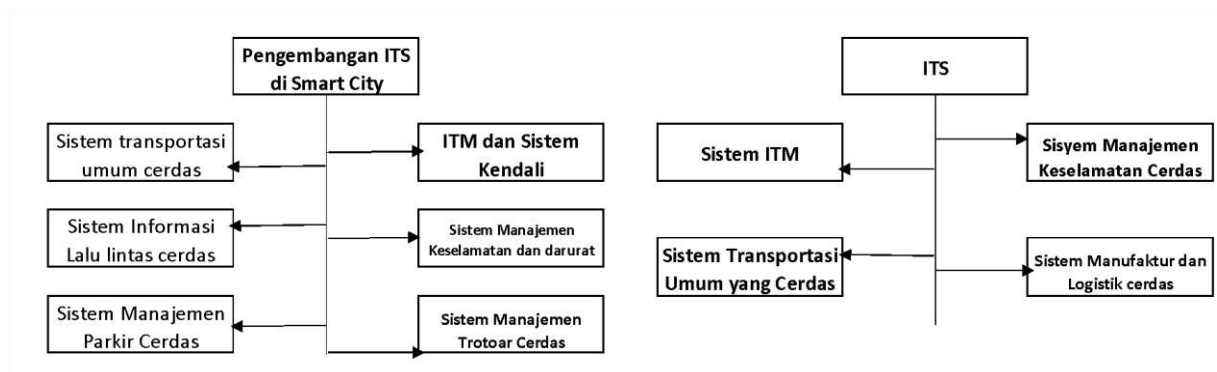
Tabel 2. Identifikasi Keadilan Sosial Berdasarkan Pendekatan Kapabilitas

Fungsi	Kemampuan	Kesempatan	Nilai	Kebebasan	Pilihan
Revitalisasi	Transit	Moda	Sistem	Bebas	Pilihan stasiun terdekat
Stasiun	Oriented	Transportasi	Pembayaran	menentukan	Halte dengan akses terintegrasi
Kereta Rel Listrik (KRL)	Sistem	terintegrasi	terintegrasi	pilihan	
		TJ, MRT, LRT, KRL		Menggunakan moda transportasi	
Halte dan stasiun transit	-		Tarif terjangkau	-	Pilihan rute
	-	-	Mikrotrans Jak Lingko Memiliki AC	-	Pilihan waktu/lokasi: tidak berhenti/naik sembarang
-	-	-	Kenyamanan	-	

Sumber : (Sitorus, 2022)

Oleh karenanya diperlukan perencanaan kota yang berkelanjutan, Kota Jakarta kedepan memiliki kemungkinan didesain ulang untuk memprioritaskan pejalan kaki, pesepeda, dan transportasi publik. Ruang hijau akan diperluas, bagaikan paru-paru raksasa yang memurnikan udara kota. Jakarta dapat bertransformasi menjadi kota yang berkelanjutan dengan fokus pada pembangunan yang berwawasan lingkungan. Solusi berbasis alam, seperti renaturalisasi dan peliaran kembali, dapat menjadi kunci untuk mencapai tujuan ini. Renaturalisasi tidak hanya berarti membangun taman, tetapi juga mencakup pengelolaan air hujan dan pemulihan kualitas Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan desain yang multifungsi. Peliaran kembali yang terkelola dengan baik dapat meningkatkan keanekaragaman hayati di kota. Konsep kota sirkular dapat diadopsi untuk mengelola sumber daya Jakarta yang terbatas dan meminimalisasi dampak lingkungan terhadap daerah sekitarnya(Hayyu et al., 2022).

Kerangka kerja dengan sub-sistem ITS yang diidentifikasi berdasarkan kemampuannya. ITS merupakan salah satu perangkat penting untuk mengidentifikasi potensi masalah dalam industri transportasi. solusi untuk permasalahan tertentu, misalnya pemanfaatan algoritma pembelajaran mesin untuk memprediksi kemacetan lalu lintas dan manajemen rute, dan Analisis berdasarkan kota tentang adopsi AI untuk mengatasi masalah transportasi menunjukkan bahwa sebagian besar negara maju telah dengan cepat mengadopsi sistem ini. Adopsi ini membutuhkan dukungan dari perusahaan atau lembaga dan kepemimpinan terkait karena melibatkan investasi dan visi jangka panjang dari manajemen puncak (Iyer, 2021).



Gambar 1. . Variasi sub-sistem pada pengembangan ITS dan komposisi dari ITS (Agarwal

et al., 2015; Iyer, 2021). ITS dan komposisi subsistemnya dijelaskan pada tabel 3 dibawah :

Tabel 3. Subsistem ITS

Sub-sistem dari ITS	Deskripsi
Sistem Manajemen Lalu Lintas Cerdas	Pengelolaan jalan secara real-time untuk menghindari kemacetan.
Sistem Transportasi Publik Cerdas	Pengangkutan penumpang melalui jalan raya di berbagai rute.
Sistem Manajemen Keselamatan Cerdas	Memastikan keselamatan penumpang, kendaraan, dan barang di jalan raya.
Sistem Produksi & Logistik Cerdas	Pemanfaatan teknologi dalam pembuatan kendaraan bermotor dan pengangkutan barang.

Sumber : (Iyer, 2021)

Bab ini mengantarkan kita pada peradaban baru, yaitu Jakarta yang smart dan berkelanjutan. Di mana energi terbarukan mengalir, transportasi ramah lingkungan mendominasi, dan kota dirancang untuk manusia, bukan kendaraan. Ini bukan utopia, tapi kenyataan yang dapat diraih dengan tekad dan kerja sama. Mari melangkah bersama menuju masa depan Jakarta yang lebih cerah

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah pentingnya suatu solusi energi bagi masa depan Jakarta agar menjadi kota yang lebih cerah, smart dan berkelanjutan yaitu pertama dengan peralihan ke energi terbarukan yang fokus utamanya adalah pada pemanfaatan sumber daya alam yang melimpah seperti matahari, angin, dan tenaga air untuk pembangkitan energi yang bersih dan berkelanjutan. Kedua yaitu melakukan efisiensi energi dengan cara mendesain ulang bangunan dan industri untuk mengoptimalkan konsumsi energi, memanfaatkan teknologi cerdas untuk pengelolaan cerdas. Ketiga yaitu Smart grid dan penyimpanan energi dengan cara Menerapkan jaringan listrik cerdas untuk distribusi yang efisien dan solusi penyimpanan canggih seperti *pumped hydro* dan penyimpanan baterai untuk mengelola fluktuasi dalam energi terbarukan (Sinaga, 2021). Energi Baru dan Terbarukan (EBT) menjadi solusi penting di tengah kebutuhan energi yang terus meningkat. EBT adalah sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, berbeda dengan energi fosil yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Pemanfaatan EBT secara optimal dapat membantu memenuhi kebutuhan energi manusia dan makhluk hidup lainnya tanpa merusak lingkungan (Adellea, 2022) .

Sementara untuk Transportasi masa depan dan kaitannya dengan energi terbaharukan tersebut, cara pertama yaitu memprioritaskan transportasi umum dengan mengembangkan jaringan bus, kereta api, dan Moda Raya Terpadu (MRT) yang ramah lingkungan dan terintegrasi secara kuat, memastikan aksesibilitas yang lebih luas di seluruh penjuru kota. . Meskipun masih parsial dan belum terintegrasi, beberapa aplikasi ITS (*Intelligent Transportation System*) telah diterapkan di wilayah DKI Jakarta (Suyuti, 2012) . Kedua yaitu kendaraan listrik dan mobilitas cerdas dengan mendorong adopsi luas kendaraan listrik untuk mengurangi emisi, digabungkan dengan solusi mobilitas cerdas seperti *ride-sharing* dan manajemen lalu lintas cerdas untuk pergerakan yang efisien. Ketiga yaitu perencanaan kota yang berkelanjutan dengan mendesain ulang Jakarta untuk memprioritaskan pejalan kaki, pesepeda, dan transportasi umum. Memperluas ruang hijau untuk meningkatkan kualitas

udara dan menciptakan lingkungan hidup yang lebih layak.

Manfaat yang diharapkan dari solusi diatas diharapkan akan berdampak pada pertama Lingkungan yaitu Pengurangan signifikan emisi gas rumah kaca dan polusi udara, yang mengarah ke udara yang lebih bersih dan lingkungan yang lebih sehat. Kedua terhadap ekonomi yaitu peningkatan efisiensi energi dan pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil dapat mengarah pada penghematan biaya. Selain itu, peralihan ke teknologi hijau dapat menciptakan peluang kerja baru dan mendorong pertumbuhan ekonomi, dan ketiga yaitu Sosial dimana Mobilitas yang ditingkatkan melalui transportasi umum yang efisien dan solusi cerdas dapat meningkatkan aksesibilitas dan mengurangi waktu perjalanan. Ini dapat membawa pada kualitas hidup yang lebih baik bagi warga.

Gambaran diatas akan menempatkan Jakarta di garda depan pembangunan perkotaan dengan mengeksplorasi solusi. Tantangan mungkin timbul dalam implementasi, seperti biaya awal untuk pengembangan infrastruktur dan perubahan perilaku yang diperlukan dari warga. Dalam pembahasan nanti dapat diberikan contoh konkret dengan menyorot implementasi sukses dari solusi ini di kota-kota lain di seluruh dunia. Kedua yaitu pertimbangan lokal dengan mengatasi konteks khusus Jakarta, termasuk infrastruktur yang ada, kerangka kebijakan, dan dinamika sosial, dan ketiga yaitu kemajuan teknologi dengan mengeksplorasi teknologi mutakhir seperti kendaraan otonom dan integrasi kendaraan-ke-jaringan yang dapat lebih meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi.

Dengan memasukkan elemen-elemen ini, maka dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang solusi untuk masa depan Jakarta dan memicu diskusi tentang implementasinya untuk kota yang lebih smart dan berkelanjutan. Visi ini bukan utopia, tapi kenyataan yang dapat diraih dengan tekad dan kerja sama. Mari melangkah bersama menuju masa depan Jakarta yang lebih cerah dimana energi terbarukan mengalir, transportasi ramah lingkungan mendominasi, dan kota dirancang untuk manusia, bukan kendaraan. Bersama, kita dapat membangun Jakarta yang *smart*, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

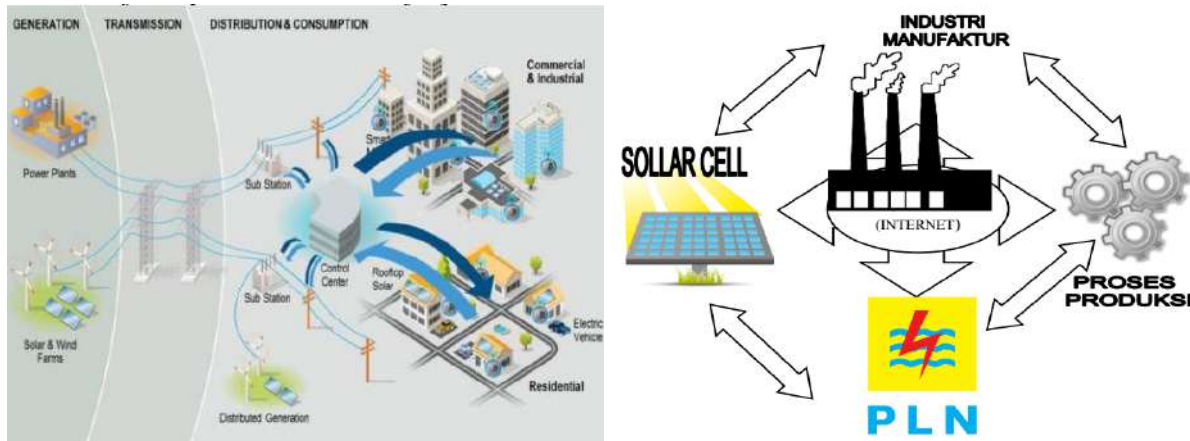
PEMBAHASAN

Menuju Masa Depan Cerah Jakarta: Pentingnya Solusi Energi Berkelanjutan

Penerapan energi terbarukan yang dapat dilakukan di Jakarta, sebagai bagian Masyarakat 5.0, yang dikenal sebagai "*Society 5.0: Super Smart Society*", merupakan visi masa depan yang berfokus pada pemanfaatan data dan teknologi digital untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Salah satu fokus utama *Society 5.0* adalah menyelesaikan permasalahan energi melalui transformasi digital (Afandi & Wibawa, 2022). Konsep data *driven society* mengacu pada penggunaan data yang dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti sensor, perangkat *internet of things* (IoT), dan media sosial, untuk dianalisis dan diolah menjadi informasi yang berguna. Informasi ini kemudian dapat digunakan untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan efisien dalam berbagai bidang, termasuk energi. Transformasi digital dalam sektor energi dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti: 1) Optimasi energi dengan bantuan kecerdasan buatan (AI): AI dapat digunakan untuk menganalisis data konsumsi energi dan mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan efisiensi; 2) Penggunaan alat hemat energi IoT: Perangkat IoT dapat digunakan untuk mengontrol penggunaan energi secara *real-time* dan membantu konsumen menghemat energi; dan 3) *Big data* untuk sumber masalah dan solusi: *Big data* dapat digunakan untuk menganalisis pola konsumsi energi dan mengidentifikasi solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan energi.

Bagaimana cara meningkatkan efisiensi energi di sektor industri dan bangunan? Pemerintah Indonesia telah menargetkan penurunan intensitas energi nasional sebesar 1% per tahun dan elastisitas energi lebih kecil dari 1 sampai tahun 2025. Target ini tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Penurunan intensitas energi berarti penggunaan energi per unit produk domestik bruto (PDB) harus turun. Elastisitas energi yang lebih kecil dari 1 berarti pertumbuhan ekonomi tidak boleh diikuti dengan pertumbuhan konsumsi energi yang lebih besar (Wijaya, 2019). Target ini penting untuk mencapai beberapa tujuan, antara lain: 1) Meningkatkan daya saing industri nasional: Industri yang hemat energi akan memiliki biaya produksi yang lebih rendah dan lebih kompetitif di pasar global; 2) Meningkatkan ketahanan energi: Efisiensi energi akan membantu mengurangi ketergantungan pada energi impor dan meningkatkan ketahanan energi nasional; dan 3) Mengurangi emisi gas rumah kaca: Efisiensi energi akan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan memerangi perubahan iklim. Untuk mencapai ketiga target tersebut, diperlukan partisipasi aktif dari semua pihak, termasuk sektor industri. Namun, pelaksanaan efisiensi energi di Indonesia masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: 1) Kurangnya pengetahuan dan kepercayaan terhadap performa teknologi hemat energi: Banyak industri yang belum yakin bahwa teknologi hemat energi dapat memberikan penghematan yang signifikan; dan 2) Keterbatasan dalam mengakses produk finansial yang sesuai dengan karakteristik proyek efisiensi energi: Proyek efisiensi energi seringkali membutuhkan investasi awal yang besar, dan banyak industri yang kesulitan mendapatkan pendanaan untuk proyek-proyek tersebut.

Apa Manfaat *smart grid* dalam sistem energi Jakarta ? Jaringan pintar (*Smart Grid*) dapat diterapkan di Indonesia, terutama di industri manufaktur, untuk meningkatkan efisiensi konsumsi listrik dalam proses produksi. *Smart Grid* juga merupakan konsep jaringan listrik ramah lingkungan yang lebih memilih energi terbarukan daripada energi fosil. Implementasi *Smart Grid* di Jerman, Amerika, dan Inggris telah terbukti sukses (Pramudhita & Mawangi, 2021). Berikut adalah gambar alur penggunaan smart grid yang dapat diadopsi.



Gambar 2. Contoh penggunaan *Smart Grid* pada proses produksi industri manufaktur (Pramudhita & Mawangi, 2021)

Bagaimana Tantangan dalam mengimplementasikan solusi energi berkelanjutan di Jakarta? Jawabannya cukup menantang karena secara hukum, belum ada undang-undang khusus yang mengatur pengelolaan energi terbarukan secara sistematis dan komprehensif. Rancangan Undang-Undang Energi Baru dan Terbarukan (RUU EBT) yang sedang dibahas oleh pemerintah dan DPR diharapkan dapat menjawab kebutuhan ini. Namun, naskah RUU EBT yang ada saat ini masih belum mampu menjawab permasalahan yang ada di masyarakat, seperti trilemma energi dan kurangnya prioritas dari pemerintah dalam mengelola sumber energi terbarukan. Secara sosial, iklim investasi yang kondusif untuk mendukung pendanaan pengelolaan energi terbarukan belum tercipta. Hal ini menyebabkan kurangnya minat investor untuk berinvestasi di bidang energi terbarukan (Kalpikajati & Hermawan, 2022).

Bagaimana Peran pemerintah, swasta, dan masyarakat dalam mewujudkan transisi energi di Jakarta? , Pemerintah harus berkomitmen penuh dalam transisi ke energi bersih dengan mengalokasikan anggaran yang memadai dan mengelola energi terbarukan secara efektif. Meskipun energi terbarukan lebih ramah lingkungan daripada energi fosil, namun tetap ada dampak lingkungan yang perlu diperhatikan. Diperlukan penelitian dan pengembangan berkelanjutan untuk menghasilkan teknologi energi terbarukan yang benar-benar ramah lingkungan dan minim risiko. Pemerintah perlu memastikan sinergi dan kolaborasi antar lembaga dan badan terkait energi untuk merumuskan dan melaksanakan kebijakan energi terbarukan yang efektif (Al-Huda & Institute, 2023). Survei riset Pertamina dan PLN juga menunjukkan bahwa masyarakat lebih tertarik dengan keuntungan dari transisi energi dan teknologi hijau daripada biayanya. Hal ini terlihat dari persepsi positif terhadap kendaraan listrik yang dianggap sebagai moda transportasi jarak jauh yang ramah lingkungan, dibandingkan dengan fokus pada biaya atau insentif untuk kendaraan tersebut. Survei juga menunjukkan bahwa masyarakat sudah memiliki kesadaran dan pemahaman tentang perubahan iklim dan pentingnya tindakan untuk mengatasinya (PLN, 2020)

Tiga Pilar Solusi Energi Berkelanjutan : Energi Terbarukan, Efisiensi Energi, dan *Smart Grid*

Penjelasan dan contoh penerapan energi terbarukan, 1) Beralih ke sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan merupakan langkah penting untuk menyelamatkan lingkungan hidup dari kerusakan akibat penggunaan bahan bakar minyak (BBM); 2) Indonesia memiliki potensi

besar untuk memanfaatkan berbagai sumber energi terbarukan, seperti bioetanol, biodiesel, panas bumi, tenaga surya, mikrohidro, angin, dan sampah/limbah; 3) Penerapan energi terbarukan di tanah air dapat memberikan banyak manfaat, seperti: mengurangi emisi gas rumah kaca dan memerangi perubahan iklim, meningkatkan ketahanan energi nasional, dan menciptakan lapangan kerja dan mendorong pertumbuhan ekonomi; dan 4) Oleh karena itu, pemerintah dan seluruh pihak terkait perlu bekerja sama untuk mempercepat transisi energi ke sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan (Lubis, 2007).

Tahapan dalam meningkatkan efisiensi energi. Penggunaan energi yang lebih sedikit untuk menghasilkan produk yang sama atau lebih banyak disebut sebagai efisiensi energi. Program efisiensi energi dapat menghasilkan penghematan dan menekan biaya konsumsi energi dalam proses produksi, (Wijaya, 2019) upaya penghematan energi terbagi menjadi tiga tahap dengan konsekuensi dan biaya yang berbeda-beda (lihat Tabel 4). Tahap pertama adalah pencegahan pemborosan energi, seperti mematikan lampu atau AC di ruangan kosong, yang hampir tidak memerlukan biaya.

Tabel 4. Tahapan upaya konservasi energi dan indikasi biaya yang dibutuhkan

Tahapan (<i>Stage</i>)	Upaya (<i>Effort</i>)	Biaya (<i>Cost</i>)
Pertama (<i>First</i>)	Pencegahan: Menghilangkan buangan energi	Tanpa biaya atau biaya rendah
Kedua (<i>Second</i>)	<i>Recovery</i> : Mengurangi rugi- rugi energi	Biaya rendah hingga menengah
Ketiga (<i>Third</i>)	Inovasi efisiensi: Meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi melalui penggunaan teknologi	Biaya menengah hingga tinggi

Sumber : (Wijaya, 2019)

Manfaat *smart grid* dalam distribusi energi. Jaringan pintar atau *smart grid* memiliki arti penting karena menggunakan teknologi cerdas dan sensor untuk mengelola sistem tenaga listrik, mengoptimalkan operasi di berbagai bagian, dan mengintegrasikan sumber energi terbarukan ke dalam sistem pembangkitan (Sinaga, 2021).

Transportasi Masa Depan yang Ramah Lingkungan dan Terintegrasi

Prioritas pada transportasi umum yang ramah lingkungan. terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti meningkatkan keandalan dan kenyamanan transportasi umum, serta memastikan keselamatan, infrastruktur, dan regulasi yang mendukung mobilitas otonom (Dewi & Krisdiyanto, 2023). Sistem Transportasi Cerdas memiliki kapasitas untuk memecahkan banyak masalah tradisional yang kita lihat di industri transportasi. Kita telah menyaksikan meningkatnya tingkat kemacetan di kota-kota yang meningkatkan waktu yang dihabiskan orang untuk bepergian, belum lagi beban yang ditimbulkan pada infrastruktur dan miliaran dolar yang dihabiskan setiap tahun untuk pemeliharaan, kecelakaan di jalan raya, dan korban jiwa akibat kecelakaan. ITS menawarkan solusi yang menjanjikan untuk semua ini dengan meningkatkan efisiensi dalam sistem angkutan umum bus, meningkatkan keselamatan, mengoptimalkan berbagai sistem dan proses, menghemat uang dan bahan

bakar serta mengurangi dampak transportasi terhadap lingkungan. Mengurangi jejak karbon kolektif dalam bentuk emisi gas rumah Kaca (GRK) merupakan hal mendasar untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan memastikan bahwa kita menjaga masa depan planet kita dan generasi berikutnya. Dengan bantuan ITS, sektor transportasi (salah satu penghasil polusi terbesar di dunia) dapat mulai beralih ke praktik yang lebih berkelanjutan dan efektif. Menurut para ahli, digitalisasi sektor transportasi adalah langkah besar berikutnya ke arah ini, bersamaan dengan tujuan lainnya. Strategi Mobilitas Berkelanjutan dan Cerdas menggarisbawahi pentingnya pencapaian seperti penerapan mobilitas otomatis dalam skala besar dan global pada tahun 2030 yang dikatakan sebagai elemen kunci untuk menghilangkan kematian di seluruh jaringan transportasi umum dan semua moda transportasi.

Integrasi teknologi canggih tersebut bukanlah tugas yang mudah sehingga diharapkan diperlukan banyak upaya, waktu, personel yang berkualifikasi, dan sumber daya untuk memanfaatkan teknologi ini dan memanfaatkannya demi keuntungan kita. Manfaatnya benar-benar sepadan dengan investasi dan upaya yang dilakukan, dan seiring dengan kemajuan teknologi, kami sangat antusias untuk melihat masa depan sektor transportasi dan mobilitas secara keseluruhan. Pengembangan IPTS pada pengelolaan sistem angkutan umum bus biasanya digunakan untuk mewujudkan efisiensi operasional dan otomatisasi pada kegiatan operasi armadanya. IPTS diterapkan untuk dapat meningkatkan standar layanan, memfasilitasi kebutuhan pergerakan penumpang, pengorganisasian perencanaan dan operasional yang lebih baik, terciptanya integrasi layanan dari berbagai rute dan otomatisasi sistem tiket dan pembayaran tarif. Dengan penerapan IPTS pengelola sistem angkutan umum bus dapat mengotomatisasi kegiatan operasionalnya, di samping dapat memahami kondisi yang lebih baik mengenai profil Penumpang, melakukan Analisis Rute untuk mengoptimalkan efisiensi operasional, Konsumsi Layanan, melakukan analisis produktivitas area fungsional dan dengan demikian menjadikan PT TIJE sebagai pilihan pengguna.

ITS harus menyediakan seperangkat alat baru untuk mencapai kebijakan transportasi lokal perkotaan. Sistem ini harus menyediakan layanan menggunakan teknologi komputasi dan komunikasi modern. Sistem harus mengumpulkan informasi tentang keadaan jaringan transportasi, memproses informasi tersebut, dan mengelola jaringan secara langsung (misalnya manajemen headway), atau memungkinkan masyarakat memutuskan cara terbaik untuk menggunakan jaringan tersebut (misalnya deteksi insiden, berita perjalanan). Sistem ITS akan memainkan peran penting dalam mencapai tujuan kebijakan, termasuk mengatasi pengurangan korban jiwa, kemacetan lalu lintas dan polusi, serta meningkatkan aksesibilitas, menyediakan solusi transportasi terpadu dan memanfaatkan infrastruktur yang ada dengan sebaik-baiknya. Sistem ini akan memberikan manfaat ekonomi yang nyata melalui pengurangan waktu perjalanan dan peningkatan keandalan waktu perjalanan, serta peningkatan keselamatan dan pengurangan polusi Penerapan transportasi cerdas pada pengelolaan angkutan umum bus pada dasarnya dimaksudkan agar kondisi operasional dari jaringan rute bus di lapangan dapat dipantau secara real time, sehingga dapat dengan cepat mendeteksi gangguan yang muncul, seperti: kecelakaan, masalah teknis, kemacetan lalu lintas, dan lainnya yang dapat mempengaruhi jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya. Dengan diketahuinya gangguan yang muncul di lapangan dan diketahui implikasinya terhadap kinerja operasi (*bus bunching*, *headway* yang tidak sesuai dll), maka petugas pengendali dapat segera menyarankan strategi mitigasi yang diperlukan bagi pramudi atau petugas lapangan lainnya yang relevan agar dapat melakukan tindakan yang tepat untuk

menjaga kinerja operasional bus di lapangan dapat tetap terjaga.

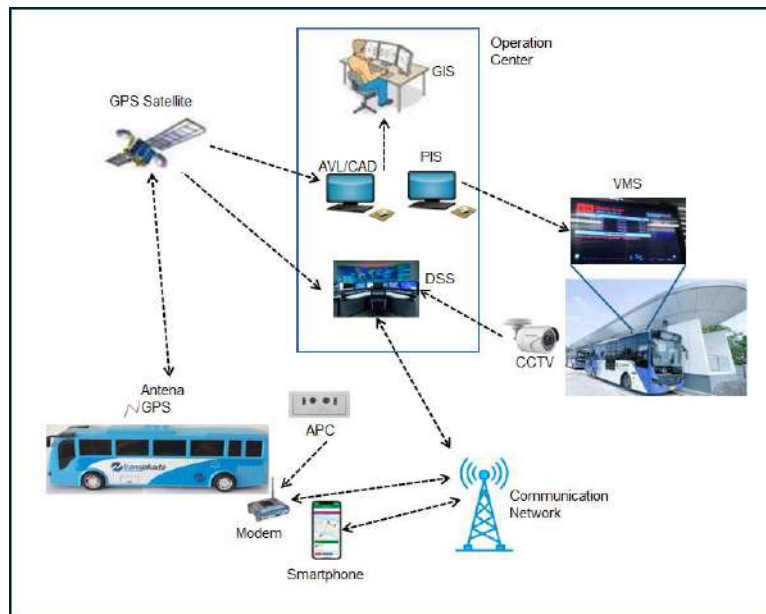
Selain itu penerapan teknologi cerdas juga memungkinkan semua stakeholder terkait, termasuk penumpang, calon penumpang ataupun masyarakat umum mendapatkan informasi terkini tentang status kondisi jaringan rute angkutan umum bus. Dengan demikian, pengembangan dan penerapan teknologi transportasi cerdas diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan angkutan umum bus dan mendorong penggunaan angkutan umum bus di perkotaan, sehingga berkontribusi dalam mengurangi kemacetan, mengurangi polusi serta meningkatkan mobilitas. Ukuran efektivitas dari penerapan teknologi transportasi cerdas di sistem angkutan umum bus biasanya mencakup indikator tentang keselamatan, mobilitas, efisiensi, produktivitas, energi, lingkungan, dan kepuasan pelanggan.

Secara teoritis, jika teknologi transportasi cerdas diterapkan pada sistem angkutan umum bus, maka ada beragam teknologi dan aplikasi yang dapat dikelompokkan dalam lima kategori utama berikut: 1) *Automatic Vehicle Locater System (AVLS)*: AVLS memberikan informasi real-time tentang kendaraan kepada pengambil keputusan, seperti lokasi, kecepatan dan arah kendaraan, serta informasi tentang penundaan akibat gangguan, seperti kemacetan lalu lintas, kecelakaan, kondisi cuaca buruk, atau pekerjaan perbaikan jalan; 2) *Passenger Information System (PIS)*: PIS memberikan informasi real-time kepada penumpang tentang kondisi pengoperasian jaringan, seperti jadwal serta waktu kedatangan dan keberangkatan kendaraan; 3) *Automatic Passenger Counter (APC)*: APC menghitung penumpang di dalam kendaraan dan mereka yang menunggu kendaraan di halte/pemberhentian bus; 4) *Sistem Informasi Geografis (GIS)*: GIS memungkinkan pemetaan secara instan yang menggambarkan kondisi dan posisi kendaraan lapangan; 5) *Sistem Komunikasi*: Sistem yang menghubungkan komponen sensor pencatat data di berbagai tempat ke data center dan komponen-komponen ITS lainnya, sedemikian sehingga data dan informasi dapat tertransmit secara cepat untuk diolah dan analisis dan juga untuk disampaikan pada stakeholder yang membutuhkannya; 6) *Sistem Pemantau Pramudi*: Sistem yang memantau secara real-time semua perilaku pramudi selama menjalankan kendaraannya. Dengan sistem ini perilaku pramudi bisa diawasi dan jika ditemukan agak menyimpang langsung dapat diingatkan ataupun diperingatkan; 7) *Sistem Pemantau Kinerja Operasi*: Sistem ini memanfaatkan perangkat AVLS untuk dapat memantau dan melaporkan kinerja operasi setiap bus, yaitu baik berkaitan dengan tingkat kepatuhan terhadap jadwal (*headway*), kepatuhan terhadap rute ataupun kinerja operasi lainnya; 8) *Sistem Surveillance*: sistem ini berfungsi untuk memantau kondisi di dalam bus sehingga dapat diketahui jika ada kejadian yang tidak diinginkan. Dengan sistem ini keamanan dan keselamatan penumpang dan awak dapat terus dipantau. Selain itu, jika ada insiden dapat langsung dilakukan mitigasi yang diperlukan; 9) *Command and Control Center*: merupakan pusat pemantauan dan kendali dari seluruh operasi layanan angkutan umum bus. Di lokasi ini para staf melakukan pemantauan secara real-time seluruh kegiatan operasi dari bus yang ada pada jaringan rute; 10) *Sistem Tiket Otomatis*: Sistem tiket otomatis digunakan untuk mempermudah penumpang maupun operator dalam mengelola tarif yang dibayarkan penumpang. Bagi penumpang sistem ini mempermudah dalam pembayaran, dan bagi operator dengan sistem ini mempermudah dalam pengumpulan dana dari tiket; 11) *Decision Support System (DSS)*: DSS membantu pengambil keputusan dalam mengendalikan jaringan rute angkutan umum bus dengan menyarankan tindakan mitigasi dan/atau strategi pengendalian ketika terjadi kejadian tak terduga atau penyimpangan dari kinerja dan/atau perilaku yang diharapkan.

Beberapa teknologi memungkinkan mengambil data dari berbagai sistem sensor, untuk mengawasi dan mengendalikan jaringan rute bus yang dikelola perusahaan angkutan umum

bus. Dalam hal ini teknologi yang digunakan pada dasarnya terdiri dari teknologi informasi dan telekomunikasi. Komponen sistem jaringan rute angkutan umum bus seperti: kendaraan bus, halte atau pemberhentian bus, pusat kendali operasi dan infrastruktur lainnya dilengkapi dengan teknologi terkini termasuk sistem pelacakan (seperti GPS atau navigasi radio), sinar inframerah, peralatan nirkabel dan infrastruktur komunikasi (jaringan GSM dan GPRS). Sistem komunikasi ini memungkinkan kendaraan, penumpang dan pengambil keputusan untuk berinteraksi dengan berbagai komponen ITS lainnya seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3 dan beberapa sistem utama dari ITS untuk layanan angkutan umum bus dapat dilihat pada Tabel 5.

Perangkat teknologi ini memungkinkan pengambil keputusan untuk memantau kinerja jaringan dan membuat keputusan pengendalian yang sesuai untuk memastikan kondisi pengoperasian yang baik.



Gambar 3. Penerapan Teknologi IT pada Sistem Angkutan Umum Bus

Tabel 5. Sistem utama yang ada pada penerapan ITS di angkutan umum Bus

Sistem	Fungsi Pengiriman Proses	Perangkat
<i>Automatic Vehicle Locator System (AVLS)</i>	- Sistem Lokasi Kendaraan Otomatis (AVLS) - Sistem Penjadwalan dan Pengiriman Otomatis - Identifikasi Kendaraan	- Pengontrol Terintegrasi Terintegrasi - Subsystem RFID - Konsol Manajemen Pengemudi
Sistem Informasi Penumpang	- Perangkat yang dipasang di kendaraan - Perangkat Tampilan Stasiun - Aplikasi Seluler / Web	- Tampilan LED/LCD - Perangkat Seluler

Sistem	Fungsi Pengiriman Proses	Perangkat
Sistem komunikasi	- Kendaraan ke Pusat Kendali - Stasiun ke Pusat Kontrol - Depot ke Pusat Kontrol - Terminal ke Pusat Kontrol	- Jaringan radio swasta Seluler - Wifi - Inframerah - Teknologi yang sedang berkembang - Perangkat keras jaringan
Pemantauan pengemudi	- Pemantauan Kecepatan - Percepatan - Waktu Mengemudi - Pengereman - Efisiensi	- GPS - Akselerometer - Meteran Bahan Bakar
Sistem Pemantauan Kendaraan	- Pemantauan Kesehatan Kendaraan - Komunikasi ke Pusat Operasi	- Sistem kelistrikan kendaraan ditenagai melalui node multiplexing - Fitur keselamatan dan kinerja kendaraan - Mesin dan penuliran
Sistem Surveillance	- Pengawasan Stasiun - Pengawasan Bus - Pengawasan Pusat Kontrol - Infrastruktur Pendukung Lainnya	- Memperbaiki kamera video - Terpacik kamera video yang dikendalikan - Perekam Video digital
Sistem penjadwalan dan pengiriman Otomatis (<i>Computerized Aided Dispatch/CAD</i>)	- Perutean dinamis dan penjadwalan kendaraan - Penjadwalan distribusi waktu nyata - Penggunaan armada dan pengemudi yang efisien - Optimalisasi waktu nyata berdasarkan kendala operasional dan tujuan bisnis - Respons perencanaan waktu nyata - Peringatan lanjutan	- Sistem Penjadwalan dan Perencanaan
<i>Command & Control Center</i>	- Infrastruktur Hosting Aplikasi - Aplikasi software - Tulang Punggung Komunikasi - Infrastruktur Keamanan - Peralatan pemantauan layanan - Layanan Pemantauan dan Manajemen Jaringan - Pemeliharaan peralatan dan aplikasi - Pusat Kontak Pelanggan - Portal Web	- Data center - Komunikasi Peralatan - Penyimpanan - Terminal Pelacakan

Pentingnya kendaraan listrik dan mobilitas cerdas. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden No. 55/2019 sedang gencar mendorong pengembangan infrastruktur kendaraan listrik dan stasiun pengisian daya. Hal ini dilakukan karena kendaraan listrik baterai memiliki

banyak keunggulan dibandingkan kendaraan bermesin bakar internal atau *Internal Combustion Engine* (ICE), salah satunya dalam mengurangi polusi udara dan emisi GRK. Dibandingkan kendaraan ICE, kendaraan listrik menghasilkan polusi udara yang jauh lebih sedikit, bahkan mendekati nol. Hal ini menjadikannya solusi yang tepat untuk menanggulangi masalah pencemaran udara, terutama di kawasan perkotaan (Dewi & Krisdiyanto, 2023). Penggunaan kendaraan listrik juga dapat mendukung upaya penurunan emisi GRK Indonesia dari sektor transportasi. Hal ini sejalan dengan komitmen pemerintah untuk mencapai target emisi nol bersih pada tahun 2060. Perencanaan kota yang berkelanjutan untuk pejalan kaki, pesepeda, dan transportasi umum. Sebagai perbandingan Peningkatan jumlah kendaraan yang pesat di Bandung dan sekitarnya memerlukan solusi untuk mengurangi kemacetan. Penyediaan transportasi umum yang layak dan terintegrasi di kawasan Bandung Raya (Kota Bandung, Kota Cimahi, Kabupaten Bandung Barat, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Sumedang) menjadi solusi yang tepat. Solusi ini meliputi: 1) Tersedianya transportasi masal yang terintegrasi: bus besar, MRT, dan kereta api; 2) Terminal yang aman dan nyaman; 3) Jumlah armada yang memadai dengan kondisi fisik yang layak; 4) Halte atau tempat pemberhentian yang aman dan nyaman; 5) Tingkat pelayanan yang laik; dan 6) Aktivitas dan fasilitas ride sharing, car pooling, car free day, cycling, dan walking (Sutandi A.Caroline, 2015). Hasil masukan tersebut dapat diimplementasikan juga di Jakarta sebagai suatu kota yang memiliki perencanaan kota yang berkelanjutan.

Bagaimana menuju Jakarta yang smart dan manfaat solusi energi berkelanjutan: Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan

Gambaran Jakarta di masa depan dengan solusi energi dan transportasi berkelanjutan, dapat terlihat beberapa hal sebagai berikut, Pengurangan emisi gas rumah kaca dan polusi udara, Penggunaan mobil listrik menawarkan solusi ramah lingkungan dengan mengurangi polusi udara. Hal ini mendukung kebijakan *Paris Agreement* dan upaya penurunan emisi karbon di sektor transportasi. Industri baterai dan mobil listrik di Indonesia sedang gencar melakukan percepatan perkembangan. Hal ini menunjukkan komitmen Indonesia untuk beralih ke energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (Sudjoko, 2021).

Peningkatan efisiensi energi dan penghematan biaya, Data nasional menunjukkan bahwa intensitas energi di Indonesia mengalami penurunan (membaik) antara tahun 2015-2017. Penurunan ini melampaui target tahunan Indonesia sebesar 1% hingga tahun 2025 (dengan tahun 2015 sebagai tahun dasar). Namun, tren ini berbalik arah pada tahun 2017-2019. Hal ini sebagian disebabkan oleh peningkatan intensitas energi di sektor transportasi, yang sebagian besar gagal mencapai target penurunannya (IESR, 2021). Oleh karena itu, Indonesia perlu memperkuat upaya efisiensi energi di semua sektor untuk mencapai targetnya. Pemanfaatan potensi penurunan intensitas energi di perkotaan menjadi kunci keberhasilan. Hal ini karena lebih dari separuh penduduk dan sebagian besar kegiatan ekonomi terpusat di perkotaan. 20 kota terbesar di Indonesia bahkan menghasilkan hampir separuh dari PDB nasional (Agency, 2016). Beberapa kota, seperti Jakarta, telah menunjukkan komitmennya dalam hal ini. Jakarta memiliki target untuk mengurangi konsumsi energi hingga 30% pada tahun 2030 dibandingkan dengan business-as-usual.

(BaU) (OECD, 2019)

Penciptaan lapangan kerja baru dan pertumbuhan ekonomi. Ekonomi Hijau adalah sistem ekonomi yang minim emisi karbon, hemat sumber daya alam, dan berkeadilan sosial. Ekonomi ini tidak hanya menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga membuka peluang kerja baru. Potensi lapangan kerja di Ekonomi Hijau sangat besar. Diperkirakan, sektor ini mampu menyediakan 15,3 juta hingga 19,4 juta pekerjaan bagi masyarakat Indonesia. Deputi Bidang Kependudukan dan Ketenagakerjaan Kementerian PPN/Bappenas, Maliki, memprediksi akan ada 15,3 juta pekerjaan baru di sektor Ekonomi Hijau hingga tahun 2045. Hal ini disampaikannya dalam acara *Indonesia's Green Jobs Conference (IGJC) 2023: Institutionalizing Green Jobs* secara daring pada tanggal 24 November 2023 (Waluyo, 2024).

Peningkatan mobilitas dan kualitas hidup warga. Pemerintah perlu merancang kebijakan dan menyediakan infrastruktur untuk mewujudkan kota masa depan yang layak huni dan bermasyarakat cerdas. Konsep *Smart City* dianggap sebagai solusi ideal karena menawarkan dampak positif bagi pemerintahan dan kehidupan sosial masyarakat di segala bidang. Digitalisasi dalam berbagai aspek kehidupan akan mempermudah pelayanan publik (Izzuddin, 2022).

KESIMPULAN

Jakarta merupakan kota metropolitan yang menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah masalah energi dan transportasi. Masalah energi di Jakarta antara lain ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang tidak berkelanjutan, serta tingkat polusi udara yang tinggi. Masalah transportasi di Jakarta antara lain kemacetan yang parah, serta tingkat kecelakaan yang tinggi. Penerapan artificial intelligence (AI) dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah energi dan transportasi di Jakarta. AI dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, serta mengurangi kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Analisis Situasi, dengan penduduk sekitar 10 juta jiwa, Jakarta memiliki tingkat konsumsi energi yang tinggi, terutama untuk transportasi. Selain itu, juga memiliki tingkat polusi udara yang tinggi, sebagian besar disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Pendekatan dan Solusi AI digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi di Jakarta melalui berbagai cara, antara lain: Optimalisasi penggunaan sumber daya energi, Carbon Capture, menganalisis data penggunaan energi untuk menemukan cara-cara untuk meningkatkan efisiensinya, mengurangi kemacetan dan kecelakaan lalu lintas melalui berbagai cara, antara lain: Pengelolaan lalu lintas. AI digunakan untuk mengelola lalu lintas dengan lebih efisien dan intelligent transport system (ITS). Pengembangan transportasi berbasis teknologi, seperti kendaraan otonom dan kendaraan Listrik. Misalnya digunakan untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan otonom. Kesimpulan, Penerapan AI merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah energi dan transportasi di Jakarta. AI dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas penggunaan energi, mengurangi kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Rekomendasi, Berdasarkan analisis di atas beberapa rekomendasi untuk penerapan AI dalam aspek energi dan transportasi di Jakarta, Pemerintah perlu meningkatkan investasi dalam pengembangan data dan tenaga ahli AI, Pemerintah bekerja sama dengan sektor swasta untuk mengembangkan dan menerapkan solusi AI yang efektif. Masyarakat perlu meningkatkan kesadaran pentingnya penggunaan AI secara bertanggung jawab. Dengan

kerja sama yang baik antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat, penerapan AI menjadi Solusi efektif untuk mengatasi masalah energi dan transportasi di Jakarta.

Jakarta menuju masa depan yang berkelanjutan dengan mengadopsi sumber energi terbarukan, optimasi energi, dan teknologi canggih seperti *Smart Grid*. Pemerintah dan masyarakat perlu berkolaborasi untuk mewujudkan transisi energi yang ramah lingkungan. Energi terbarukan ramah lingkungan, efisiensi energi hemat biaya, dan *Smart Grid* untuk mengoptimalkan distribusi energi merupakan kunci masa depan berkelanjutan. Selain itu, transportasi masa depan di Jakarta dapat ramah lingkungan dengan sistem terintegrasi dan cerdas dimana peran AI juga terlibat didalamnya. Dengan memprioritaskan transportasi umum, mengintegrasikan teknologi canggih, dan menerapkan perencanaan kota berkelanjutan, diharapkan dapat mengurangi kemacetan, polusi, dan emisi gas rumah kaca, meningkatkan kualitas hidup, dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Tantangannya untuk merealisasikannya tentu besar, tapi manfaatnya sudah pasti signifikan. Ketiga aspek yang perlu diperhatikan yaitu 1) energi berkelanjutan, 2) transportasi ramah lingkungan, dan 3) Jakarta sebagai *Smart city*. Ketiganya sangat penting tidak hanya untuk masa depan Jakarta, tetapi juga untuk masa depan planet kita. Kita semua memiliki peran dalam menciptakan masa depan yang lebih baik. Mengingat pentingnya aspek-aspek ini, inisiatif atau tindakan apa yang dapat kita ambil sebagai individu untuk berkontribusi? Di antara aspek-aspek ini, mana yang menurut kita paling menantang untuk diwujudkan di Jakarta? Mengapa? Bagaimana kita bisa mengatasi tantangan tersebut? Selain ketiga aspek ini, apa lagi yang dianggap penting untuk mewujudkan masa depan Jakarta yang berkelanjutan?. Kedepan hal tersebut perlu difikirkan dan dituangkan dalam sebuah masukan yang positif untuk memperkaya perbaikan dan berkelanjutan Jakarta.

SARAN

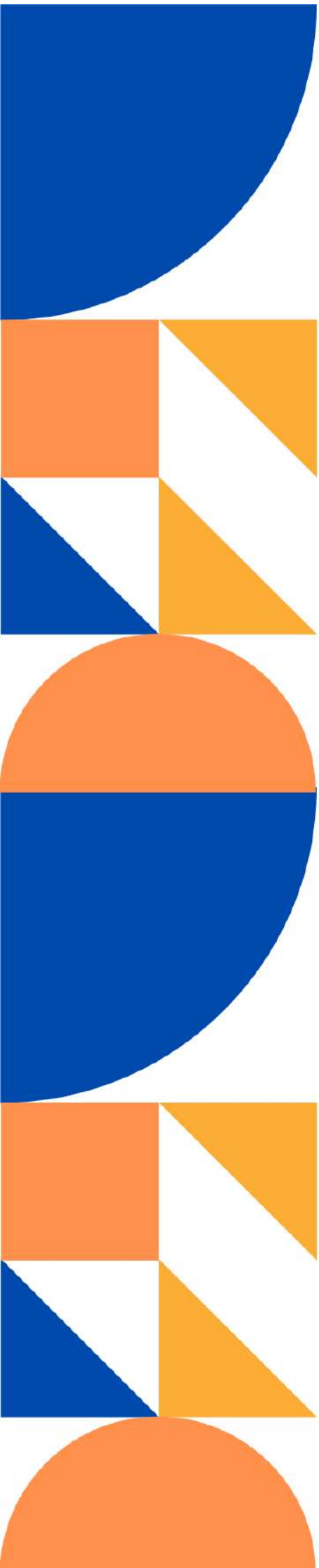
Dengan berubahnya dunia dengan cepat, dinamis dan Terus menerus, yang ditandai dengan kesenjangan sosial; migrasi; dan teknologi digital baru. Selanjutnya berdampak efek sosial, teknologi, ekonomi, dan politik, dan berikutnya terjadi transformasi masyarakat (saat ini transformasi masyarakat 5.0), pada akhirnya berakibat permintaan lebih banyak pada keterbukaan, partisipasi, tanggung jawab, akuntabilitas, dan transparansi pada untuk semua aktor di masyarakat . Menurut (Commission et al., 2019) Masa Depan Pemerintah 2030+" dari *EU Policy Lab* hal ini menciptakan sesuatu yang disebut *citizen's centric* (berpusat pada warga), yang membentuk perspektif yang berpusat pada warga negara (penduduk) tentang model pemerintahan baru, yang merupakan masa depan pemerintah dimana akan muncul beberapa model skenario yaitu: 1) demokrasi DIY (*Do it yourself*); 2). perusahaan swasta mendominasi pengambilan keputusan melalui penggunaan algoritma (*Private Algocracy*); 3) pemerintah yang super kolaboratif; dan 4) regulatokrasi yang berlebihan. Dari keempat skenario tersebut diharapkan akan melahirkan pendekatan baru tentang proses pengambilan kebijakan publik yang tanggap dan mudah beradaptasi terhadap inovasi dalam mengatasi kendala-kendala untuk meningkatkan efisiensi energi di sektor industri dan bangunan , diperlukan upayakan kebijakan dari berbagai pihak, antara lain: 1) Pemerintah DKI Jakarta perlu meningkatkan edukasi dan sosialisasi tentang manfaat efisiensi energi kepada industri, juga perlu menyediakan insentif dan kemudahan bagi industri yang menerapkan efisiensi energi; 2) hal tersebut akan berimplikasi agar Industri terkait perlu meningkatkan komitmennya untuk menerapkan efisiensi energi. Industri perlu melakukan kajian dan investasi untuk menerapkan teknologi hemat energi; 3)

Dan akan berkonsekuensi agar Lembaga keuangan negara perlu menyediakan produk dan layanan keuangan yang sesuai dengan karakteristik proyek efisiensi energi. Dengan kerjasama dan komitmen dari semua pihak, diharapkan target efisiensi energi di sektor industri terkait dapat tercapai dan tentunya ini dapat mewujudkan kota DKI Jakarta sebagai kota yang lebih *smart* dan berkelanjutan dalam mendukung energi yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adellea, A. J. (2022). Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Indonesian State Law Review*, 05(1), 43–51.
- Afandi, J., & Wibawa, A. (2022). Implementasi Energi Terbarukan dan Urgensinya Dalam Lingkungan Hidup Society 5.0. *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik*, 2(1), 44–49. <https://doi.org/10.17977/um068v2i12022p44-49>
- Agarwal, P. K., Gurjar, J., Agarwal, A. K., & Birla, R. (2015). Application of artificial intelligence for development of intelligent transport system in smart cities. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 1(1), 20–30.
- Agency, I. E. (2016). *Energy Technology Perspectives 2016*. https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1787/energy_tech-2016-en
- Al-Huda, A., & Institute, P. (2023). Transisi Energi Di Indonesia : Overview & Challenges. *Buletin Pertamina Energy Institute*, 9(2), 13.
- Commission, E., Centre, J. R., Rudkin, J., Kimbell, L., Stoermer, E., Scapolo, F., & Vesnic-Alujevic, L. (2019). *The future of government 2030+ – A citizen centric perspective on new government models*. Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2760/145751>
- Dewi, K., & Krisdiyanto, A. (2023). Pengembangan Sistem Transportasi Masa Depan: Mobilitas Berkelanjutan dan Otonom di Jawa Barat. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2, 750–760. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i09.626>
- Hayyu, S., Hendro, R., & Koestoer, T. (2022). Mengimajinasikan Kembali Jakarta Setelah Relokasi IbuKota Dengan Solusi Berbasis Alam: Sebuah Tinjauan Artikel. *Jurnal Inovasi Aparatur*, 4(1), 387–396.
- IESR. (2021). *Indonesia Energy Transition Outlook 2021- Tracking Progress of Energy Transition in Indonesia*. <https://iesr.or.id/pustaka/indonesia-energy-transition-outlook-2021>
- Iyer, L. S. (2021). AI enabled applications towards intelligent transportation. *Transportation Engineering*, 5, 100083. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100083>
- Izzuddin, F. N. (2022). Konsep Smart City Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(3), 376–382. <https://doi.org/10.53866/jimi.v2i3.96>
- Kalpikajati, S., & Hermawan, S. (2022). Hambatan Penerapan Kebijakan Energi Terbarukan di Indonesia. *Batulis Civil Law Review*, 3, 187–207. <https://doi.org/10.47268/ballrev.v3i2.1012>
- Lubis, A. (2007). Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Teknologi Lingkungan*, 8(2), 155–162.
- OECD. (2019). *OECD Green Growth Policy Review of Indonesia 2019*. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1787/1eee39bc-en>
- PLN, B. R. I. – P. &. (2020). *Percepatan Transisi Energi di Masyarakat*.
- Pramudhita, A., & Mawangi, P. (2021). Smart Grid Untuk Efisiensi Konsumsi Listrik Pada Proses Produksi Di Industri Manufaktur. *MATICS*, 13, 7–12. <https://doi.org/10.18860/mat.v13i1.11566>
- Rahma Wardhana, A., & Wening Hapsari Marifatullah. (2020). Transisi Indonesia Menuju Energi Terbarukan. *Jurnal Tashwirul Afkar*, 38(2). <http://tashwirulafkar.net/index.php/afkar/index>

- Riyanto, A., Maheswara, A., Zulianty, R., Alegra, V. M., & Muhammad, A. N. (2023). Tanggung Jawab Pemerintah dalam Penyelesaian Masalah Polusi Udara di DKI Jakarta. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 27890–27896. <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i3.11232>
- Sinaga, D. H. (2021). Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan. *Zetroem*, 3(1), 11–17. <https://doi.org/10.1234/ztr.v3i1>
- Sitorus, A. M. H. (2022). Sistem Transportasi Terintegrasi di DKI Jakarta: Analisis Transformasi Berkeadilan Sosial. *Jurnal Sosiologi Andalas*, 8, 31–41. <https://doi.org/10.25077/jsa.8.1.31-41.2022>
- Strategies, V. (2024). *Sumber Utama Polusi Udara di DKI Jakarta*. https://www.vitalstrategies.org/wp-content/uploads/Sumber-Utama-Polusi-Udara-di-DKI-Jakarta_Policy-Brief.pdf
- Sudjoko, C. (2021). Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon. *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, 2(2), 54–68.
- Sutandi A.Caroline. (2015). Pentingnya Transportasi Umum Untuk Kepentingan Publik. *Jurnal Administrasi Publik*, 12(1), 19–34. https://www.google.com/search?q=sustainable+city+planning&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=2l_0UoiNJ4Pok
- Suyuti, R. (2012). Implementasi "Intelligent Transportation System (Its)" Untuk Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Di Dki Jakarta. *Konstruksia*, 3, 13–21.
- Waluyo, D. (2024). *Ekonomi Hijau Buka 15,3 Juta Lapangan Kerja Baru*. Indonesia.Go.Id. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/7877/ekonomi-hijau-buka-15-3-juta-lapangan-kerja-baru?lang=1>
- Wijaya, M. E. (2019). Efisiensi Energi Untuk Meningkatkan Daya Saing Industri Nasional. In *Indonesian Parliamentary Center*. <https://ipc.or.id/>



ENERGI BARU, KOTA BARU: TRANSFORMASI MENUJU SMART CITY JAKARTA

Dian Samodrawati^{1*}, Agus Kiswantono², Saidah³

¹ Universitas Jayabaya Jakarta

^{2,3} Universitas Bhayangkara Surabaya

e-mail: kiswantono@ubhara.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam era transformasi digital yang berkembang pesat, konsep smart city telah menjadi sorotan utama dalam upaya meningkatkan kualitas hidup penduduk perkotaan sambil menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks (Agus K, Riostantieka, Beny Harjadi, Hasti Afianti, Ibnu Budiman, Hanan Nugroho, Afida Khofsoh, Inggit Kresna, 2023). Jakarta, sebagai salah satu pusat metropolitan terbesar di Asia Tenggara, tidak terkecuali dalam upaya untuk memanfaatkan teknologi terbaru guna meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hidup warganya. Dalam konteks ini, energi terbarukan dan kecerdasan buatan (AI) telah muncul sebagai dua pilar utama dalam perjalanan menuju transformasi Jakarta menjadi smart city yang adaptif dan inklusif. Energi terbarukan memberikan solusi terhadap tantangan ketergantungan pada bahan bakar fosil sambil mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Purwahyudi et al., 2017). Sementara itu, kecerdasan buatan memungkinkan pengelolaan kota yang lebih efisien dan responsif melalui penggunaan data yang cerdas dan algoritma prediktif. Dalam tulisan ini, kami akan mengeksplorasi peran penting energi terbarukan dan kecerdasan buatan dalam transformasi Jakarta menjadi smart city yang berkelanjutan dan terkoneksi (Iot, n.d.). Kami akan menyajikan evaluasi kondisi terkini smart city global serta kemajuan terbaru dalam teknologi energi terbarukan sebagai landasan bagi diskusi ini (Nasional et al., 2021; Transfer et al., n.d.). Selain itu, kami juga akan menguraikan berbagai inisiatif dan kebijakan yang diperlukan untuk mendukung implementasi energi terbarukan dan kecerdasan buatan di tingkat kota. Energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, telah menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi emisi karbon dan meningkatkan ketahanan energi di Jakarta (Bangun et al., 2023; Thingspeak, n.d.). Melalui investasi dalam infrastruktur energi terbarukan, Jakarta berpotensi untuk menjadi lebih mandiri secara energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya yang terbatas dan berpolusi. Selain itu, kecerdasan buatan telah membuka pintu untuk pengelolaan kota yang lebih efisien dan responsif (Ryko & Kiswanto, 2021; Tech, 2023). Dengan menggabungkan algoritma prediktif, machine learning, dan Internet of Things (IoT), Jakarta dapat mengoptimalkan transportasi, pengelolaan sampah, dan berbagai aspek kehidupan kota lainnya (Hermanto & Kiswantono, 2023; Suhu et al., 2023). Namun, untuk mewujudkan potensi penuh dari teknologi ini, diperlukan kebijakan yang mendukung pengembangan infrastruktur digital, regulasi privasi yang ketat, dan kampanye kesadaran masyarakat. Dengan demikian, tulisan ini bukan hanya menjadi kajian konseptual, tetapi juga merupakan panduan praktis bagi para pemangku kepentingan yang terlibat dalam pembangunan Jakarta sebagai smart city (Kiswantono, 2024; Hermanto, 2024). Melalui kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat, kami percaya bahwa Jakarta memiliki potensi besar untuk menjadi pionir dalam menciptakan lingkungan perkotaan yang cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah menggambarkan kondisi terkini dari konsep smart city, penting untuk memahami perkembangan teknologi dan praktik terbaik yang telah diterapkan di berbagai belahan dunia. Smart city telah menjadi pusat perhatian global sebagai solusi untuk meningkatkan kualitas hidup penduduk perkotaan, memperbaiki efisiensi infrastruktur, dan mengurangi dampak lingkungan. Di Eropa, kota-kota seperti Amsterdam dan Copenhagen telah menjadi contoh sukses dalam menerapkan konsep smart city. Mereka menggunakan teknologi untuk mengintegrasikan transportasi publik, memonitor kualitas udara, dan mengoptimalkan penggunaan energi (Tech, 2023). Sementara itu, di Asia, kota-kota seperti Singapura dan Seoul telah menjadi percontohan dalam penerapan sistem

transportasi cerdas dan penggunaan teknologi untuk meningkatkan pelayanan publik. Teknologi energi terbarukan juga telah menjadi bagian integral dari banyak inisiatif smart city (Permana, n.d.). Negara-negara maju seperti Jerman dan Denmark telah berhasil mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam infrastruktur kota mereka, dengan penggunaan yang luas dari panel surya, turbin angin, dan sistem manajemen energi yang cerdas (Engineering et al., 2022). Sementara itu, kecerdasan buatan telah mengubah cara kota-kota mengelola infrastruktur dan layanan publik. Dengan penggunaan algoritma prediktif dan analisis data yang mendalam, kota dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi kemacetan lalu lintas, dan merespons kebutuhan masyarakat dengan lebih efisien (Faza et al., 2022). Namun, meskipun banyak kemajuan telah dicapai dalam mewujudkan konsep smart city, masih ada tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah kesenjangan teknologi antara kota-kota maju dan berkembang. Banyak kota di negara-negara berkembang masih menghadapi tantangan dalam mengakses teknologi terbaru dan mengimplementasikannya dengan efektif. Selain itu, masalah privasi dan keamanan data juga menjadi perhatian utama dalam pengembangan smart city (Purwahyudi et al., 2017). Dengan pengumpulan data yang semakin luas, penting untuk memastikan bahwa informasi pribadi warga dilindungi dan digunakan dengan bijaksana. Dengan memahami kondisi terkini dari konsep smart city, Jakarta dapat belajar dari pengalaman kota-kota lain dan merencanakan implementasi yang efektif dari teknologi energi terbarukan dan kecerdasan buatan. Dengan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat, Jakarta memiliki potensi untuk menjadi pemimpin dalam transformasi menuju kota yang cerdas, berkelanjutan, dan terkoneksi.

Pembangunan smart city telah menjadi fokus utama bagi banyak kota di seluruh dunia, dengan upaya untuk memanfaatkan teknologi terkini guna meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hidup penduduk perkotaan. Di tengah perubahan iklim global dan meningkatnya urbanisasi, kota-kota mencari solusi inovatif untuk mengatasi tantangan tersebut. Salah satu aspek terpenting dari state of the art dalam pembangunan smart city adalah implementasi teknologi Internet of Things (IoT) (Transfer et al., n.d.). IoT memungkinkan berbagai perangkat dan sensor terhubung secara langsung ke internet, memungkinkan pengumpulan data secara real-time tentang berbagai aspek kehidupan kota, mulai dari transportasi hingga pengelolaan limbah. Dengan menggunakan data yang terkumpul, kota dapat membuat keputusan yang lebih cerdas dan responsif. Selain itu, kecerdasan buatan (AI) juga menjadi komponen kunci dalam pembangunan smart city. AI memungkinkan pengolahan besar-besaran data dengan cepat dan efisien, serta memungkinkan pembuatan prediksi yang akurat tentang pola-pola perilaku masyarakat dan tren perkotaan. Dengan menggunakan AI, kota dapat mengoptimalkan berbagai sistem, seperti transportasi umum, penjadwalan rute sampah, dan penggunaan energi. Dalam konteks energi, energi terbarukan menjadi pusat perhatian dalam pembangunan smart city. Teknologi tenaga surya, angin, dan hidrolik telah berkembang pesat, memungkinkan kota-kota untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon. Dalam beberapa kasus, kota-kota bahkan telah mencapai tingkat otonomi energi, menghasilkan energi yang cukup dari sumber-sumber terbarukan untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Di samping teknologi, partisipasi masyarakat juga menjadi bagian penting dari pembangunan smart city. Melalui berbagai platform partisipatif dan aplikasi kota pintar, penduduk dapat terlibat langsung dalam proses pembangunan kota, memberikan umpan balik, dan berkolaborasi dengan pemerintah dalam mengidentifikasi dan memecahkan masalah perkotaan. Secara keseluruhan, state of the art dalam pembangunan smart city

melibatkan kombinasi teknologi terbaru, kebijakan yang progresif, dan partisipasi aktif masyarakat. Dengan mengintegrasikan semua ini, kota-kota dapat mencapai tujuan mereka untuk menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan inklusif bagi semua penduduknya.



Gambar 1. Alur Kebijakan Ketersediaan Energi

Sumber: Dewan Energi Nasional

Dalam menjalani perjalanan menuju transformasi menjadi smart city, Jakarta tidak dapat mengabaikan kemajuan teknologi terbaru yang telah mempengaruhi praktik-praktik global dalam konteks perkotaan pintar. Kondisi terkini smart city global menjadi titik awal yang penting dalam mengevaluasi langkah-langkah yang dapat diambil oleh Jakarta untuk mengikuti jejak kota-kota lain yang telah berhasil menerapkan konsep ini. Salah satu tren utama dalam pengembangan smart city adalah integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang luas dalam berbagai aspek kehidupan perkotaan. Kota-kota seperti Singapura, Seoul, dan Barcelona telah sukses dalam mengimplementasikan solusi-solusi inovatif berbasis TIK untuk meningkatkan efisiensi layanan publik, mengelola transportasi, dan mengoptimalkan penggunaan energi. Selain itu, perkembangan dalam teknologi energi terbarukan juga telah menjadi fokus utama dalam upaya menciptakan kota-kota yang berkelanjutan. Negara-negara maju seperti Jerman, Denmark, dan Norwegia telah menjadi teladan dalam memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan hidro untuk memenuhi kebutuhan energi perkotaan mereka. Terkait dengan kecerdasan buatan, perkembangan dalam bidang ini telah memungkinkan pengembangan sistem yang dapat memproses dan menganalisis data secara efisien untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik di tingkat kota. Teknologi ini telah diterapkan dalam berbagai konteks, mulai dari pengelolaan lalu lintas dan transportasi hingga pengelolaan limbah dan infrastruktur perkotaan. Namun, penting untuk diingat bahwa setiap kota memiliki konteks dan tantangan unik yang perlu diperhatikan dalam pengembangan solusi smart city. Oleh karena itu, Jakarta perlu melakukan evaluasi mendalam terhadap kebutuhan dan potensi lokalnya serta mengadaptasi solusi-solusi yang telah terbukti berhasil di kota-kota lain sesuai dengan konteksnya sendiri. Dengan demikian, Jakarta memiliki kesempatan untuk belajar dari pengalaman kota-kota lain dalam menerapkan teknologi terbaru dalam upaya menuju smart

city yang efisien, berkelanjutan, dan terkoneksi. Melalui kolaborasi dengan berbagai pemangku kepentingan dan pendekatan yang holistik, Jakarta dapat mengambil langkah-langkah menuju masa depan yang cerdas dan inklusif.

PEMBAHASAN

Pembangunan Jakarta sebagai smart city menuntut diskusi yang mendalam tentang peran energi terbarukan dan kecerdasan buatan dalam mewujudkan tujuan tersebut. Integrasi kedua konsep ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan konektivitas kota Jakarta. Dalam pembahasan ini, kita akan mengeksplorasi secara lebih mendalam bagaimana integrasi energi terbarukan dan kecerdasan buatan dapat memberikan dampak positif yang signifikan.

1. Peran Energi Terbarukan dalam Transformasi Jakarta

- **Potensi penggunaan energi terbarukan di Jakarta.**

Energi terbarukan memainkan peran krusial dalam transformasi Jakarta menjadi smart city yang berkelanjutan dan efisien. Jakarta, sebagai salah satu kota terpadat di dunia, memiliki potensi besar untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan yang tersedia secara melimpah di sekitarnya. Salah satu sumber energi terbarukan yang paling menonjol di Jakarta adalah energi surya. Dengan insolasi matahari yang melimpah sepanjang tahun, Jakarta memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi utama. Instalasi panel surya pada atap bangunan komersial dan rumah tangga dapat menghasilkan listrik yang cukup untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan energi kota. Selain itu, Jakarta juga memiliki potensi untuk mengembangkan proyek pembangkit listrik tenaga surya skala besar di lahan-lahan terbuka di sekitarnya. Selain energi surya, Jakarta juga memiliki potensi untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan lainnya, seperti energi angin dan hidro. Meskipun tidak sebanyak energi surya, energi angin dan hidro masih memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pasokan energi kota. Pembangunan turbin angin di pantai utara Jakarta dan pemanfaatan potensi energi hidro dari sungai-sungai besar di sekitar kota adalah beberapa contoh potensi penggunaan energi terbarukan yang bisa dieksplorasi lebih lanjut. Dengan potensi yang begitu besar, pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya perlu bekerja sama untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan di Jakarta. Ini termasuk mengidentifikasi lokasi yang tepat untuk instalasi infrastruktur energi terbarukan, menyusun kebijakan yang mendukung, dan memberikan insentif bagi pengembangan proyek energi terbarukan. Dengan langkah-langkah ini, Jakarta dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan lebih sehat bagi warganya.

- **Tantangan dan peluang dalam adopsi energi terbarukan.**

Adopsi energi terbarukan di Jakarta menghadapi tantangan yang signifikan, termasuk investasi awal yang tinggi, ketidakpastian pengembalian investasi, dan keterbatasan teknologi dan infrastruktur. Namun, peluang untuk mengatasi tantangan tersebut juga ada. Penurunan biaya teknologi energi terbarukan, dukungan dari regulasi yang mendukung, inovasi finansial, dan peningkatan kesadaran publik tentang kepentingan energi terbarukan adalah beberapa faktor yang dapat mendorong pertumbuhan adopsi energi terbarukan di Jakarta. Dengan memanfaatkan peluang ini, Jakarta dapat menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat dan lingkungan kota.

- **Infrastruktur dan kebijakan yang diperlukan untuk mendukung energi terbarukan.**

Infrastruktur yang memadai dan kebijakan yang mendukung memiliki peran sentral dalam mendukung adopsi energi terbarukan di Jakarta. Diperlukan investasi dalam infrastruktur untuk instalasi panel surya, pembangunan turbin angin, dan pengembangan jaringan listrik yang dapat mengintegrasikan energi terbarukan secara efisien. Selain itu, kebijakan yang memberikan insentif, seperti pembebasan pajak, subsidi, dan target energi terbarukan yang ambisius, akan mendorong pertumbuhan sektor ini. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga akademis juga penting untuk mengembangkan solusi energi terbarukan yang inovatif dan mempercepat transformasi menuju lingkungan yang lebih berkelanjutan dan efisien di Jakarta.

- **Energi Baru Terbarukan: Energi Surya**

- a) **Teknologi Fotovoltaik (PV):**

- **Sel Surya Generasi Ketiga:** Meliputi perovskite solar cells, quantum dot solar cells, dan organic photovoltaics (OPVs) yang memiliki potensi efisiensi tinggi dan biaya produksi rendah.
 - **BIPV (Building Integrated Photovoltaics):** Pengintegrasian panel surya langsung ke dalam material bangunan seperti atap, jendela, dan fasad bangunan.

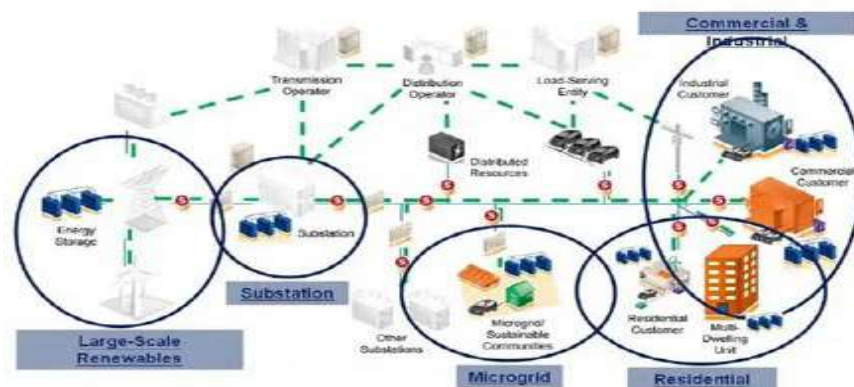
- b) **Infrastruktur Pendukung Energi Surya:**

- **Sistem Penyimpanan Energi:** Pengembangan baterai dengan kapasitas besar dan umur panjang seperti lithium-ion, redox flow batteries, dan solid-state batteries.
 - **Microgrid dan Smart Grid:** Integrasi sistem energi surya ke dalam jaringan listrik lokal yang cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas distribusi energi.
 - **Teknologi Grid-Tie Inverter:** Inverter yang mampu mengkonversi

energi surya menjadi listrik yang dapat digunakan oleh jaringan listrik umum.

c) **Pemanfaatan di Sektor Tertentu:**

- **Agrivoltaics:** Kombinasi antara panel surya dengan lahan pertanian untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan.
- **Solar Desalination Plants:** Pemanfaatan energi surya untuk proses desalinasi air laut menjadi air tawar.
- **Solar-Powered Transportation:** Kendaraan listrik yang menggunakan energi surya sebagai sumber daya utama atau tambahan.



Gambar 2. Transmisi dan Distribusi Listrik dengan Panel Surya

2. Peran Kecerdasan Buatan dalam Meningkatkan Efisiensi Kota

- **Aplikasi kecerdasan buatan dalam pengelolaan transportasi.**

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pengelolaan transportasi Jakarta menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi sistem transportasi kota. Dengan memanfaatkan data lalu lintas real-time dan algoritma prediktif, sistem AI dapat memberikan rekomendasi rute yang optimal kepada pengemudi, mengurangi kemacetan, waktu tempuh, dan emisi gas buang. Selain itu, AI juga memungkinkan pengelolaan armada transportasi publik yang lebih efisien melalui prediksi permintaan penumpang dan pengaturan jadwal yang tepat, serta meningkatkan pengaturan lampu lalu lintas secara dinamis untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas.

Dengan demikian, integrasi AI dalam pengelolaan transportasi tidak hanya meningkatkan mobilitas penduduk, tetapi juga berkontribusi pada pembangunan kota yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

- **Penerapan kecerdasan buatan dalam pengelolaan limbah dan lingkungan.**

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pengelolaan transportasi Jakarta menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi sistem transportasi kota. Dengan memanfaatkan data lalu lintas real-time dan algoritma prediktif, sistem AI dapat memberikan rekomendasi rute yang optimal kepada pengemudi, mengurangi kemacetan, waktu tempuh, dan emisi gas buang. Selain itu, AI juga memungkinkan pengelolaan armada transportasi publik yang lebih efisien melalui prediksi permintaan penumpang dan pengaturan jadwal yang tepat, serta meningkatkan pengaturan lampu lalu lintas secara dinamis untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas. Dengan demikian, integrasi AI dalam pengelolaan transportasi tidak hanya meningkatkan mobilitas penduduk, tetapi juga berkontribusi pada pembangunan kota yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

- **Perlindungan privasi dan keamanan data dalam implementasi kecerdasan buatan.**

Dalam mengimplementasikan kecerdasan buatan (AI) di Jakarta, perlindungan privasi dan keamanan data menjadi aspek krusial yang harus diperhatikan secara serius. Penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan dan dianalisis tidak hanya dilindungi secara ketat dari akses yang tidak sah atau penyalahgunaan, tetapi juga untuk menjaga privasi individu dan hak-hak pengguna. Hal ini dapat dicapai melalui penerapan langkah-langkah keamanan data yang kuat, termasuk enkripsi data, pengaturan akses yang ketat, dan penggunaan teknologi blockchain untuk menjamin keamanan data. Selain itu, transparansi dalam penggunaan data dan algoritma AI, serta pendidikan masyarakat tentang pentingnya privasi dan keamanan data, juga diperlukan untuk memastikan bahwa implementasi kecerdasan buatan berjalan sesuai dengan prinsip-prinsip etika dan menjaga kepercayaan masyarakat.

3. Sinergi antara Energi Terbarukan dan Kecerdasan Buatan

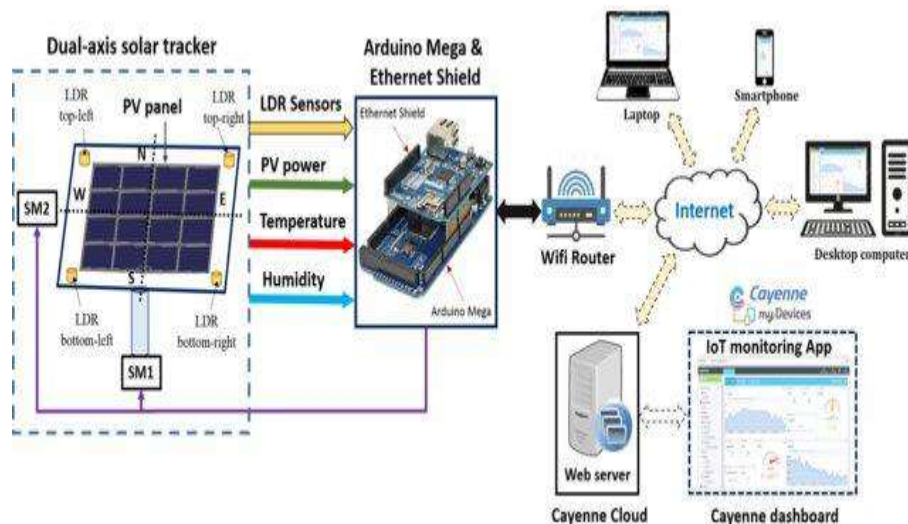
- **Integrasi sistem kecerdasan buatan untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.**

Integrasi Sistem Kecerdasan Buatan untuk Mengoptimalkan Penggunaan Energi Terbarukan. Sinergi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan (AI) menawarkan potensi besar dalam mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan di Jakarta. Integrasi sistem kecerdasan buatan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pola konsumsi energi dan kebutuhan energi yang berubah-ubah dari waktu ke waktu. Dengan memanfaatkan data sensor dan pemantauan yang terhubung, sistem kecerdasan buatan dapat menganalisis pola konsumsi energi di berbagai sektor, termasuk transportasi, industri, dan pemukiman.

Melalui analisis data yang canggih, sistem kecerdasan buatan dapat memprediksi permintaan energi di masa depan dan mengidentifikasi peluang untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan. Misalnya, dengan memanfaatkan algoritma prediktif, sistem kecerdasan buatan dapat mengatur penggunaan energi terbarukan, seperti energi surya dan angin, untuk mencocokkan dengan permintaan energi yang berfluktuasi. Hal ini memungkinkan Jakarta untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional yang tidak terbarukan dan mengoptimalkan penggunaan sumber energi terbarukan secara efisien. Selain itu, integrasi kecerdasan buatan juga dapat meningkatkan efisiensi operasional dari infrastruktur energi terbarukan itu sendiri. Sistem kecerdasan buatan dapat digunakan untuk memantau kinerja instalasi energi terbarukan secara real-time, mendeteksi gangguan atau kerusakan potensial, dan mengoptimalkan operasi untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, sinergi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan tidak hanya dapat meningkatkan penggunaan energi terbarukan, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja infrastruktur energi terbarukan di Jakarta. Dengan memanfaatkan potensi sinergi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan, Jakarta dapat menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan, efisien, dan berdaya saing tinggi. Integrasi sistem kecerdasan buatan untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan adalah langkah penting dalam mewujudkan visi Jakarta sebagai smart city yang adaptif dan inklusif, serta memberikan manfaat jangka panjang bagi kesejahteraan dan keberlanjutan kota.

- **Pemanfaatan algoritma prediktif untuk mengelola sumber energi terbarukan.**

Pemanfaatan algoritma prediktif dalam mengelola sumber energi terbarukan merupakan strategi kunci untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pasokan energi di Jakarta. Dengan memanfaatkan data historis tentang pola cuaca, permintaan energi, dan produksi energi terbarukan, algoritma prediktif dapat membuat perkiraan yang akurat tentang produksi energi terbarukan di masa depan. Dengan demikian, operator jaringan energi dapat merencanakan dan mengelola pasokan energi dengan lebih efisien, mengurangi risiko kekurangan energi atau kelebihan produksi yang tidak terpakai. Selain itu, dengan memprediksi fluktuasi dalam produksi energi terbarukan, algoritma prediktif juga memungkinkan pengoptimalan operasi jaringan, seperti mengatur penyimpanan energi atau mengaktifkan sumber energi cadangan, untuk menjaga kestabilan jaringan dan meminimalkan pemborosan energi. Dengan demikian, pemanfaatan algoritma prediktif tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan, tetapi juga meningkatkan keandalan dan ketersediaan pasokan energi secara keseluruhan, mendukung visi Jakarta sebagai smart city yang adaptif dan berkelanjutan.



Gambar 3. Monitoring Panel Surya dengan IoT

- **Tantangan dalam mencapai sinergi antara kedua konsep tersebut.**

Tantangan dalam mencapai sinergi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan adalah kompleks dan memerlukan pendekatan yang terkoordinasi serta solusi yang inovatif. Salah satu tantangan utama adalah integrasi infrastruktur dan teknologi yang berbeda dari kedua konsep tersebut. Energi terbarukan memerlukan infrastruktur fisik seperti panel surya dan turbin angin, sementara kecerdasan buatan membutuhkan sistem sensor, pengolahan data yang kuat, dan konektivitas yang andal. Selain itu, ada juga tantangan dalam mengelola dan menganalisis volume data yang besar yang dihasilkan oleh kedua konsep tersebut. Memastikan keamanan data dan privasi dalam penggunaan kecerdasan buatan juga menjadi tantangan penting, terutama ketika data yang digunakan melibatkan informasi sensitif tentang sumber energi. Selain itu, ada juga tantangan regulasi dan kebijakan yang harus diatasi, seperti koordinasi antara berbagai badan pemerintah dan pemangku kepentingan untuk mengembangkan kerangka kerja yang sesuai. Mengatasi tantangan-tantangan ini memerlukan kolaborasi antar disiplin ilmu dan pemangku kepentingan, serta inovasi dalam teknologi dan kebijakan untuk menciptakan lingkungan yang mendukung sinergi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan di Jakarta.

4. Tantangan dalam Implementasi

- **Infrastruktur dan teknologi yang kurang memadai.**

Salah satu tantangan utama dalam implementasi integrasi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan di Jakarta adalah kurangnya infrastruktur dan teknologi yang memadai. Infrastruktur yang kurang berkembang dapat membatasi kemampuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk mendukung sistem

kecerdasan buatan. Misalnya, kurangnya sensor dan sistem monitoring dapat menghambat kemampuan untuk mengumpulkan data yang akurat tentang produksi energi terbarukan dan pola konsumsi energi. Selain itu, kurangnya konektivitas dan infrastruktur komunikasi yang kuat juga dapat menjadi hambatan dalam mentransmisikan data secara efisien dari sumber energi terbarukan ke sistem kecerdasan buatan. Tanpa infrastruktur yang memadai, implementasi solusi kecerdasan buatan yang efektif menjadi sulit dilakukan. Selanjutnya, kurangnya investasi dalam teknologi kecerdasan buatan dan sumber energi terbarukan juga menjadi tantangan. Pembangunan dan implementasi teknologi kecerdasan buatan memerlukan investasi yang signifikan dalam pengembangan perangkat lunak, perangkat keras, dan keahlian teknis yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem tersebut. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan komitmen yang kuat dari pemerintah dan sektor swasta untuk meningkatkan investasi dalam infrastruktur dan teknologi yang mendukung integrasi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan. Hal ini termasuk pembangunan infrastruktur sensor dan monitoring, investasi dalam jaringan komunikasi yang kuat, dan pengembangan teknologi kecerdasan buatan yang sesuai dengan kebutuhan kota Jakarta. Selain itu, kerjasama antara pemerintah, lembaga riset, dan sektor swasta juga penting untuk mempercepat inovasi dalam teknologi dan memastikan pengembangan solusi yang efektif dan terjangkau. Dengan mengatasi tantangan ini, Jakarta dapat menciptakan lingkungan yang mendukung bagi integrasi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan, mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, dan meningkatkan kualitas hidup bagi warganya.

- **Regulasi yang tidak mendukung.**

Regulasi yang tidak mendukung dapat menjadi hambatan utama dalam implementasi integrasi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan di Jakarta. Ketidakjelasan dalam regulasi, konflik antar tingkat regulasi, dan ketidakkonsistenan antara regulasi lokal, nasional, dan internasional dapat menghambat kemajuan dalam pengembangan solusi inovatif dalam sektor energi dan kecerdasan buatan. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan upaya bersama antara pemerintah, lembaga legislatif, dan pemangku kepentingan terkait untuk menyempurnakan kerangka kerja regulasi yang memfasilitasi adopsi teknologi terbaru, memberikan kepastian hukum bagi investor, dan mendorong pertumbuhan sektor energi terbarukan dan kecerdasan buatan secara berkelanjutan.

- **Ketidakpastian teknologi dan ketersediaan data.**

Ketidakpastian seputar teknologi dan ketersediaan data merupakan tantangan krusial dalam implementasi integrasi antara energi terbarukan dan kecerdasan buatan di Jakarta. Perkembangan teknologi yang cepat menghasilkan beragam pilihan yang kompleks, sementara ketersediaan data yang akurat dan luas

menjadi prasyarat penting untuk analisis yang tepat. Untuk mengatasi tantangan ini, perlu dilakukan investasi yang signifikan dalam riset dan pengembangan teknologi, serta langkah-langkah konkret untuk meningkatkan ketersediaan dan kualitas data yang dibutuhkan. Dengan demikian, Jakarta dapat memperkuat fondasi untuk mengadopsi solusi inovatif yang berkelanjutan dalam transformasi menuju sistem energi yang lebih pintar dan terhubung.

5. Kolaborasi dan Peluang untuk Masa Depan

- **Pentingnya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat.**

Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat adalah kunci dalam membangun masa depan yang lebih baik dan berkelanjutan. Sinergi antara entitas-entitas ini membuka pintu bagi inovasi, pertumbuhan ekonomi, dan solusi yang lebih efektif terhadap masalah-masalah kompleks yang dihadapi oleh masyarakat modern. Pemerintah memainkan peran penting dengan menyediakan regulasi yang tepat, memberikan insentif untuk proyek-proyek yang berkelanjutan, dan mengkoordinasikan upaya kolaboratif. Sektor swasta membawa inovasi teknologi dan keuangan yang diperlukan untuk mewujudkan proyek-proyek besar, serta memberikan fleksibilitas dan kecepatan dalam implementasi solusi. Sementara itu, akademisi membawa keahlian dan riset yang mendalam untuk memahami masalah-masalah yang kompleks dan mengembangkan solusi-solusi berbasis bukti. Masyarakat, sebagai penerima langsung dari kebijakan dan proyek-proyek tersebut, memberikan wawasan langsung tentang kebutuhan dan aspirasi mereka, serta memberikan dukungan yang krusial untuk keberhasilan implementasi. Melalui kolaborasi lintas sektor, duplikasi upaya dapat dikurangi, dan sumber daya dapat digunakan secara lebih efisien. Setiap pihak dapat memanfaatkan keahlian dan sumber daya yang dimilikinya untuk menciptakan dampak yang lebih besar secara bersama-sama. Kolaborasi juga memperkuat keterlibatan masyarakat dalam proses pembangunan, meningkatkan rasa kepemilikan, dan memastikan bahwa kebijakan dan proyek benar-benar memenuhi kebutuhan mereka. Namun, kolaborasi lintas sektor tidak hanya tentang pencapaian ekonomi semata. Hal ini juga tentang mempromosikan keberlanjutan, baik dari segi lingkungan maupun sosial. Dengan bekerja bersama, pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat dapat menciptakan solusi yang lebih efektif dan bertahan lama terhadap tantangan perubahan iklim, ketimpangan sosial, dan masalah lingkungan lainnya. Secara keseluruhan, kolaborasi lintas sektor adalah fondasi bagi pembangunan masa depan yang inklusif, berkelanjutan, dan inovatif. Hanya dengan bekerja bersama, kita dapat menciptakan dunia yang lebih baik bagi semua orang, sekarang dan untuk generasi yang akan datang.

- **Peluang untuk Jakarta menjadi teladan dalam pembangunan smart city global.**

Jakarta memiliki potensi besar untuk menjadi teladan dalam pembangunan smart city global. Sebagai salah satu kota megapolitan terbesar di dunia, Jakarta memiliki infrastruktur teknologi yang cukup kuat dan populasi yang semakin terhubung secara digital. Dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, Jakarta dapat memperkenalkan solusi-solusi cerdas untuk mengatasi tantangan perkotaan seperti kemacetan, polusi, dan manajemen limbah. Dengan integrasi teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI), Jakarta dapat meningkatkan efisiensi dalam mobilitas, pengelolaan limbah, energi, dan layanan publik. Selain itu, melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam proses pembangunan smart city akan menjadi kunci kesuksesan, memastikan bahwa solusi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan dan aspirasi warga. Dengan komitmen yang kuat dari pemerintah, dukungan dari sektor swasta, serta keterlibatan aktif dari masyarakat, Jakarta memiliki potensi untuk menjadi contoh inspiratif bagi kota-kota di seluruh dunia dalam mewujudkan visi pembangunan smart city yang cerdas, berkelanjutan, dan inklusif.

- **Langkah-langkah konkret untuk meraih visi energi baru pada smart city Jakarta yang inklusif dan berkelanjutan.**

Berikut langkah-langkah konkret untuk meraih visi energi baru pada smart city Jakarta yang inklusif dan berkelanjutan:

- A. Promosi dan Pengembangan Energi Terbarukan: Mendorong investasi dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan pembangkit listrik tenaga air untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon.
- B. Peningkatan Efisiensi Energi: Mengadopsi teknologi dan kebijakan untuk meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan, transportasi, dan industri, termasuk penerapan standar bangunan hijau, transportasi publik yang efisien, dan penggunaan teknologi hemat energi.
- C. Jaringan Listrik Cerdas: Pengembangan jaringan listrik cerdas yang dapat memantau, mengontrol, dan mengoptimalkan penggunaan energi secara real-time, termasuk penggunaan smart meters dan sistem manajemen energi yang terhubung.
- D. Mendorong Mobilitas Berkelanjutan: Promosi transportasi berkelanjutan seperti kendaraan listrik, sepeda, dan transportasi umum yang ramah lingkungan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara.
- E. Penyediaan Akses Energi yang Merata: Memastikan akses yang merata terhadap energi terjangkau bagi seluruh lapisan masyarakat, termasuk daerah pedesaan dan masyarakat yang kurang mampu, melalui program-program subsidi atau pengembangan infrastruktur energi off-grid.

- F. Inovasi dalam Penyimpanan Energi: Mendorong inovasi dalam teknologi penyimpanan energi seperti baterai yang dapat didaur ulang dan sistem penyimpanan panas untuk meningkatkan fleksibilitas dan keandalan pasokan energi.
- G. Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat: Mengedukasi masyarakat tentang pentingnya energi terbarukan, efisiensi energi, dan cara mengurangi jejak karbon mereka, serta mempromosikan partisipasi dalam program-program energi berkelanjutan.
- H. Penggunaan Sumber Energi Lokal: Mendorong pengembangan sumber energi lokal seperti biomassa, biogas, dan energi panas bumi untuk meningkatkan kedaulatan energi dan mengurangi ketergantungan pada impor energi.
- I. Kemitraan Publik-Swasta: Membangun kemitraan antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga non-pemerintah untuk mendukung pengembangan infrastruktur energi baru yang inklusif dan berkelanjutan.
- J. Pengelolaan Risiko dan Keamanan: Mengidentifikasi dan mengelola risiko terkait dengan infrastruktur energi baru, termasuk keamanan siber dan kebutuhan akan perencanaan yang adaptif dalam menghadapi perubahan iklim.
- K. Dengan mengambil langkah-langkah konkret ini dan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, Jakarta dapat meraih visi energi baru pada smart city yang inklusif, berkelanjutan, dan memberikan manfaat bagi seluruh penduduknya.

KESIMPULAN

Pembangunan Jakarta sebagai smart city menuntut strategi holistik yang mencakup inovasi energi dan kecerdasan buatan. Bab ini merinci peran penting energi terbarukan dan kecerdasan buatan dalam mengubah Jakarta menjadi kota yang lebih efisien, berkelanjutan, dan terkoneksi. Evaluasi kondisi terkini smart city global dan kemajuan terkini dalam teknologi energi terbarukan menjadi titik awal diskusi. Infrastruktur energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, mendapatkan perhatian khusus sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Kombinasi inovasi ini diharapkan tidak hanya memperbaiki lingkungan, tetapi juga menciptakan sumber daya energi yang mandiri dan berkelanjutan bagi Jakarta. Selain itu, penerapan kecerdasan buatan dalam manajemen kota diharapkan dapat meningkatkan efisiensi layanan kota. Dengan menggabungkan algoritma prediktif, machine learning, dan Internet of Things (IoT), Jakarta dapat mengoptimalkan transportasi, pengelolaan sampah, dan berbagai aspek kehidupan kota lainnya. Pentingnya infrastruktur digital, pengelolaan data yang bijaksana, dan keterlibatan masyarakat menjadi sorotan utama dalam merencanakan transformasi ini. Kebijakan yang mendukung pengembangan infrastruktur digital, regulasi privasi yang ketat, dan kampanye kesadaran masyarakat dianggap krusial untuk keberhasilan proyek ini.

Dengan merancang kebijakan yang cermat dan melibatkan semua pemangku kepentingan, Jakarta dapat memimpin sebagai contoh dalam pembangunan smart city yang berkelanjutan. Sebuah masa depan cerdas dan terhubung sedang menanti, dan melalui inovasi energi dan kecerdasan buatan, Jakarta memiliki potensi untuk menjadi pionir dalam menciptakan kota modern yang adaptif dan inklusif.

Dalam kesimpulan, langkah-langkah konkret yang telah dibahas dalam bab ini menegaskan pentingnya transformasi menuju energi baru yang inklusif dan berkelanjutan di Jakarta. Melalui fokus pada pengembangan infrastruktur energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan pembangkit listrik tenaga air, Jakarta dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon yang merugikan lingkungan. Peningkatan efisiensi energi juga menjadi faktor kunci dalam menekan konsumsi energi dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan yang bijaksana. Promosi mobilitas berkelanjutan, seperti penggunaan transportasi publik dan kendaraan listrik, akan membantu mengurangi polusi udara dan kemacetan lalu lintas yang seringkali menjadi masalah utama di kota-kota besar. Akses energi yang merata juga penting, terutama bagi masyarakat yang tinggal di daerah pedesaan atau kurang mampu, sehingga mereka juga dapat menikmati manfaat dari transformasi energi ini. Selain itu, pentingnya kemitraan antara sektor publik dan swasta tidak bisa diabaikan. Kerjasama yang erat antara pemerintah, perusahaan, dan organisasi non-pemerintah akan mempercepat implementasi proyek-proyek energi baru dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Dalam konteks yang lebih luas, langkah-langkah ini tidak hanya memberikan manfaat lokal bagi Jakarta, tetapi juga berkontribusi pada upaya global untuk mengatasi perubahan iklim dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan. Pada akhirnya, penting bagi setiap individu untuk memahami peran mereka dalam mewujudkan visi energi baru yang inklusif dan berkelanjutan ini. Dengan kesadaran akan dampaknya dan tindakan nyata untuk mendukungnya, kita semua dapat berkontribusi dalam menciptakan masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan bagi Jakarta dan generasi mendatang.

SARAN

Latar Belakang: Sebagai salah satu kota terpadat di dunia, Jakarta menghadapi tantangan besar dalam mengelola energi secara efisien dan berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, langkah-langkah telah diambil untuk memperbaiki situasi ini, namun masih ada ruang untuk meningkatkan efektivitas dan dampak dari kebijakan energi.

Rekomendasi Kebijakan:

1. **Pengembangan Infrastruktur Energi Terbarukan:** Prioritaskan investasi dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan pembangkit listrik tenaga air. Dukung pemasangan panel surya di bangunan-bangunan publik dan swasta dengan memberikan insentif fiskal dan teknis.
2. **Peningkatan Efisiensi Energi:** Implementasikan regulasi yang mewajibkan standar efisiensi energi dalam bangunan baru dan renovasi. Berikan insentif kepada

perusahaan yang mengadopsi teknologi hemat energi dan melakukan audit energi untuk mengidentifikasi potensi penghematan.

3. **Promosi Mobilitas Berkelanjutan:** Tingkatkan infrastruktur transportasi berkelanjutan seperti jalur sepeda, jalur bus cepat, dan pengisian kendaraan listrik. Berikan insentif kepada pengguna kendaraan listrik dan perusahaan transportasi berbasis roda dua yang ramah lingkungan.
4. **Akses Energi yang Merata:** Perluas akses terhadap listrik di daerah strategis layanan bisnis mikro dan menengah serta masyarakat melalui pengembangan sistem energi off-grid dan mikrogrid. Berikan subsidi kepada rumah tangga menengah ke bawah untuk meningkatkan akses terhadap listrik yang terjangkau.
5. **Kemitraan Publik-Swasta:** Bangun kemitraan yang kuat antara pemerintah, perusahaan energi, dan lembaga keuangan untuk mendukung investasi dalam infrastruktur energi baru. Fasilitasi dialog dan kerjasama antara sektor publik dan swasta dalam mengembangkan solusi inovatif untuk energi bersih.

Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, Jakarta dapat memperkuat posisinya sebagai pemimpin dalam transformasi energi menuju smart city yang inklusif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus K, Riostantieka, Beny Harjadi, Hasti Afianti, Ibnu Budiman, Hanan Nugroho, Af'ida Khofsoh, Inggit Kresna, M. H. (2023). Indonesia's Energy Transition Preparedness Framework Towards 2045. In *BRIN Publishing*.
- Bangun, R., Charge, B., Atmega, C., & Sepeda, M. (2023). *Design of Atmega2560 Charge Controller Battery Using Static Bicycle*. 7(1), 79–93.
- Engineering, E., Program, S., Surabaya, U. B., Gayungan, K., & Timur, J. (2022). *ELECTRICAL ANALYSIS USING ESP-32 MODULE IN*. 7(2), 1273–1284.
- Faza, M. A., Elektro, T., Teknik, F., & Surabaya, U. B. (2022). *RANCANG BANGUN ALAT MONITORING ONLINE TEMPERATUR KLEM PADA*. 14(1).
- Firdaus, Rahman. "Implementasi Sensor IoT untuk Pengelolaan Energi di Sektor Transportasi di Kota Jakarta." *Jurnal Transportasi Cerdas* 10, no. 1 (2022): 50-65.
- Hermanto, Y., & Kiswantonono, A. (2023). Stability Control of Frequency and Voltage in Wind Power Plant Using Complementary Load with Pid Control, Pwm and Thingspeak Monitor. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7(1), 1159–1168. <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v7i1.211>
- lot, T. M. (n.d.). *Remote reading beban listrik pada rumah yang terintegrasi menggunakan iot*. 3(2), 143–147.
- Kiswantonono, A. (2024). Pengembangan Sistem Energi Terbarukan: Pendekatan Multigenerator Dan Simulasi Etap. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4147>
- Kiswantonono, A., & Hermanto, Y. (2024). *PENINGKATAN KINERJA PLTB MELALUI KENDALI*. 12(1), 137–147.
- Nasional, S., Elektro, T., Informasi, S., & Informatika, T. (2021). *Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*.
- Permana, S. (n.d.). *PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MENGGUNAKAN BEBAN*.
- Purwahyudi, B., Kuspijani, K., & Ahmadi, A. (2017). SCNN based electrical characteristics of solar photovoltaic cell model. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3198–3206. <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3198-3206>
- Putra, Irfan. "Pemanfaatan Teknologi IoT untuk Monitoring dan Kontrol Energi di Bangunan Pintar di Jakarta." *Jurnal Bangunan Pintar* 6, no. 3 (2024): 80-95.
- Ryko, H. T. P., & Kiswanto, A. (2021). Analisis Stabilitas Tegangan Listrik Menggunakan Panel Surya Pada Lampu Penerangan Jalan Umum (Pju) Berbasis Arduino. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, 3(2), 148–152. <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- Rahayu, Siti. "Implementasi Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Manajemen Energi untuk Kota Cerdas: Studi Kasus Jakarta." *Jurnal Teknologi Kota Cerdas* 3, no. 2 (2023): 55-70.
- Suhu, O., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surabaya, U. B. (2023). *Revitalisasi Sistem ATS : Integrasi Smart Relay dan Teknologi*. 56–63.
- Suryadi, Budi. "Peran Sensor Cerdas dalam Monitoring Konsumsi Energi di Kota Jakarta." *Jurnal Sensor dan Aktuator Cerdas* 8, no. 1 (2022): 40-55
- Tech, J. I. (2023). *TRANSFORMASI PEMANTAUAN ENERGI : KONTROL DAYA LISTRIK 3 FASA DENGAN ANTARMUKA GRAFIS PENGGUNA (GUI) SECARA LANGSUNG*.

1(2), 76–84.

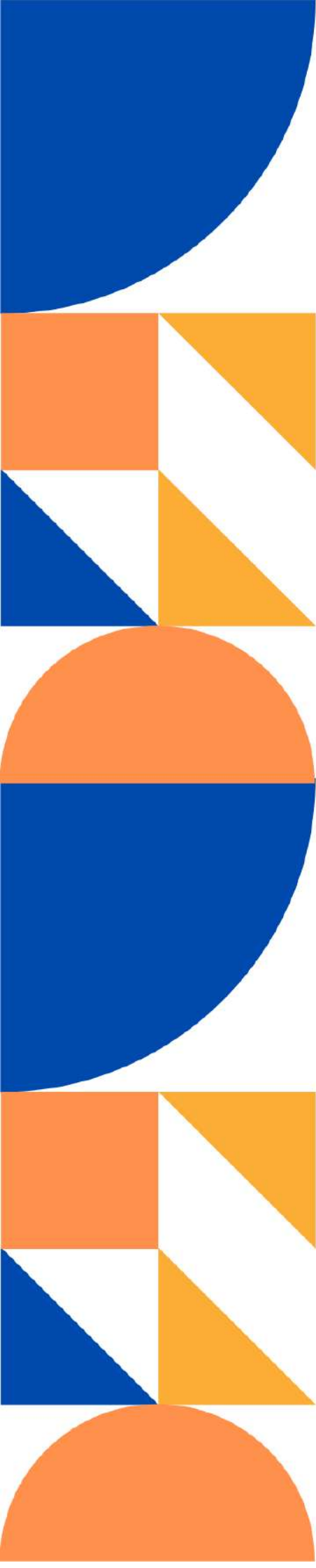
Thingspeak, M. (n.d.). *Voltage and Frequency Controller for Wind Turbine With PID Controller , PWM and Thingspeak Monitor.*

Transfer, A., Ats, S., & Arduino, M. (n.d.). *Automatic Transfer Switch (ATS) Using Arduino Uno , IoT-Based Relay and Monitoring dan Monitoring Berbasis IoT.* 1–8.

Widodo, Budi. "Pengembangan Teknologi Transportasi Ramah Lingkungan untuk Mengurangi Emisi Gas Buang di Jakarta." *Jurnal Transportasi Hijau* 14, no. 1 (2023): 85-100.

Wibowo, Adi. "Pengembangan Jaringan Energi Terbarukan Berbasis IoT untuk Kota Cerdas: Kasus Jakarta." *Jurnal Energi Terbarukan dan Keberlanjutan* 11, no. 3 (2024): 70-85.

Widjaja, Dian. "Pengembangan Grid Listrik Cerdas Berbasis IoT untuk Meningkatkan Efisiensi Energi di Jakarta." *Jurnal Grid Cerdas* 7, no. 2 (2023): 75-90.



PENERAPAN PLAFON DIGITAL BERBASIS AI UNTUK PENGEMBANGAN KOTA CERDAS YANG BERKELANJUTAN

**Toto Widyanto^{1*}, Ravie Kurnia Laday²,
Purwanto³, Darmin⁴**

^{1,2,3} Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal Jakarta

e-mail: toto.widyanto@ista.ac.id

PENDAHULUAN

Pemerintah berkomitmen untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sesuai dengan perjanjian global, yaitu Perjanjian Paris yang diratifikasi menjadi Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan *Paris Agreement to The United Nations Framework Convention On Climate Change* (persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-bangsa Mengenai Perubahan Iklim). Terkait dengan hal ini Indonesia menyampaikan *Nationally Determined Contributions* (NDC) yang berisi target penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) hingga tahun 2030 sebesar 29 persen (setara dengan 835 juta ton CO₂) dengan usaha sendiri, dan 41 persen dengan dukungan internasional (Migas, 2022). Kemudian pada tanggal 23 September 2022, Indonesia menyampaikan revisi kepada sekretariat UNFCCC menjadi target *Enhanced Nationally Determined Contribution* (E-NDC), yaitu peningkatan target penurunan emisi dari semula 29% menjadi 31,89% dengan usaha sendiri, dan dari 41% menjadi 43,20% dengan bantuan internasional (Equatorial, 2024). Terdapat 5 sektor dalam NDC yang berperan dalam penurunan emisi GRK, yaitu energi, limbah, *industrial processes and production use* (IPPU), pertanian, dan kehutanan (Anugrah, 2021).

Pada bab ini akan dibahas sejumlah informasi penting terkait penerapan Plafon Digital berbasis AI untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan. Di awal akan dibahas mengenai konsep dan teori dasar terkait emisi karbon. Di sini dibahas pula pengembangan strategi penurunan emisi GRK (gas rumah kaca). Kemudian ditinjau pemanfaatan teknologi LVDC pada bangunan tempat tinggal dan komersial dengan tetap memperhatikan teknologi LVAC yang sudah luas diterapkan saat ini. Terakhir dibahas penerapan plafon digital berbasis AI untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan dipandang dari sisi strategi penerapan, hambatan, dan tren masa depan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah dunia kita yang mengalami urbanisasi dengan cepat menuntut solusi inovatif untuk pembangunan berkelanjutan. Makalah ini mengeksplorasi potensi "Plafon Digital berbasis AI". Konsep ini memanfaatkan standar IEEE 802.3bt Tipe 4 yang baru untuk mengubah plafon gedung menjadi platform cerdas yang didukung oleh AI. Dengan mengintegrasikan sensor dan memfasilitasi analisis data, plafon digital bertujuan untuk mengoptimalkan operasi gedung, mengurangi konsumsi energi, dan meningkatkan kenyamanan – semua aspek penting untuk menciptakan masa depan yang berkelanjutan bagi kota cerdas kita.

PEMBAHASAN

Pembahasan Konsep dan Teori Dasar Terkait Emisi Karbon Kontribusi Penyumbang Emisi Karbon Terbesar

Berdasarkan data dari Our World in Data (Ritchie, Rosado, & Roser, 2024), terdapat lima penyumbang emisi karbon terbesar, yaitu dari Kelistrikan dan Panas, Transportasi, Manufaktur dan Konstruksi, Bangunan, dan Industri. Sektor yang paling tinggi menyumbang emisi karbon adalah Kelistrikan dan Panas sebanyak 15,11 miliar ton (43%) pada tahun 2020. Yang kedua adalah Transportasi sebanyak 7,10 miliar ton (20%). Sektor transportasi jalan raya mendominasi urunan emisi karbon sekitar 75% yang berasal dari kendaraan jalan raya, termasuk mobil, truk, dan bus. Kemudian ketiga, Manufaktur dan Konstruksi menyumbang 6,18 miliar ton (18%).

Sektor yang menjadi fokus dari bab ini, bangunan menyumbang 2,71 miliar ton (8%). Kontribusi dari bangunan berupa bangunan perumahan dan bangunan komersial. Bangunan perumahan memiliki jejak karbon yang signifikan. Sedangkan bangunan komersial menyumbang emisi karbon global lebih rendah dibandingkan perumahan. Secara umum faktor yang mempengaruhi emisi karbon sektor bangunan adalah sumber energi, efisiensi bangunan, ukuran, dan lokasi.

Sedangkan yang kelima adalah Sektor Industri menyumbang 1,63 miliar ton (5%). yang mencakup emisi dari proses industri langsung dan emisi tidak langsung dari listrik yang digunakan untuk menjalankan proses tersebut. Industri merupakan sektor yang luas: mencakup beragam aktivitas mulai dari manufaktur dan konstruksi hingga pertambangan dan pengelolaan limbah. Emisi bervariasi berdasarkan sub-sektor antara lain yang paling banyak menghasilkan karbon adalah produksi besi dan baja, manufaktur semen, bahan kimia, serta pulp dan kertas.

Untuk Indonesia kontribusi karbon berbeda dibandingkan akumulasi seluruh dunia Our World in Data (Ritchie, Rosado, & Roser, 2024). Untuk tahun 2020 ditunjukkan proporsi kontribusi penyumbang emisi karbon terlihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Penyumbang emisi CO₂ berdasarkan Sektor, khusus Indonesia, tahun 2020

Sektor	Penyumbang emisi karbon (dalam juta ton)	Persentase
Konversi Lahan dan Kehutanan	490.53	46.6%
Kelistrikan dan Panas	246.12	23.4%
Manufaktur dan Konstruksi	131.05	12.4%
Transportasi	126.42	12.0%
Industri	27.18	2.6%
Bangunan	25.78	2.4%
Produksi Energi	3.78	0.4%
Pembakaran BBM	2.87	0.3%
TOTAL	1,053.73	100.0%

Sumber: diolah dari <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

Terlihat sektor Konversi Lahan dan Kehutanan menempati porsi tertinggi yaitu 46%. Sedangkan sektor Bangunan menempati posisi keenam, dengan 2,4%.

Kontribusi Emisi Karbon dari Bangunan Tempat Tinggal dan Komersial

Pada sub bab di atas disebutkan bahwa bangunan tempat tinggal dan komersial memiliki jejak karbon yang signifikan. Secara umum bangunan tempat tinggal menyumbang sejumlah besar emisi gas rumah kaca global dengan kontribusi sekitar 8% dari total emisi karbon global. Untuk bangunan tempat tinggal terdapat dua jenis emisi yaitu operasional dan emisi terkandung atau *embodied emissions*. Emisi operasional berasal dari penggunaan energi yang berkelanjutan untuk pemanasan, pendinginan, penerangan, dan lain-lain. Ini sering kali merupakan porsi

yang lebih besar. Sedangkan emisi yang terkandung berasal dari manufaktur, transportasi, dan konstruksi bahan bangunan itu sendiri. Hal ini semakin mengkhawatirkan.

Sementara itu kontribusi bangunan komersial sedikit lebih rendah. Meskipun terdapat berbagai perkiraan, bangunan komersial secara konsisten menunjukkan jejak karbon yang cukup besar. Terdapat empat faktor kunci yang mempengaruhi emisi bangunan komersial. Pertama, penggunaan energi. Mirip dengan bangunan tempat tinggal, pemanas, pendingin, penerangan, dan peralatan merupakan area konsumsi utama. Kedua, tipe bangunan. Tipe bangunan komersial yang berbeda memiliki kebutuhan energi yang berbeda-beda. Misalnya, rumah sakit dan pusat data lebih boros energi dibandingkan gedung perkantoran. Ketiga lokasi. Iklim berdampak pada kebutuhan energi, dan jaringan energi regional memiliki tingkat ketergantungan yang berbeda-beda terhadap bahan bakar fosil. Terakhir, jam operasional. Bisnis dengan jam operasional lebih lama biasanya memiliki emisi lebih tinggi (Greer, Raftery, & Horvath, 2024) , (Levine, et al., 2007).

Pengembangan Strategi Penurunan Emisi GRK

Strategi pengurangan emisi operasional adalah rencana yang dikembangkan oleh bisnis dan organisasi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas mereka sehari-hari. Emisi ini, sering disebut sebagai emisi Cakupan 1 dan Cakupan 2, berasal dari sumber seperti pembakaran bahan bakar, konsumsi listrik, dan transportasi (Greer, Raftery, & Horvath, 2024).

Komponen utama dari strategi pengurangan emisi operasional yang efektif biasanya meliputi enam hal. Pertama dilakukan Penilaian Dasar, yaitu pengukuran emisi saat ini untuk menetapkan dasar perbandingan dan melacak kemajuan. Kedua penetapan target yaitu mendefinisikan tujuan pengurangan emisi yang spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan terikat waktu (SMART – *Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-Bound*). Ketiga perlu dilakukan identifikasi peluang pengurangan yaitu menganalisis operasi untuk menentukan area dimana emisi dapat dikurangi atau dihilangkan.

Kemudian komponen strategi pengurangan emisi operasional yang keempat merupakan implementasi tindakan mitigasi yaitu mengambil tindakan untuk mengurangi emisi melalui berbagai tindakan seperti. Mitigasi ini antara lain (a) peningkatan efisiensi energi, misalnya, meningkatkan peralatan, mengoptimalkan proses, mengadopsi teknologi bangunan cerdas, (b) beralih ke sumber energi terbarukan seperti memasang panel surya, membeli listrik ramah lingkungan, (c) operasi elektrifikasi, misalnya mengganti kendaraan berbahan bakar fosil dengan kendaraan listrik, (d) meningkatkan praktik pengelolaan limbah antara lain mengurangi, menggunakan kembali, mendaur ulang, dan terakhir (e) menerapkan inisiatif transportasi berkelanjutan, misalnya, mendorong transportasi umum, carpooling, bersepeda.

Setelah tindakan mitigasi dilakukan kegiatan komponen kelima, yaitu pemantauan dan pelaporan seperti melacak kemajuan menuju target pengurangan emisi dan melaporkan hasilnya kepada pemangku kepentingan. Terakhir dilakukan perbaikan berkelanjutan yang secara berkala meninjau dan menyempurnakan strategi untuk memastikan pengurangan emisi berkelanjutan dan beradaptasi dengan perubahan keadaan.

Banyak sumber daya dan kerangka kerja tersedia untuk membantu organisasi mengembangkan dan menerapkan strategi operasional pengurangan emisi yang efektif.

Beberapa contoh penting meliputi antara lain tiga hal. Pertama kerangka kerja **Protokol Gas Rumah Kaca**, yaitu memberikan panduan komprehensif tentang pengukuran dan pengelolaan emisi gas rumah kaca. Kemudian **Inisiatif Target Berbasis Sains** berupa membantu perusahaan menetapkan target pengurangan emisi sejalan dengan ilmu pengetahuan iklim. Contoh terakhir adalah **CDP** (*Carbon Disclosure Project*), yaitu menyediakan platform bagi perusahaan untuk mengungkapkan data lingkungan dan melacak kemajuannya.

Dengan mengembangkan dan menerapkan strategi pengurangan emisi operasional yang kuat, organisasi dapat mengurangi dampak lingkungan secara signifikan, meningkatkan efisiensi operasional, dan meningkatkan reputasi mereka.

Pemanfaatan Teknologi LVDC pada Bangunan Tempat Tinggal dan Komersial **Gambaran tentang LVDC**

Dalam standarisasi voltase LVDC, terdapat beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan. Pertama, kriteria utama yang harus dipertimbangkan adalah jumlah energi yang akan disalurkan. Setelah voltase dipilih untuk jumlah energi tertentu, arus dan ukuran kabel akan menentukan efisiensi daya pada panjang jalur tertentu. Selain itu, ukuran kabel juga akan berdampak pada biaya. Selain itu, perlu juga memperhatikan perlindungan dari lonjakan tegangan, kualitas daya, perangkat perlindungan (seperti perangkat arus sisa untuk kejutan listrik atau perangkat deteksi busur untuk busur listrik), koordinasi perangkat dan pemilihan, aturan kawat, dan instalasi terisolasi. Selama proses pengembangan Laporan Teknologi ini, para ahli sepakat bahwa, terlepas dari kasus penggunaan, LVDC tidak boleh kurang aman daripada AC saat ini. Selain itu, perbedaan antara DC dan AC juga perlu dipertimbangkan, seperti tegangan daya, steker dan soket, serta pengaruhnya terhadap tubuh manusia. Aspek lain yang perlu dipertimbangkan adalah perlindungan dari lonjakan tegangan dan arus, prinsip pengegroundan, deteksi kesalahan, dan korosi. Sebagian besar pekerjaan standarisasi yang diperlukan melibatkan penambahan ketentuan dan persyaratan untuk DC ke dalam Standar AC yang ada.

Standar, kode, dan aplikasi pada rentang LVDC hingga 1500V ditunjukkan pada tabel berikut.

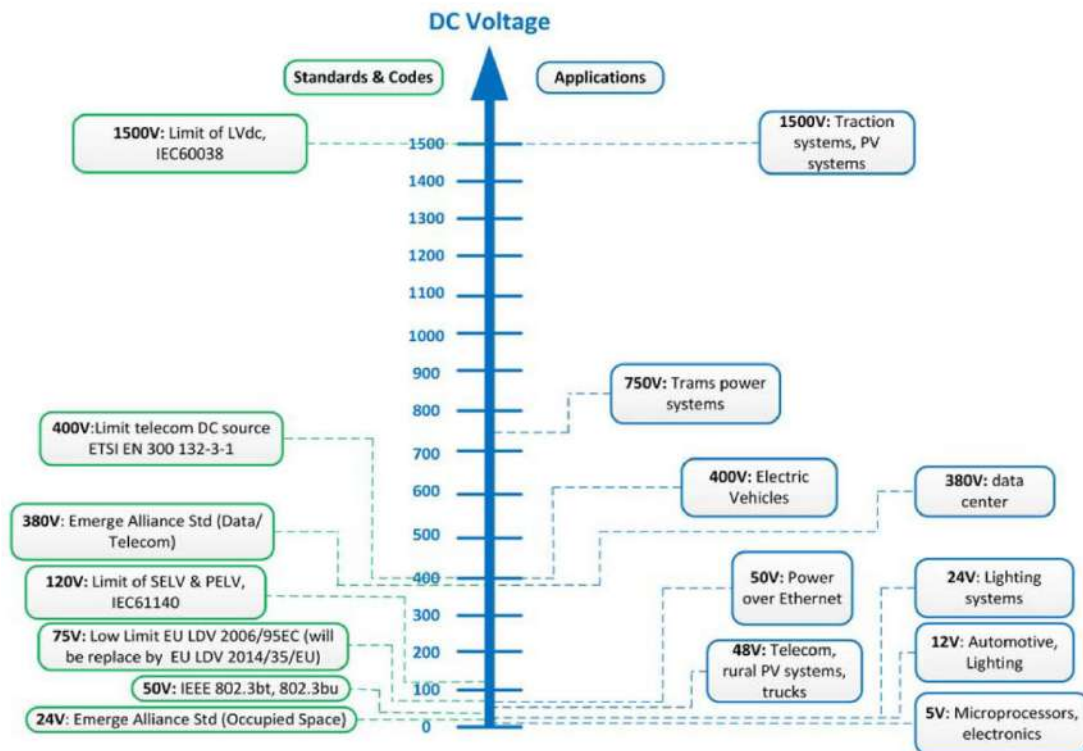
Tabel 7. Standar, kode, dan aplikasi pada rentang LVDC

Voltase (Tegangan)	Standar & Kode	Aplikasi
1500V	Limit of LVDC, IEC60038	Traction Systems PV Systems
750V		Tram Power System
400V	Limit telecom DC source ETSI EN 300 132-3-1	Electric Vehicles
380V	Emerge Alliance Std (Data/Telecom)	Data Center
120V	Limit of SELV (Separated Extra-Low Voltage) & PELV (Protective Extra-Low Voltage) IEC61140	
75V	Low Limit EU LDV 2014/35/EU	
50V	IEEE 802.3bt, 802.bu	Power over Ethernet (PoE)

Voltase (Tegangan)	Standar & Kode	Aplikasi
48V		Telecom, rural PV systems, trucks
24V	Emerge Alliance Std. (Occupied Space)	Lighting systems
12V		Automotives, Lighting
5V		Microprocessors, Electronics

Sumber: disadur dari (Diaz, et al., 2016)

Ilustrasi tabel di atas kemudian ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Kumpulan standar, kode, dan aplikasi menggunakan LVDC.

Sumber: (Diaz, et al., 2016)

Rentang tegangan yang sesuai adalah sebagai berikut (Diaz, et al., 2016):

- 24-48V:** Beban daya rendah ($<0,4$ kW) sebagian besar adalah peralatan dan perangkat elektronik (router Wi-Fi, pengisi daya telepon, komputer, TV, pemutar DVD, sistem hi-fi, dll.), dan lampu LED, yang diperhitungkan untuk sebagian besar perangkat di kamar tidur, ruang keluarga, dan area luar ruangan, sehingga distribusi di sebagian besar ruang dalam rumah dapat dilakukan secara efisien sekaligus memaksimalkan keselamatan.
- 230-400 V:** Elemen daya sedang (0,4-10 kW) biasanya digunakan pada peralatan di dapur (kompor, oven, mesin cuci piring, dll.) dan ruang cuci (mesin cuci, pengering, setrika, dll.). Untuk konsumsi daya tertentu, menyuplai beban pada 230 V akan mempertahankan pembebanan arus yang sama pada kabel seperti pada sistem 230Vac satu fasa. Jika diperlukan efisiensi yang tinggi dalam distribusi dan/atau pengurangan pengukur kawat, tegangan sensitif untuk ditingkatkan hingga 400 V. Di luar tingkat ini, peningkatan efisiensi seharusnya dapat diabaikan, dan sistem proteksi akan sangat

menuntut.

3. **≥538 V:** Elemen berdaya tinggi (≥ 10 kW) diharapkan menjadi bagian dari elemen fasilitas umum bangunan, seperti DG (panel PV, WT, FC, μ CHP, dll.), ESS (*Energy Storage System*), dan sistem pendingin udara gedung, elevator, dan pos pengisian daya kendaraan listrik.

Plafon Digital

Konsep plafon digital mengacu pada konvergensi berbagai sistem dan layanan bangunan ke dalam satu jaringan IP, terutama di dalam ruang plafon sebuah bangunan. Integrasi ini memungkinkan kontrol dan pengelolaan pencahayaan, pemanas, pendingin, keamanan, sensor, dan sistem otomasi bangunan lainnya tanpa hambatan melalui platform terpusat.

Aspek dan manfaat utama dari plafon digital antara lain meliputi lima hal. Pertama integrasi bangunan cerdas yaitu memungkinkan bangunan menjadi "cerdas" dengan menghubungkan sistem yang berbeda dan memungkinkan mereka berkomunikasi dan berinteraksi satu sama lain. Aspek ini kelak menjadi salah satu inti dari bahasan pada bab di buku ini. Kedua, peningkatan efisiensi dengan cara mengoptimalkan konsumsi energi, pemanfaatan ruang, dan biaya operasional dengan mengotomatisasi dan menyesuaikan sistem berdasarkan data real-time dan pola hunian. Aspek ini kelak juga menjadi salah satu inti dari bahasan pada bab di buku ini. Aspek ketiga merupakan peningkatan pengalaman pengguna (UX: *user experience*), yaitu menciptakan lingkungan yang lebih nyaman, produktif, dan menarik bagi penghuni melalui kontrol yang dipersonalisasi dan pengaturan adaptif. Selanjutnya aspek keempat adalah manajemen yang efisien, yaitu menyederhanakan pemeliharaan, pemecahan masalah, dan peningkatan dengan memusatkan kontrol dan menyediakan akses jarak jauh ke data dan analitik sistem. Aspek terakhir merupakan wawasan berbasis data yang menghasilkan data berharga tentang kinerja gedung, pola hunian, dan penggunaan energi, yang dapat dimanfaatkan untuk pengoptimalan dan pengambilan keputusan lebih lanjut.

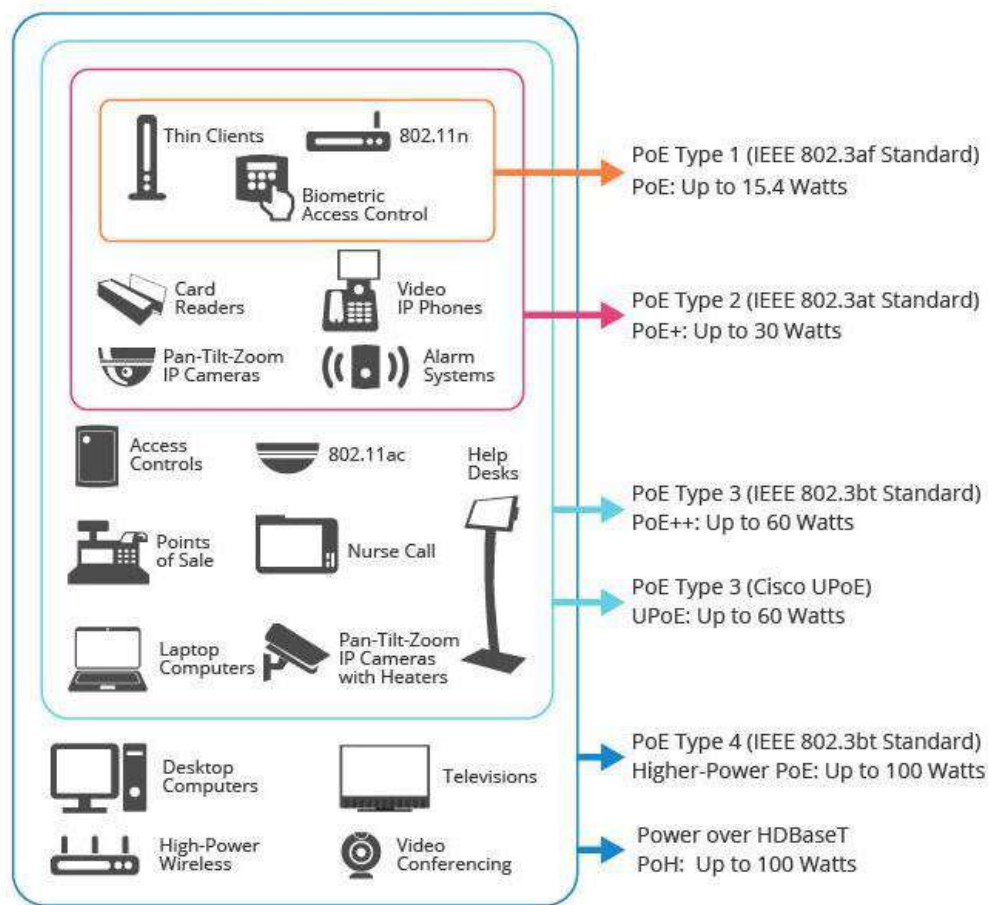
Beberapa perusahaan, seperti Cisco dan Nexans, menawarkan solusi dan kerangka penerapan plafon digital di berbagai jenis bangunan. Perlu diketahui, Cisco memelopori pengembangan PoE (Power over Ethernet) untuk menyatukan Teknologi Operasi dengan Teknologi Informasi. (Shen, 2019). Secara sederhana Teknologi Operasi dicirikan oleh penggunaan kabel listrik sedang Teknologi Informasi dicirikan oleh penggunaan kabel data. PoE yang dikembangkan oleh Cisco mampu memberikan daya hingga 90W. Berdasarkan spesifikasi dari Cisco, kemudian oleh IEEE ditetapkan menjadi standar pada tahun 2018 yaitu IEEE 802.3bt dengan daya hingga 99W. Plafon digital mewakili kemajuan signifikan dalam teknologi bangunan, yang menawarkan banyak manfaat bagi pemilik dan penghuni bangunan.

Penerapan Plafon Digital Berbasis AI Untuk Pengembangan Kota Cerdas Yang Berkelanjutan

Standar IEEE 802.3 Sebagai Pondasi bagi Plafon Digital Cerdas

PoE (IEEE 802.3af), juga dikenal sebagai PoE tipe 1, menyediakan daya hingga 15,4 watt per port dan digunakan untuk perangkat seperti telepon IP dan kamera. PoE+ (IEEE 802.3at), PoE tipe 2, menawarkan daya hingga 30 watt dan memberi daya pada perangkat seperti kamera PTZ. PoE++ atau UPoE (IEEE 802.3bt), juga disebut sebagai PoE tipe 3, menghasilkan hingga 60 watt dan 100 watt, PoE tipe 4, per port untuk perangkat berkinerja

tinggi. Power over HDBaseT (PoH) memungkinkan transmisi daya dan data untuk peralatan AV melalui satu kabel. Gambar di bawah mengilustrasikan aplikasi umum berbagai jenis PoE untuk referensi kita.



Sumber: (Migelle, 2020)

Gambar 2. Penerapan beragam Tipe PoE

Plafon Digital Berbasis AI

Otomasi Bangunan

Gedung cerdas atau otomatisasi gedung mengacu pada pengintegrasian sistem fasilitas ke dalam satu jaringan yang dikontrol secara terpusat menggunakan kabel terstruktur berbasis IP. Dengan jaringan Ethernet yang menggunakan standar 803.2bt, semua perangkat yang mendukung Internet dapat dihubungkan ke jaringan dan didukung oleh kabel yang sama. Hal ini menghilangkan kebutuhan untuk menyambungkan daya listrik ke komponen-komponen ini. Standar PoE asli dapat memberi daya pada sistem kontrol akses dan alarm sederhana, namun peningkatan keluaran daya sebesar 802.3bt menawarkan kepada pengelola gedung beragam aplikasi potensial.

Berikut ini ditunjukkan empat contoh aplikasi otomasi bangunan. Pertama, sistem kontrol akses cerdas, berupa jaringan Ethernet yang dapat memberi daya pada kunci cerdas berkemampuan Internet yang dapat dikontrol secara terpusat oleh keamanan gedung.

Meskipun kuncinya sendiri memiliki daya yang cukup rendah dan dapat ditangani menggunakan sumber daya 802.3at, seperti sistem kontrol pengontrol pintu, *Ubiquiti UniFi Access Hub IP Networked Door Controller*, dapat menggunakan daya hingga 40W. Contoh kedua adalah Kamera Pengawasan IP. Teknologi PoE dapat digunakan untuk memberi daya pada kamera keamanan, sehingga memungkinkan pemasangan kamera di tempat yang tidak tersedia stopkontak. Kamera IP dengan pemanas internal dan motor PTZ dapat menggunakan ruang kepala daya ekstra. Kemudian contoh ketiga, titik akses Wi-Fi, merupakan kemampuan untuk memberi daya dan menghubungkan WAP menggunakan satu kabel dapat menyederhanakan proses perluasan jaringan nirkabel Kita secara signifikan. Wi-Fi 7 AP kelas atas seperti router TP-Link EAP780 Tri-Band dapat menggunakan daya hingga 60W, sehingga headroom output daya tambahan sebesar 802.3bt sangat membantu di sini. Terakhir, pencahayaan LED cerdas, merupakan Sistem pencahayaan LED jaringan dapat menarik banyak daya, sehingga batas daya PD 71,3W yang ditingkatkan juga berguna dalam hal ini. Gambar berikut ini menunjukkan contoh penerapan aplikasi otomasi gedung.



Sumber: (Emplus, 2023)

Gambar 3. Contoh penerapan PoE

Pengembangan Kota Cerdas

Pengembangan Kota Cerdas: Jakarta Smart City (JSC)

Jakarta Smart City berfungsi sebagai katalisator untuk membangun ekosistem kota cerdas 4.0. Kami berfungsi sebagai laboratorium kreatif dan wadah kerja sama antara masyarakat dan pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Sebagai salah satu kota terpadat di dunia, Jakarta menghadapi sejumlah kesulitan. Persyaratan Jakarta sebagai kota metropolitan juga mendorongnya untuk mengadopsi praktik-praktik baru. Salah satu cara untuk melakukan hal ini adalah dengan menampilkan ide-ide inventif untuk mengembangkan ekosistem perkotaan yang terintegrasi secara teknologi. Jakarta Smart City (JSC) mengupayakan hal ini sebagai

penggerak kota cerdas untuk Jakarta. Untuk itu Unit Pengelola JSC mengoordinasikan dan memfasilitasi transformasi digital Jakarta. Artinya, perlu banyak diterapkan reformasi, seperti tata kelola digital, infrastruktur digital, masyarakat digital, dan ekonomi digital.

Segala upaya akan diarahkan pada optimalisasi pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelayanan publik. JSC menerapkan tujuh metrik sebagai bagian penerapannya. dari konsep kota cerdas. Indikator pertama, *Smart Governance*, yaitu tata kelola yang bijaksana diperlukan untuk menciptakan pemerintahan yang secara efektif mendorong kemajuan dan transformasi sosial. Indikator kedua, *Smart Economy*, ekonomi cerdas juga akan membantu menciptakan prospek perusahaan baru untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi. Indikator ketiga, *Smart Environment*, yaitu lingkungan cerdas, adalah indikator berikutnya yang mencakup berbagai inisiatif ramah lingkungan seperti pengelolaan air dan limbah serta sumber energi alternatif. Indikator keempat, *Smart People*, melalui keterlibatan masyarakat sebagai pelaku dan konsumen akhir smart city. Indikator kelima, *Smart Mobility*, yaitu mobilitas cerdas melalui peningkatan kualitas mobilitas. Indikator keenam adalah *Smart Living* yang mencakup fasilitas yang dapat diakses oleh penyandang disabilitas, literasi digital, dan kesehatan. Terakhir, Smart Branding. Untuk saat ini, slogan "Enjoy Jakarta" adalah branding yang telah melekat pada masyarakat di Jakarta. Logo sering terlihat di mana-mana. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah memperkenalkan branding kota yang baru, yang lebih umum, untuk kota Jakarta, yaitu "Jakarta Kota Kolaborasi" atau logo "+Jakarta" (dibaca "Plus Jakarta").

Saat aplikasi Jakarta Kini (JAKI) dikembangkan, maka seluruh indikator tersebut akan diringkas. Proyek tersebut akan membentuk tata kelola kolaboratif dengan melibatkan sejumlah pemangku kepentingan, antara lain sektor publik dan komersial, masyarakat, akademisi, dan khusus untuk masyarakat, JAKI melakukan peningkatan pada sejumlah fitur dan penambahan fasilitas yang lebih lengkap. Diantaranya adalah cara masyarakat berinteraksi dengan pemerintah, dengan pemilik usaha atau pelaku, dan dengan masyarakat lainnya versi JAKI dapat diakses.

Selain itu, terdapat dua kolom dengan fitur transit, peta, dan registrasi kunjungan: "Sekitar Jakarta" untuk wisatawan yang ingin berjalan-jalan di sekitar Jakarta dan "Rekomendasi" untuk pengunjung yang baru mengenal kota tersebut. JAKI didirikan sebagai platform pengelolaan pelayanan publik, pertukaran informasi, dan transaksi berbasis elektronik. Ke depan, elemen tambahan ini akan membantu Jakarta mempertahankan statusnya sebagai kota metropolitan global. Melalui berbagai inisiatif yang JSC lakukan, direncanakan dan dilaksanakan, bertujuan untuk memperkenalkan Jakarta 4.0 dengan ekosistem digital yang mendukung.

Hasilnya, hingga bulan Juli 2023 telah tercatat prestasi JAKI antara lain sebagai berikut.

1. Aplikasi Super Jakarta yang melibatkan lebih dari 60 layanan Pemerintah terintegrasi, 12 ribu laporan diterima JAKI setiap hari, 96.4% Persentase penyelesaian laporan per bulannya, dan hampir 5 juta warga DKI Jakarta telah mengunduh aplikasi JAKI.
2. Mendapatkan penghargaan antara lain:
 - a. *Gold Medal ASEAN ICT Awards* (AICTA) 2021: Kategori Public Sector
 - b. Top 45 Inovasi Pelayanan Publik 2022: Kompetisi Inovasi Pelayanan Publik (KIPP) di Lingkungan Kementerian/Lembaga, Pemerintah Daerah, BUMN, dan BUMD
 - c. *Champion* pada *World Summit of Information Society (WSIS) Prizes 2023*: JakLapor: Privacy-Preserving Online Public Complaint Application untuk Kategori Building

Confidence and Security in the use of ICT

Dengan demikian JSC membantu Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI Jakarta dalam mencapai pembangunan manusia sipil yang berkeadilan, pertumbuhan ekonomi yang inklusif, regenerasi perkotaan yang berkelanjutan, reformasi pelayanan publik, dan administrasi pemerintahan yang efisien. JSC percaya bahwa melalui transformasi digital, Jakarta akan mampu bersaing dengan kota-kota besar global lainnya sebagai pusat perdagangan dan bisnis. JSC akan berkonsentrasi pada perencanaan lingkungan, ekonomi, manusia, dan ekonomi di bawah slogan “Kota Semua Orang” (Dwi, 2023)

Pengembangan Kota Cerdas Yang Berkelanjutan

Gambaran Umum

Kota cerdas yang berkelanjutan ditandai dengan fokusnya pada meminimalkan dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan meningkatkan kualitas hidup penduduknya. Hal ini termasuk mengembangkan bangunan dengan potensi menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang jauh lebih rendah sepanjang siklus hidupnya, dibandingkan dengan bangunan konvensional. Kota cerdas berkelanjutan ini mencapai tujuan tersebut melalui berbagai praktik dan teknologi. Mereka menargetkan dekarbonisasi dengan mengoptimalkan konsumsi energi melalui kemampuan teknologi baru. Hal ini melibatkan pengembangan bangunan dengan potensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang jauh lebih rendah sepanjang siklus hidupnya dibandingkan dengan bangunan konvensional.

Teknologi yang terlibat dalam kota cerdas berkelanjutan mencakup infrastruktur, sistem, metode, model, teknik, dan jaringan sebagai bagian dari ekosistem digital kota cerdas. Konsep kota cerdas telah menjadi faktor kunci dalam pembangunan perkotaan berkelanjutan, yang menggabungkan strategi perencanaan kota untuk mengatasi berbagai tantangan dan peluang. Kota cerdas yang berkelanjutan dibangun berdasarkan berbagai elemen, termasuk pemimpin dalam desain biofilik dan penyediaan Wi-Fi gratis di bus. Peran teknologi pendukung sangat penting dalam mewujudkan kota cerdas, dan deskripsi holistik serta signifikansinya dieksplorasi dalam literatur penelitian. Untuk mengevaluasi bangunan yang ada dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dalam hal emisi gas rumah kaca, kita perlu menganalisis berbagai faktor yang berkaitan dengan konstruksi dan pengoperasiannya. Hal ini meliputi penilaian efisiensi energi bangunan, pertimbangan sumber energi yang digunakan, evaluasi penggunaan air, pertimbangan material yang digunakan dalam konstruksi, dan penilaian infrastruktur transportasi bangunan. Dengan menerapkan langkah-langkah ini, kita dapat mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan berkontribusi terhadap pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan.

Evaluasi bangunan dan Identifikasi Area Yang Perlu Ditingkatkan

Untuk mengevaluasi bangunan yang ada dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dalam hal emisi gas rumah kaca, kita perlu menganalisis berbagai faktor yang terkait dengan konstruksi dan pengoperasiannya.

Pertama, kita harus menilai efisiensi energi bangunan. Hal ini melibatkan evaluasi isolasi, jendela, dan pintu untuk menentukan apakah semuanya tertutup rapat dan membatasi kehilangan atau perolehan panas. Selain itu, kita harus memeriksa sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) untuk memastikan sistem tersebut hemat energi dan terpelihara

dengan baik. Meningkatkan sistem isolasi dan HVAC yang lebih efisien dapat mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca secara signifikan.

Selanjutnya, kita harus mempertimbangkan sumber energi yang digunakan di dalam gedung. Jika bangunan sangat bergantung pada bahan bakar fosil untuk listrik atau pemanas, penting untuk mencari sumber energi alternatif terbarukan seperti tenaga surya, angin, atau panas bumi. Transisi ke energi terbarukan dapat secara drastis mengurangi emisi gas rumah kaca yang terkait dengan konsumsi energi.

Penggunaan air juga harus dievaluasi. Menerapkan langkah-langkah penghematan air seperti perlengkapan aliran rendah dan sistem irigasi yang efisien dapat mengurangi energi yang dibutuhkan untuk pengolahan dan distribusi air, sehingga secara tidak langsung menurunkan emisi gas rumah kaca.

Aspek lain yang perlu diperhatikan adalah bahan yang digunakan dalam konstruksi dan pemeliharaan bangunan. Produksi dan transportasi bahan-bahan tertentu dapat berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca. Menggunakan bahan-bahan yang bersumber secara lokal dan berkelanjutan serta mendorong praktik daur ulang dan pengurangan limbah dapat membantu meminimalkan jejak karbon yang terkait dengan bahan bangunan.

Selain itu, infrastruktur transportasi gedung harus dievaluasi. Mendorong penggunaan transportasi umum, mendorong bersepeda dan berjalan kaki, serta menyediakan fasilitas kendaraan listrik dapat mengurangi emisi terkait transportasi.

Untuk mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan, melakukan audit energi atau bekerja sama dengan konsultan keberlanjutan dapat memberikan wawasan berharga mengenai pola konsumsi energi gedung dan area dimana efisiensi dapat ditingkatkan.

Kesimpulannya, evaluasi bangunan yang ada untuk mengetahui emisi gas rumah kaca mencakup penilaian efisiensi energi, evaluasi sumber energi, pengurangan konsumsi air, penggunaan bahan ramah lingkungan, dan promosi transportasi ramah lingkungan. Dengan menerapkan langkah-langkah ini, kita dapat mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan berkontribusi terhadap pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan.

Strategi Meminimalkan Dampak Lingkungan dan Meningkatkan Efisiensi Sumber Daya dalam Bangunan

Untuk mengembangkan dan menerapkan strategi guna meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya pada bangunan, beberapa langkah dapat diambil:

1. **Efisiensi Energi:** Salah satu strateginya adalah fokus pada efisiensi energi pada bangunan. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan bahan hemat energi untuk insulasi, jendela, dan penerangan. Selain itu, menggabungkan sistem dan sensor cerdas dapat membantu mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi pemborosan.
2. **Energi Terbarukan:** Strategi lainnya adalah mengintegrasikan sumber energi terbarukan ke dalam bangunan. Memasang panel surya atau turbin angin dapat menghasilkan energi bersih dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Hal ini membantu meminimalkan emisi gas rumah kaca dan menjadikan bangunan lebih berkelanjutan.
3. **Konservasi Air:** Menerapkan langkah-langkah penghematan air sangat penting dalam meminimalkan dampak lingkungan. Hal ini dapat mencakup pemasangan perlengkapan

aliran rendah, menampung air hujan untuk irigasi, dan memanfaatkan sistem air limbah ringan (*grey water*). Pengelolaan air yang efisien mengurangi konsumsi air dan melestarikan sumber daya yang berharga ini.

4. **Pengelolaan Limbah:** Pengelolaan limbah yang tepat sangat penting untuk meminimalkan dampak lingkungan. Mendorong daur ulang, pengomposan, dan menerapkan langkah-langkah pengurangan sampah dapat secara signifikan mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan oleh bangunan. Selain itu, penerapan sistem pengelolaan sampah yang terdesentralisasi, seperti pengomposan di lokasi atau penguraian anaerobik, dapat lebih meningkatkan efisiensi sumber daya.
5. **Pemilihan Material yang Berkelanjutan:** Memilih material yang berkelanjutan untuk konstruksi sangatlah penting. Memilih material dengan energi yang rendah, seperti material daur ulang atau material lokal, dapat mengurangi dampak lingkungan yang terkait dengan siklus hidup bangunan. Selain itu, mempertimbangkan penggunaan bahan alami atau berbahan dasar bio dapat berkontribusi pada lingkungan dalam ruangan yang lebih sehat.
6. **Ruang Hijau dan Keanekaragaman Hayati:** Mengintegrasikan ruang hijau dalam desain bangunan akan meningkatkan kualitas hidup penghuni dan meningkatkan keanekaragaman hayati. Memasukkan taman atap, dinding hijau vertikal, dan taman komunitas dapat memberikan banyak manfaat, termasuk peningkatan kualitas udara, pengurangan efek pulau panas perkotaan, dan penciptaan habitat bagi satwa liar.
7. **Pendidikan dan Kesadaran:** Menciptakan kesadaran di kalangan penghuni gedung tentang praktik berkelanjutan dan menyediakan program pendidikan dapat menumbuhkan budaya keberlanjutan. Hal ini dapat mencakup tip penghematan energi, pedoman pengurangan limbah, dan informasi tentang fitur lingkungan bangunan. Mendidik warga tentang manfaat hidup berkelanjutan dapat mendorong partisipasi aktif dan dukungan dalam meminimalkan dampak lingkungan.

Dengan menerapkan strategi ini, bangunan dapat berkontribusi terhadap kota cerdas yang berkelanjutan dengan meminimalkan dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan meningkatkan kualitas hidup penghuninya. Setiap ukuran memiliki manfaat uniknya sendiri dan dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan spesifik dan konteks bangunan.

Pemantauan dan Pengkajian Dampak Strategi terhadap Kualitas Hidup Warga

Untuk memantau dan menilai dampak strategi berkelanjutan terhadap kualitas hidup penduduk di kota cerdas, beberapa langkah dapat diambil. Pertama, pengumpulan data sangat penting untuk memahami keadaan kota saat ini dan kualitas hidup penduduknya. Hal ini dapat dilakukan melalui survei, wawancara, dan analisis sumber data yang ada seperti catatan kesehatan, tingkat kejahatan, dan tingkat lapangan kerja.

Setelah data dikumpulkan, data tersebut perlu dianalisis untuk mengidentifikasi bidang-bidang spesifik di mana strategi berkelanjutan dapat memberikan dampak positif terhadap kualitas hidup. Misalnya, bangunan hemat energi dapat mengurangi tagihan utilitas penghuninya, sehingga meningkatkan pendapatan yang dapat dibelanjakan dan berpotensi meningkatkan kesejahteraan mereka secara keseluruhan.

Untuk mengukur dampaknya, indikator kinerja utama (KPI) dapat ditetapkan. KPI ini dapat mencakup metrik seperti konsumsi energi, kualitas udara, efisiensi transportasi, akses terhadap ruang hijau, dan kepuasan penduduk. Dengan memantau indikator-indikator ini secara berkala, efektivitas strategi berkelanjutan dapat dinilai dan penyesuaian apa pun yang diperlukan dapat dilakukan.

Selain data kuantitatif, umpan balik kualitatif dari warga juga sangat penting. Hal ini dapat diperoleh melalui kelompok fokus, pertemuan balai kota, atau platform online di mana warga dapat berbagi pengalaman dan pendapat mereka. Masukan mereka dapat memberikan wawasan berharga mengenai keberhasilan dan tantangan penerapan strategi berkelanjutan serta dampaknya terhadap kualitas hidup.

Untuk memastikan penilaian yang menyeluruh, penting untuk melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pejabat kota, perencana kota, pakar lingkungan hidup, dan perwakilan masyarakat. Upaya kolaboratif dapat membantu mengidentifikasi potensi trade-off dan memastikan bahwa strategi yang diterapkan memberikan manfaat bagi seluruh warga, terutama kelompok rentan yang mungkin terkena dampak besar dari permasalahan lingkungan.

Pelaporan dan komunikasi rutin mengenai temuan-temuan tersebut sangat penting untuk menjaga agar warga tetap mendapat informasi dan terlibat. Transparansi ini dapat menumbuhkan rasa kepemilikan dan mendorong partisipasi lebih lanjut dalam inisiatif berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pemantauan dan penilaian dampak strategi berkelanjutan terhadap kualitas hidup penduduk memerlukan pendekatan komprehensif yang menggabungkan data kuantitatif, umpan balik kualitatif, keterlibatan pemangku kepentingan, dan evaluasi berkelanjutan. Dengan secara aktif memantau dan menyesuaikan strategi-strategi ini, kota cerdas yang berkelanjutan dapat terus meningkatkan kesejahteraan dan kepuasan penduduknya sekaligus meminimalkan dampak terhadap lingkungan.

Pengembangan Kerangka Kerja Untuk Mengevaluasi Dampak Lingkungan dan Efisiensi Sumber Daya Dari Bangunan Yang Ada Di Kota Cerdas.

Untuk mengembangkan kerangka kerja guna mengevaluasi dampak lingkungan dan efisiensi sumber daya dari bangunan yang ada di kota cerdas, beberapa langkah dapat diambil:

1. Tentukan Indikator Kinerja Utama (KPI): Identifikasi indikator spesifik yang akan digunakan untuk mengukur dampak lingkungan dan efisiensi sumber daya bangunan. KPI ini dapat mencakup metrik seperti konsumsi energi, penggunaan air, timbulan limbah, dan emisi gas rumah kaca.
2. Melakukan Penilaian Awal: Mengumpulkan data tentang bangunan yang ada di kota cerdas untuk menetapkan dasar evaluasi. Penilaian ini harus mencakup informasi tentang desain bangunan, bahan konstruksi, sistem energi, sistem air, dan praktik pengelolaan limbah.
3. Analisis Data dan Identifikasi Peluang: Analisis data yang dikumpulkan untuk mengidentifikasi bidang-bidang yang dapat dilakukan perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Hal ini dapat mencakup

penilaian kinerja energi bangunan, mengidentifikasi peluang integrasi energi terbarukan, mengevaluasi pola penggunaan air, dan mengeksplorasi strategi pengurangan limbah.

4. **Kembangkan Metodologi Evaluasi:** Buat metodologi untuk mengevaluasi dampak lingkungan dan efisiensi sumber daya bangunan berdasarkan KPI yang diidentifikasi. Metodologi ini harus menguraikan bagaimana data akan dikumpulkan, dianalisis, dan dibandingkan terhadap tolok ukur atau standar.
5. **Menerapkan Kerangka Evaluasi:** Menerapkan metodologi evaluasi pada bangunan yang ada di kota cerdas. Hal ini dapat dilakukan melalui penilaian di lokasi, pengumpulan data melalui sensor dan sistem pemantauan, serta melibatkan pemilik dan penghuni gedung untuk mengumpulkan informasi.
6. **Menilai dan Menilai Bangunan:** Evaluasi setiap bangunan berdasarkan KPI yang ditetapkan dan data yang dikumpulkan. Tetapkan peringkat atau skor yang menunjukkan dampak lingkungan dan kinerja efisiensi sumber daya setiap bangunan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan skala atau sistem penilaian, seperti sertifikasi LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).
7. **Memberikan Rekomendasi dan Rencana Aksi:** Berdasarkan hasil evaluasi, kembangkan rekomendasi dan rencana aksi untuk meningkatkan dampak lingkungan dan efisiensi sumber daya bangunan. Hal ini dapat mencakup penyesuaian strategi, perubahan perilaku, penerapan teknologi baru, atau rekomendasi kebijakan untuk memberi insentif pada praktik berkelanjutan.
8. **Monitor dan Tinjauan:** Terus memantau kinerja bangunan dan meninjau efektivitas langkah-langkah yang diterapkan. Hal ini akan membantu mengidentifikasi bidang-bidang yang memerlukan perbaikan atau penyesuaian lebih lanjut terhadap kerangka evaluasi.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, kerangka kerja dapat dikembangkan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dan efisiensi sumber daya dari bangunan yang ada di kota cerdas. Kerangka kerja ini akan memberikan dasar untuk pengambilan keputusan, menentukan prioritas bidang-bidang yang perlu diperbaiki, dan mendorong penerapan praktik-praktik berkelanjutan dalam lingkungan binaan kota.

Penerapan Plafon Digital Berbasis AI Untuk Pengembangan Kota Cerdas Yang Berkelanjutan

Teknologi plafon digital berbasis AI semakin lazim dalam pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan. Teknologi ini menawarkan solusi serbaguna dan efisien untuk lingkungan perkotaan dengan menggabungkan fungsionalitas berbagai teknologi terkini. Mereka dapat dipasang di plafon atau di bawah lantai yang ditinggikan, berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi, komunikasi, dan produktivitas dalam proyek konstruksi, desain interior, aplikasi IoT industri, dan robotika. Setidaknya ada empat contoh penerapan plafon digital untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan. Pertama, industri konstruksi, yaitu plafon digital berbasis AI diterapkan dalam industri konstruksi untuk membangun rantai pasokan cerdas, platform kolaborasi, memungkinkan pengoperasian dan pemantauan jarak jauh, serta meningkatkan efisiensi, komunikasi, dan produktivitas. Teknologi ini selaras dengan tujuan pembangunan perkotaan berkelanjutan. Kedua, desain interior dan arsitektur. Plafon digital berbasis AI telah diterapkan dalam desain interior dan arsitektur. Alat seperti Interior AI memanfaatkan kecerdasan buatan untuk memberikan inspirasi desain dan pementasan virtual, membantu desainer dan arsitek memvisualisasikan dan menciptakan ruang yang

estetis. Dengan mendeteksi detail interior ruangan secara akurat, teknologi ini membantu mengoptimalkan pilihan desain dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan.

Contoh penerapan plafon digital yang ketiga adalah aplikasi IoT Industri. Plafon digital berbasis AI dimanfaatkan dalam aplikasi IoT industri untuk memungkinkan konektivitas yang efisien dan cerdas dalam jaringan IoT. Perusahaan seperti Cisco mengintegrasikan teknologi plafon digital ke dalam lingkungan industri, merevolusi proses industri, meningkatkan efisiensi operasional, dan berkontribusi terhadap pembangunan perkotaan yang berkelanjutan. Kemudian terakhir adalah teknologi robotik dalam konstruksi. Teknologi robotik, yang sering kali diintegrasikan dengan plafon digital berbasis AI, sedang digunakan di berbagai bidang sektor konstruksi, termasuk perakitan di luar lokasi dan manajemen lokasi. Robot-robot ini mengotomatisasi dan menyederhanakan proses konstruksi, mengurangi tenaga kerja manual dan meningkatkan presisi, sehingga meningkatkan produktivitas dan keselamatan.

Persyaratan dan Tujuan Utama Pembangunan Kota Cerdas Berkelanjutan

Untuk mencapai pembangunan kota cerdas yang berkelanjutan, beberapa faktor perlu dipertimbangkan. Berikut ini ditunjukkan tujuh persyaratan dan tujuan utama pembangunan kota cerdas berkelanjutan. Pertama, efisiensi energi, yaitu mengoptimalkan konsumsi energi dan mengurangi limbah dengan menerapkan teknologi dan infrastruktur hemat energi seperti jaringan listrik cerdas, sistem pencahayaan cerdas, dan sistem manajemen energi. Kedua, kelestarian lingkungan berupa memprioritaskan pelestarian dan peningkatan lingkungan melalui strategi untuk mengurangi polusi, mempromosikan sumber energi bersih, melindungi ruang hijau, mendorong pilihan transportasi berkelanjutan, dan menerapkan sistem pengelolaan limbah. Ketiga, mobilitas cerdas, yaitu meningkatkan mobilitas dalam kota cerdas dengan mengembangkan sistem transportasi cerdas, mengintegrasikan solusi manajemen lalu lintas yang cerdas, mempromosikan moda transportasi tidak bermotor, dan menerapkan sistem parkir cerdas untuk mengurangi kemacetan dan emisi. Keempat berupa konektivitas dan infrastruktur digital, yaitu memastikan konektivitas dan infrastruktur digital yang kuat untuk mendukung berbagai aplikasi dan layanan cerdas. Menyebarkan jaringan broadband berkecepatan tinggi, membangun pusat data untuk penyimpanan dan analisis data yang efisien, dan menyediakan platform dan aplikasi digital untuk pengelolaan sumber daya kota yang efisien.

Persyaratan dan tujuan utama berikutnya adalah yang bersifat non teknis. Persyaratan yang kelima, keterlibatan dan partisipasi adalah warga berupa melibatkan warga dalam proses pengambilan keputusan melalui platform partisipatif dan struktur tata kelola yang transparan untuk memastikan pembangunan kota sejalan dengan kebutuhan dan aspirasi mereka. Menumbuhkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab warga terhadap pertumbuhan berkelanjutan. Kemudian persyaratan yang keenam, yaitu ketahanan dan kemampuan beradaptasi, adalah membangun ketahanan terhadap bencana alam, perubahan iklim, dan potensi risiko lainnya. Menerapkan infrastruktur cerdas yang tahan terhadap kejadian ekstrem, mengembangkan sistem peringatan dini, dan menerapkan strategi adaptif untuk mengatasi perubahan kondisi lingkungan. Selanjutnya yang terakhir berupa pertumbuhan ekonomi dan inovasi. Ini berupa dorongan pertumbuhan ekonomi dengan menarik investasi di industri berkelanjutan, mendukung perusahaan rintisan dan lembaga penelitian yang berfokus pada solusi kota cerdas, dan menciptakan lingkungan yang kondusif bagi kewirausahaan dan penciptaan lapangan kerja.

Evaluasi dan Pilihan Solusi Plafon Digital Berbasis AI

Untuk memilih solusi plafon digital berbasis AI yang paling sesuai untuk sebuah proyek, penilaian menyeluruh terhadap opsi yang tersedia harus dilakukan. Langkah-langkah berikut dapat memandu proses evaluasi:

1. **Meneliti dan Mengidentifikasi Solusi Plafon Digital Berbasis AI:** Melakukan penelitian ekstensif untuk mengidentifikasi berbagai solusi plafon digital berbasis AI yang tersedia di pasar. Pertimbangkan fitur, kemampuan, kompatibilitas dengan pengembangan kota cerdas, dan aspek keberlanjutannya.
2. **Evaluasi Fitur Solusi:** Menilai setiap fitur dan fungsi solusi, dengan fokus pada aspek yang relevan dengan tujuan proyek. Mempertimbangkan kemampuan solusi dalam memantau dan mengontrol faktor lingkungan, deteksi hunian, kemampuan pemeliharaan prediktif, dan integrasi dengan infrastruktur kota cerdas lainnya.
3. **Menilai Skalabilitas dan Fleksibilitas:** Analisis skalabilitas setiap solusi untuk memastikan solusi tersebut dapat memenuhi ukuran dan kompleksitas pengembangan kota cerdas. Pertimbangkan apakah solusi tersebut dapat dengan mudah diperluas atau disesuaikan untuk mengakomodasi kebutuhan dan kemajuan teknologi AI di masa depan.
4. **Analisis Kemampuan Pemrosesan Data dan Analisis:** Evaluasi kemampuan pemrosesan data solusi untuk menangani volume, kecepatan, dan variasi data yang dihasilkan oleh batas digital. Pertimbangkan analisis data real-time, wawasan yang dapat ditindaklanjuti, dan analisis prediktif untuk pengelolaan kota yang efisien.
5. **Pertimbangkan Integrasi dan Interoperabilitas:** Menilai kompatibilitas dan interoperabilitas setiap solusi dengan infrastruktur dan sistem yang ada dalam kerangka kota cerdas. Pertimbangkan integrasi yang lancar dengan aplikasi dan platform berbasis AI lainnya.
6. **Tinjau Fitur Keberlanjutan:** Evaluasi fitur efisiensi energi solusi dan potensinya untuk berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan. Menilai apakah solusi tersebut menggabungkan sumber energi terbarukan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mendukung praktik ramah lingkungan.
7. **Analisis Biaya:** Bandingkan biaya yang terkait dengan setiap solusi, termasuk pemasangan, pemeliharaan, dan potensi peningkatan di masa mendatang. Pertimbangkan laba atas investasi (ROI) jangka panjang dan nilai keseluruhan yang diberikan oleh setiap solusi.
8. **Keputusan dan Seleksi:** Berdasarkan evaluasi, pilih solusi plafon digital berbasis AI yang paling selaras dengan tujuan, persyaratan, dan anggaran proyek. Dokumentasikan alasan di balik keputusan tersebut, soroti faktor-faktor utama yang memengaruhi pemilihan.

Integrasi Infrastruktur

Untuk menerapkan dan mengintegrasikan solusi plafon digital berbasis AI yang dipilih ke dalam infrastruktur kota cerdas, terdapat enam langkah yang harus dipertimbangkan, (1) identifikasi komponen infrastruktur kota cerdas yang akan terpengaruh oleh solusi plafon digital, seperti sistem pencahayaan, sensor, kamera, sistem HVAC, dll., (2) hubungkan dan

konfigurasi solusi plafon digital dengan komponen infrastruktur yang ada, untuk memastikan pertukaran dan kontrol data yang lancar, (3) mengembangkan atau memodifikasi infrastruktur perangkat lunak untuk mendukung integrasi solusi plafon digital, termasuk API, middleware, atau adaptor, (4) memastikan langkah-langkah keamanan yang tepat diterapkan untuk melindungi infrastruktur terintegrasi dari ancaman dunia maya, termasuk mekanisme enkripsi, autentikasi, dan kontrol akses, (5) uji dan validasi integrasi untuk memastikan fungsionalitas dan kinerja yang tepat, dan terakhir (6) memantau dan memelihara infrastruktur terintegrasi untuk memastikan operasi dan kinerja berkelanjutan.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, solusi plafon digital berbasis AI yang sesuai dapat dipilih dan diintegrasikan secara efektif ke dalam infrastruktur kota cerdas.

Hambatan

Penerapan Plafon Digital berbasis AI untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan menghadapi sejumlah kendala. Berikut ini ditunjukkan setidaknya delapan kendala. Pertama, investasi awal yang tinggi. Disini penerapan infrastruktur plafon digital berbasis AI memerlukan investasi awal yang signifikan pada sensor, aktuator, peralatan jaringan, dan perangkat lunak AI. Hal ini dapat menjadi hambatan bagi kota-kota yang memiliki anggaran terbatas. Kedua masalah privasi dan keamanan data. Plafon digital menghasilkan data dalam jumlah besar, termasuk informasi sensitif tentang penghuni dan aktivitas mereka. Memastikan privasi dan keamanan data ini sangat penting dan dapat menimbulkan tantangan akibat potensi serangan siber atau penyalahgunaan. Hambatan ketiga adalah masalah interoperabilitas dan standarisasi. Vendor yang berbeda sering kali menggunakan protokol dan sistem berpemilik, sehingga sulit untuk mengintegrasikan berbagai komponen plafon digital secara mulus. Kurangnya standarisasi dapat menyebabkan masalah kompatibilitas dan menghambat adopsi plafon digital berbasis AI secara luas. Kemudian yang keempat adalah keahlian teknis dan kesenjangan keterampilan untuk merancang, memasang, dan memelihara sistem plafon digital berbasis AI memerlukan pengetahuan dan keterampilan teknis khusus yang mungkin tidak tersedia di semua kota. Hal ini dapat menimbulkan tantangan dalam menemukan personel yang memenuhi syarat dan menerapkan sistem ini secara efektif.

Hambatan selanjutnya bersifat non teknis. Hambatan kelima merupakan kerangka peraturan dan hukum. Penggunaan AI dan teknologi berbasis data di lingkungan perkotaan menimbulkan pertanyaan tentang pengawasan peraturan dan kerangka hukum. Ketidadaan pedoman yang jelas dapat menimbulkan ketidakpastian dan menghambat pengembangan plafon digital berbasis AI. Kemudian hambatan keenam adalah penerimaan dan kepercayaan publik. Penerapan teknologi berbasis AI di ruang publik mungkin menghadapi hambatan karena kekhawatiran mengenai pengawasan, privasi data, dan potensi penyalahgunaan. Membangun kepercayaan dan penerimaan masyarakat sangat penting untuk keberhasilan penerapan batas digital di kota cerdas. Selanjutnya, hambatan ketujuh berupa tantangan skalabilitas dan kemampuan beradaptasi. Seiring pertumbuhan dan perkembangan kota, sistem plafon digital harus dapat diperluas dan disesuaikan dengan perubahan kebutuhan. Memastikan bahwa sistem ini dapat mengakomodasi perkembangan dan teknologi di masa depan merupakan sebuah tantangan besar. Hambatan terakhir adalah pertimbangan etis. Penggunaan AI dan teknologi berbasis data menimbulkan kekhawatiran etis mengenai bias, diskriminasi, dan potensi penyalahgunaan kekuasaan. Mengatasi pertimbangan etis ini sangat penting untuk pengembangan dan penerapan plafon digital berbasis AI yang bertanggung jawab.

Untuk mengatasi kendala-kendala ini diperlukan pendekatan multi-aspek yang melibatkan kolaborasi antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat sipil. Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, plafon digital berbasis AI dapat memainkan peran penting dalam menciptakan kota cerdas yang lebih berkelanjutan, efisien, dan layak huni.

Tren Masa Depan

Tren masa depan dalam penerapan Plafon Digital berbasis AI untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan cukup menjanjikan dan transformatif. Tren ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu yang berbasis manusia dan yang berbasis teknologi (NewMax, 2023).

Untuk yang berbasis manusia terdapat empat jenis tren. Pertama adalah peningkatan keselamatan dan keamanan. Plafon digital berbasis AI akan dilengkapi dengan sensor dan kamera canggih yang dapat mendeteksi potensi bahaya keselamatan, seperti kebakaran, kebocoran gas, atau akses tidak sah. Hal ini akan meningkatkan keselamatan dan keamanan publik di kota cerdas. Yang kedua, pengambilan keputusan berdasarkan data. Sejumlah besar data yang dihasilkan oleh plafon digital akan digunakan untuk menginformasikan pengambilan keputusan di berbagai bidang, seperti perencanaan kota, transportasi, dan kesehatan masyarakat. Hal ini akan mengarah pada kebijakan dan intervensi yang lebih berbasis bukti. Kemudian tren ketiga merupakan peningkatan personalisasi dan pengalaman pengguna. Plafon digital berbasis AI akan menawarkan pengalaman yang dipersonalisasi bagi penghuninya, menyesuaikan pencahayaan, suhu, dan faktor lingkungan lainnya sesuai preferensi individu. Hal ini akan meningkatkan kenyamanan, produktivitas, dan kesejahteraan secara keseluruhan. Terakhir, tren keempat adalah desain yang berpusat pada manusia: Solusi plafon digital masa depan akan memprioritaskan prinsip-prinsip desain yang berpusat pada manusia, memastikan bahwa teknologi memenuhi kebutuhan dan preferensi pengguna. Hal ini akan melibatkan penggabungan umpan balik dan preferensi pengguna ke dalam desain dan pengoperasian sistem plafon digital.

Kemudian tren yang berbasis teknologi terdapat enam bentuk. Pertama, peningkatan integrasi dan interoperabilitas. Plafon digital akan menjadi lebih terintegrasi dengan sistem kota cerdas lainnya, seperti jaringan cerdas, jaringan transportasi, dan infrastruktur keselamatan publik. Hal ini akan memungkinkan pertukaran data dan kolaborasi yang lancar antar sistem yang berbeda, sehingga menghasilkan pengelolaan kota yang lebih efisien dan efektif. Kemudian kedua, algoritma AI dan pembelajaran mesin tingkat lanjut. Penggunaan algoritma AI dan pembelajaran mesin yang canggih akan memungkinkan plafon digital menganalisis sejumlah besar data secara real-time, memberikan wawasan berharga mengenai pola konsumsi energi, tren hunian, dan kondisi lingkungan. Hal ini akan memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik dan optimalisasi sumber daya kota. Tren ketiga adalah pemeliharaan prediktif dan deteksi kesalahan. Algoritma AI akan mampu memprediksi kegagalan peralatan dan mengidentifikasi potensi masalah pemeliharaan sebelum terjadi. Hal ini akan mengurangi waktu henti, meningkatkan efisiensi, dan memperpanjang umur infrastruktur plafon digital. Kemudian tren keempat merupakan optimalisasi energi dan respon permintaan. Plafon digital akan memainkan peran penting dalam mengoptimalkan konsumsi energi di kota cerdas. Dengan menganalisis data real-time dan pola hunian, algoritma AI dapat menyesuaikan sistem pencahayaan, pemanas, dan pendingin untuk meminimalkan pemborosan energi dan mengurangi permintaan puncak. Selanjutnya, tren kelima adalah integrasi sumber energi

terbarukan. Plafon digital akan diintegrasikan dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya dan turbin angin, sehingga memungkinkan pengelolaan pembangkitan dan penyimpanan energi yang lebih baik. Hal ini akan berkontribusi pada sistem energi yang lebih berkelanjutan dan berketahanan. Terakhir, edge computing dan desentralisasi. Penggunaan edge computing akan memungkinkan pemrosesan dan analisis data yang lebih cepat lebih dekat ke sumbernya, mengurangi latensi dan meningkatkan daya tanggap sistem plafon digital. Ini juga akan meningkatkan privasi dan keamanan data.

Kesimpulannya, masa depan batas digital berbasis AI dalam pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan sangatlah cerah. Seiring dengan kemajuan teknologi, kita dapat melihat penerapan teknologi yang lebih inovatif dan transformatif, sehingga menghasilkan kota yang lebih berkelanjutan, efisien, dan layak huni.

KESIMPULAN

Bab ini membahas konsep plafon digital berdasarkan standar IEEE 802.3bt Tipe 4 yang baru. Plafon digital mengacu pada integrasi teknologi AI dengan sistem pencahayaan, sistem pendinginan, sensor, dan perangkat IoT pada gedung untuk menciptakan infrastruktur yang cerdas dan hemat energi di dalam kota cerdas. Bab ini menyoroti manfaat potensial dan aplikasi praktis plafon digital berbasis AI dalam konteks pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan. Dengan memanfaatkan algoritma AI dan teknik pembelajaran mesin, plafon digital dapat mengoptimalkan konsumsi energi, meningkatkan efisiensi operasional, dan memungkinkan proses pengambilan keputusan berbasis data. Lebih lanjut, bab ini membahas bagaimana plafon digital berkontribusi untuk mencapai tujuan keberlanjutan di kota cerdas. Dengan mengontrol pencahayaan, sistem HVAC, dan perangkat lain yang terhubung secara cerdas, plafon digital meminimalkan pemborosan energi dan mengurangi jejak karbon di lingkungan perkotaan. Selain itu, algoritma AI menganalisis data yang dikumpulkan dari sensor dan perangkat untuk mengidentifikasi pola, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan meningkatkan kinerja infrastruktur perkotaan secara keseluruhan. Bab ini menekankan skalabilitas dan kemampuan beradaptasi plafon digital berbasis AI. Dengan kemajuan teknologi AI dan meningkatnya ketersediaan perangkat cerdas, plafon digital dapat diintegrasikan ke dalam bangunan yang sudah ada dan konstruksi baru, menjadikannya solusi yang tepat untuk retrofit dan infrastruktur kota cerdas di masa depan.

Penerapan plafon digital berbasis AI untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan dipicu oleh tiga hal utama. Pertama adanya tren semakin maraknya transisi jaringan distribusi listrik dari arus bolak-balik bertegangan rendah (LVAC – *low voltage alternating current*) menjadi arus searah bertegangan rendah (LVDC – *low voltage direct current*). Manfaat penggunaan LVDC banyak di sisi pertimbangan keselamatan dan kebutuhan peningkatan infrastruktur energi perkotaan. Meski demikian jaringan lama, yaitu LVAC, tetap diterapkan dengan pola sistem hibrid. Disini dijelaskan opsi distribusi jaringan LVAC, LVDC, dan hibrid untuk penyaluran daya yang efisien. Di samping itu semakin banyaknya penerapan LVDC karena dipicu dengan diterbitkannya standar IEEE 802.3bt PoE yang memungkinkan pengendalian daya berarus DC hingga hampir 100 W. Hal ini karena teknologi PoE kini menawarkan beragam aplikasi di luar kontrol akses dasar dan alarm, seperti sistem kontrol akses cerdas.

Kedua, dengan diterapkannya PoE yang berdaya tinggi bisa menumbuhkan penerapan plafon digital berbasis AI. Langkah-langkahnya termasuk mengidentifikasi infrastruktur kota cerdas yang terkena dampak, mengonfigurasi solusi plafon digital, integrasi perangkat lunak, dan penilaian dampak lingkungan.

Ketiga, dengan adanya plafon digital dapat berkembangnya kota cerdas yang berkelanjutan. Hal ini dijelaskan pada implementasi Jakarta Smart City Initiatives yang sudah berjalan, yang fokus pada transformasi digital, tata kelola, dan pemanfaatan teknologi untuk optimalisasi pelayanan publik. Dengan penerapan LVDC maka dapat dikurangi emisi gas rumah kaca. Strategi seperti penerapan energi terbarukan dan penggunaan material lokal dapat mengurangi emisi operasional secara signifikan.

Pentingnya Topik Bahasan

Penerapan Plafon Digital berbasis AI untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan menghadirkan beberapa masalah penting yang perlu diatasi agar implementasi berhasil:

1. **Privasi dan Keamanan Data:** Plafon digital mengumpulkan sejumlah besar data, termasuk informasi sensitif tentang penghuni dan aktivitas mereka. Memastikan privasi dan keamanan data ini sangat penting untuk mencegah akses tidak sah, penyalahgunaan, atau pelanggaran yang dapat merugikan individu atau membahayakan integritas sistem.
2. **Pertimbangan Etis dan Bias:** algoritma AI yang digunakan dalam plafon digital mungkin secara tidak sengaja melanggengkan bias yang ada dalam data yang dilatih. Hal ini dapat mengakibatkan hasil yang diskriminatif, seperti alokasi sumber daya yang tidak setara atau perlakuan tidak adil terhadap kelompok tertentu. Mengatasi bias dan memastikan pengambilan keputusan yang etis dengan sistem AI sangatlah penting.
3. **Interoperabilitas dan Standardisasi:** Kurangnya interoperabilitas dan standardisasi di berbagai vendor dan sistem dapat menghambat integrasi batas digital dengan infrastruktur kota cerdas lainnya. Mengembangkan standar dan protokol umum sangat penting untuk memastikan kompatibilitas dan memungkinkan pertukaran data yang efisien antara berbagai komponen ekosistem kota cerdas.
4. **Biaya dan Aksesibilitas:** Penerapan plafon digital berbasis AI membutuhkan biaya yang mahal, sehingga menyulitkan kota-kota dengan sumber daya terbatas untuk mengadopsi teknologi ini. Memastikan bahwa manfaat plafon digital dapat diakses oleh semua komunitas, terlepas dari status ekonomi mereka, merupakan sebuah pertimbangan penting.
5. **Penerimaan dan Kepercayaan Publik:** Penerapan teknologi bertenaga AI di ruang publik dapat menimbulkan kekhawatiran mengenai pengawasan, privasi data, dan potensi penyalahgunaan informasi. Membangun kepercayaan publik dan memastikan transparansi dalam penggunaan batas digital berbasis AI sangat penting untuk penerimaan dan keberhasilan integrasi ke dalam lingkungan kota cerdas.
6. **Kesenjangan Keterampilan dan Pengembangan Tenaga Kerja:** Penerapan dan pemeliharaan batas atas digital berbasis AI memerlukan keterampilan dan keahlian khusus. Mengatasi kesenjangan keterampilan dan berinvestasi dalam program pengembangan tenaga kerja sangat penting untuk memastikan bahwa kota memiliki talenta yang diperlukan untuk mengelola dan mengoperasikan sistem yang kompleks ini.

secara efektif.

7. Kerangka Peraturan: Pesatnya kemajuan teknologi AI di kota cerdas memerlukan pengembangan kerangka peraturan yang tepat untuk mengatur penggunaannya. Kerangka kerja ini harus mengatasi permasalahan seperti privasi data, pertimbangan etis, dan akuntabilitas dalam pengambilan keputusan yang didorong oleh AI.
8. Dampak Lingkungan: Meskipun plafon digital dapat berkontribusi terhadap tujuan keberlanjutan, produksi dan pembuangan komponen elektronik dapat menimbulkan konsekuensi terhadap lingkungan. Mempertimbangkan dampak penuh dari teknologi plafon digital dan menerapkan praktik berkelanjutan dalam pembuatan dan pembuangannya sangatlah penting.

Mengatasi masalah-masalah kritis ini sangat penting untuk memastikan bahwa penerapan plafon digital berbasis AI berkontribusi terhadap pembangunan kota cerdas yang berkelanjutan, adil, dan inklusif yang bermanfaat bagi semua penduduk.

Rencana Tindak Yang Dapat Kita Lakukan

Untuk mendukung penerapan plafon digital untuk pengembangan kota cerdas yang berkelanjutan, dengan fokus pada transisi dari LVAC ke LVDC, terdapat tiga aspek penting yaitu pengembangan teknologi berkelanjutan, prioritaskan pada efisiensi energi, dan peningkatan partisipasi masyarakat.

Aspek pertama, yaitu pengembangan teknologi berkelanjutan terdapat tiga kerangka tindak lanjut. Pertama, membangun platform data terpadu bagi jaringan distribusi listrik. Di sini perlu diperhatikan integrasi data dari berbagai sumber, termasuk jaringan energi, sistem manajemen gedung, dan jaringan transportasi, ke dalam platform terpusat, dan penggunaan *platform* ini untuk memantau konsumsi energi, mengidentifikasi inefisiensi, dan mengoptimalkan distribusi daya selama transisi LVAC ke LVDC. Kerangka kedua adalah pengembangan kembaran digital (*digital twin*) kota. Ini dilakukan dengan cara membuat replika virtual infrastruktur energi kota, mensimulasikan dampak berbagai skenario penerapan LVDC, dan menggunakan kembaran digital ini untuk menguji dan memvalidasi teknologi baru, mengidentifikasi potensi risiko dan tantangan, serta mengoptimalkan proses transisi. Kemudian kerangka ketiga adalah menerapkan teknologi *smart grid*. Ini dilakukan dengan cara menyebarkan sensor, meteran, dan jaringan komunikasi canggih untuk memungkinkan pemantauan dan kontrol jaringan listrik secara *real-time*, dan menggunakan teknologi ini untuk mengoptimalkan aliran energi, mengelola permintaan puncak, dan mengintegrasikan sumber energi terbarukan dengan lancar selama masa transisi.

Aspek kedua adalah memprioritaskan efisiensi energi. Di sini terdapat dua cara yaitu mendorong penerapan peralatan dan desain bangunan hemat energi untuk mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan, dan menggunakan batasan digital untuk memantau dan menganalisis pola penggunaan energi, mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan, dan mendorong praktik berkelanjutan.

Kemudian aspek terakhir adalah menumbuhkan keterlibatan masyarakat. Kegiatan yang dapat dikembangkan di sini antara lain adalah mengembangkan antarmuka dan alat yang mudah digunakan untuk memberdayakan masyarakat dalam memantau konsumsi energi mereka dan berpartisipasi dalam program respons permintaan, dan menggunakan plafon digital untuk memberikan informasi *real-time* mengenai penggunaan energi dan status jaringan listrik, sehingga mendorong transparansi dan kepercayaan.

Dengan memanfaatkan kekuatan teknologi digital, kita dapat menciptakan infrastruktur energi yang lebih tangguh, efisien, dan berkelanjutan yang mendukung transisi ke LVDC dan berkontribusi terhadap pengembangan kota cerdas secara keseluruhan.

Pertanyaan Diskusi Lebih Lanjut

Di atas telah dirangkum sejumlah poin utama yang dibahas pada bab ini termasuk poin penting dan tindakan yang dapat diterapkan untuk masa depan. Berikut adalah sejumlah pertanyaan untuk memandu diskusi mengenai potensi transisi dari LVAC ke LVDC, yang melibatkan penerimaan masyarakat, tantangan implementasi, dan peran industri:

Pertama, dari sisi penerimaan dan pemahaman masyarakat perlu diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana kita dapat mengkomunikasikan manfaat LVDC secara efektif kepada masyarakat dengan cara yang dapat dimengerti dan relevan dengan kehidupan mereka sehari-hari? (Fokus pada penghematan energi, keselamatan, kompatibilitas peralatan, dll.);
2. Apa kekhawatiran utama atau kesalahpahaman yang mungkin dimiliki masyarakat tentang LVDC? Bagaimana kita dapat mengatasi permasalahan tersebut melalui pendidikan dan penjangkauan? (Masalah keamanan, kompleksitas yang dirasakan, implikasi biaya);
3. Bagaimana kita dapat melibatkan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan terkait penerapan LVDC? Metode apa yang paling efektif untuk mengumpulkan masukan dan umpan balik masyarakat? (Survei, forum komunitas, proyek percontohan).

Kedua, dari sisi tantangan teknis dan Implementasi perlu diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Apa saja hambatan teknis utama yang harus diatasi agar penerapan LVDC dapat dilakukan secara luas? (Standarisasi, stabilitas jaringan, mekanisme perlindungan, aliran daya dua arah);
2. Bagaimana kita dapat memastikan keamanan sistem LVDC bagi konsumen dan pekerja listrik? Standar dan peraturan keselamatan apa yang perlu ditetapkan? (Bahaya arc flash, sengatan listrik, keselamatan peralatan);
3. Apa implikasi biaya dari peralihan ke LVDC? Bagaimana kita dapat membuat transisi ini layak secara ekonomi bagi perusahaan utilitas dan konsumen? (Peningkatan infrastruktur, penggantian peralatan, manfaat biaya jangka panjang)

Ketiga, dari sisi peran dan tanggung jawab industri perlu diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Apa peran industri kelistrikan dalam mengembangkan dan mempromosikan teknologi LVDC? Bagaimana kolaborasi industri dapat mempercepat penerapan LVDC? (Penelitian dan pengembangan, proyek percontohan, transfer teknologi);
2. Bagaimana produsen dapat memastikan kompatibilitas antara peralatan LVDC baru dan infrastruktur LVAC yang ada selama masa transisi? (Adaptor, sistem hybrid, pelabelan dan komunikasi yang jelas);
3. Apa insentif ekonomi bagi industri untuk berinvestasi pada teknologi LVDC? Bagaimana pemerintah dan badan pengawas dapat mendorong partisipasi industri? (Subsidi, insentif

pajak, hibah, mekanisme berbasis pasar)

Terakhir, pertanyaan tambahan untuk diskusi lebih dalam perlu diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana kita dapat menciptakan pendekatan bertahap terhadap penerapan LVDC yang meminimalkan gangguan terhadap infrastruktur yang ada dan memaksimalkan manfaat bagi pengguna awal?
2. Apa dampak lingkungan dari LVDC dalam hal efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon? Bagaimana kita dapat memanfaatkan LVDC untuk mendukung integrasi energi terbarukan?
3. Apa potensi implikasi geopolitik dari peralihan global menuju LVDC? Bagaimana kita bisa memastikan kerja sama dan standardisasi internasional?

SARAN

Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Jakarta, yang baru dibentuk sesuai Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2024, sebaiknya mempertimbangkan penerapan plafon digital berbasis AI sebagai kerangka strategis untuk memandu dan mempercepat pembangunan kota cerdas yang berkelanjutan. Pendekatan ini melibatkan pengintegrasian kecerdasan buatan (AI) dengan pengumpulan data, analisis, dan proses pengambilan keputusan di berbagai sektor perkotaan. Setidaknya terdapat empat rekomendasi yang dapat dikembangkan. Pertama, memprioritaskan pengumpulan dan integrasi data. Berinvestasi dalam mekanisme pengumpulan data yang kuat untuk mengumpulkan informasi real-time mengenai pola lalu lintas, konsumsi energi, kualitas udara, keselamatan publik, dan parameter perkotaan penting lainnya. Integrasikan data ini ke dalam platform terpadu yang dapat diakses oleh lembaga terkait dan pengambil keputusan.

Kedua pengembangan sistem cerdas berkelanjutan. Di sini terdapat tiga pola pengembangan. Pertama membangun Sentra AI Terpadu. Pola ini dilakukan dengan menciptakan Sentra AI Terpadu (*Centralized AI Hub*) di dalam struktur pemerintahan untuk mengoordinasikan dan mengawasi pengembangan dan penerapan solusi berbasis AI. Sentra ini harus berkolaborasi dengan pemangku kepentingan terkait, termasuk penyedia teknologi, lembaga penelitian, dan perwakilan masyarakat. Pola kedua adalah mengembangkan Model Prediktif Berbasis AI: Memanfaatkan algoritma AI untuk menganalisis data historis dan real-time guna mengembangkan model prediktif yang dapat mengantisipasi tren dan tantangan di masa depan. Model-model ini dapat memberikan informasi dalam pengambilan keputusan di berbagai bidang seperti manajemen lalu lintas, alokasi sumber daya, dan tanggap darurat. Kemudian pola ketiga, menerapkan Otomatisasi Cerdas: Dengan memanfaatkan AI untuk mengotomatiskan tugas dan proses rutin, sehingga membebaskan sumber daya manusia untuk aktivitas yang lebih kompleks dan strategis. Hal ini dapat mengarah pada peningkatan efisiensi, pengurangan biaya, dan peningkatan penyampaian layanan.

Kemudian rekomendasi ketiga adalah agar memastikan transparansi dan akuntabilitas. Di sini perlu ditetapkan pedoman yang jelas dan kerangka etika untuk penggunaan AI dalam tata kelola. Memastikan transparansi dalam pengumpulan data dan pengembangan algoritma, serta menyediakan mekanisme pengawasan dan umpan balik publik.

Rekomendasi terakhir adalah menerapkan skema pendanaan untuk mengembangkan kota cerdas yang berkelanjutan berupa Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU – *Public Private Partnership/PPP*): Berkolaborasi dengan sektor badan usaha untuk memanfaatkan keahlian dan sumber daya mereka dalam mengembangkan dan menerapkan solusi berbasis AI. Mendorong inovasi dan kewirausahaan di ranah kota cerdas.

Dengan mengadopsi plafon digital berbasis AI, Pemprov DKI Jakarta dapat mempercepat perjalanannya menuju kota cerdas yang berkelanjutan, meningkatkan kualitas hidup penduduknya, dan memposisikan diri sebagai pemimpin dalam inovasi perkotaan.

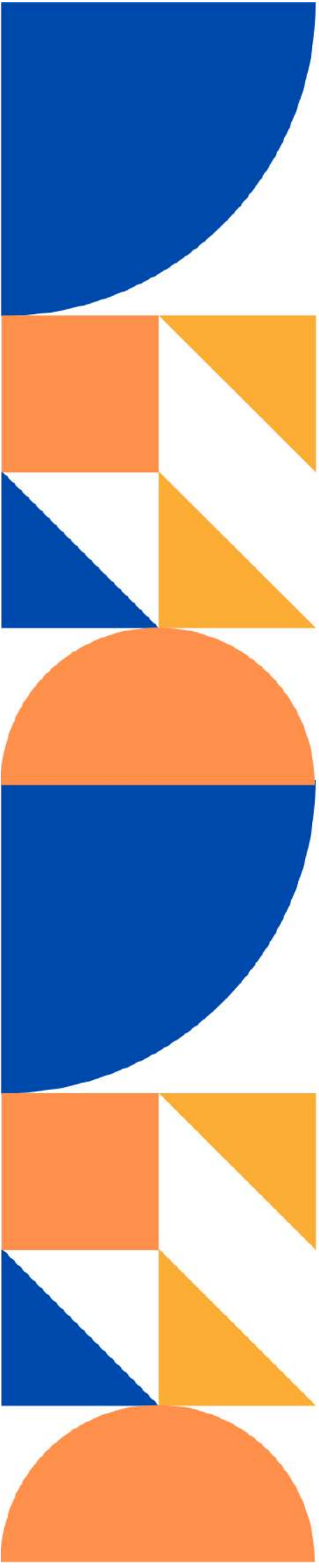
DAFTAR PUSTAKA

- Almatar, K. M. (2023, Mar 1). Towards sustainable green mobility in the future of Saudi Arabia cities: Implication for reducing carbon emissions and increasing renewable energy capacity. *Heliyon*, 9(3). doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13977>
- Anugrah, N. (. (2021, Mar 19). Perkembangan NDC dan Strategi Jangka Panjang Indonesia dalam Pengendalian Perubahan Iklim. Siaran Pers Nomor: SP.084/HUMAS/PP/HMS.3/3/2021. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan PPID / Biro Hubungan Masyarakat. Retrieved May 12, 2024, from <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/5870/%20perkembangan-ndc-dan-strategi->
- Asterfusion. (2022, Sep 22). What is POE Switch? Retrieved Mjay 15, 2024, from Medium: <https://medium.com/@Asterfusion/what-is-poe-switch-aa9e94cab2f6>
- Bais-Moleman, A. L., Sikkema, R., Vis, M., Reumerman, P., Theurl, M. C., & Erb, K. H. (2018, Jan 20). Assessing wood use efficiency and greenhouse gas emissions of wood product cascading in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, 172, pp. 3942-3954. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.153>
- Castillo-Calzadilla, T., Cuesta, M. A., Olivares-Rodriguez, C., Macarulla, A. M., Legarda, J., & Borges, C. E. (2022, Mar). Is it feasible a massive deployment of low voltage direct current microgrids renewable-based? A technical and social sight. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161(1112198). doi:10.1016/j.rser.2022.112198
- Diaz, E. R., Chen, F., Quintero, J. C., Guerrero, J. M., Burgos, R., & Boroyevich, D. (2016). Voltage-Level Selection of Future Two-Level LVdc Distribution Grids. *IEEE Electrification Magazine*, 4(2), pp. 20-28. doi:10.1109/MELE.2016.2543979
- Dwi, A. (2023, Oct 7). Dorong Jakarta Jadi Kota Pintar, Jakarta Smart City Terus Berinovasi. Retrieved May 15, 2024, from Kompas.com: https://megapolitan.kompas.com/read/2023/10/07/13491201/dorong-jakarta-jadi-kota-pintar-jakarta-smart-city-terus-berinovasi?page=all#google_vignette
- Emplus. (2023, Feb). IEEE 802.3bt: Everything you need to know about Power-over-Ethernet. Retrieved from Emplus Technologies, Inc.: https://www.emplustech.com/blog_post_6.html
- Equatorial. (2024, Apr 1). Pemanfaatan bahan bangunan rendah emisi karbon untuk mengurangi pemanasan global. Ekuatorial. Retrieved May 12, 2024, from <https://www.ekuatorial.com/2024/04/pemanfaatan-bahan-bangunan-rendah-emisi-karbon-untuk-mengurangi-pemanasan-global/>
- Graillet, O., G.-C. D., Lucas de Peslouan, P. O., Bernard, F., Alicalapa, F., Lemaitre, L., & Chabriat, J. P. (2024, Mar 6). Optimizing Energy Consumption: A Case Study of LVDC Nanogrid Implementation in Tertiary Buildings on La Réunion Island. *Energies*, 17(5). doi:<https://doi.org/10.3390/en17051247>
- Greer, F., Raftery, P., & Horvath, A. (2024, Mar 11). Considerations for estimating operational greenhouse gas emissions in whole building life-cycle assessments. *Building and Environment*, 254(111383), pp. 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111383>
- Hertwich, E., Ali, S., Ciacchi, L., Fishman, T., Heeren, N., Masanet, E., . . . Wolfram, P. (2019). Material efficiency strategies to reducing greenhouse gas emissions associated with buildings, vehicles, and electronics – A review. *Environmental Research Letters*, 14(4), p. 043004.
- Hirose, K. (2017). LVDC: electricity for the 21st century.. Technology Report. Geneva, Switzerland: IEC.

- Huang, Z., Zhou, H., Miao, Z., Tang, H., Lin, B., & Zhuang, W. (2024). (2024). Life-Cycle Carbon Emissions (LCCE) of Buildings: Implications, Calculations, and Reductions. Engineering. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.08.019>
- Kilbane, K. (2022). Understanding the IEEE 802.3bt PoE Standard. Skyworks Solutions, Inc. Retrieved from www.skyworksinc.com/-/media/SkyWorks/SL/documents/public/white-papers/understanding-the-ieee-8023bt-poe-standard.pdf
- Levine, M., Ürge-Vorsatz, D., Blok, K., Geng, L., Harvey, D., Lang, S., . . . Yoshino, H. (2007). Residential and commercial buildings. In B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave, & L. Meyer, Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 387-446). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. : Cambridge University Press. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg3-chapter6-1.pdf>
- Migas, D. (2022, Nov 14). Tekan Emisi Karbon, Indonesia Naikkan Target E-NDC Jadi 32 Persen. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM. Retrieved May 12, 2024, from <https://migas.esdm.go.id/post/read/tekan-emisi-karbon-indonesia-naikkan-target-e-ndc-jadi-32-persen>
- Migelle. (2020, Dec 16). What Is Power over Ethernet and How to Add PoE to Your Network? Retrieved from FS.com: <https://community.fs.com/article/what-is-power-over-ethernet-and-how-to-add-poe-in-network.html>
- Mikulčić, H., Klemeš, J. J., Vujanović, M., Urbaniec, K., & Duić, N. (2016). Reducing greenhouse gasses emissions by fostering the deployment of alternative raw materials and energy sources in the cleaner cement manufacturing process. Journal of cleaner production. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.145
- NewMax. (2023, May 8). Editors Note: India's Expansion on AI and Machine Learning and Its Potential Impacts and Concerns. Retrieved May 15, 2024, from NewMax India: <https://www.newsmax.in/newsfront/artificial-intelligence-machine-learning-technology-information-technology/2023/05/08/id/965991/>
- Peng, J. L., & Yang, H. (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. Renewable and sustainable energy reviews, 19, pp. 255-274. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.035>
- Primantoro, A. Y. (2023, Maret 23). Kurangi Emisi Karbon dengan Material Konstruksi Hijau. Jakarta: Kompas.id. Retrieved May 12, 2024, from <https://www.kompas.id/baca/humaniora/2023/03/15/kurangi-emisi-karbon-dengan-material-konstruksi-hijau>
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2024, Jan). Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector. Retrieved May 15, 2024, from OurWorldInData.org: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- Röck, M., Saade, M., Balouktsi, M., Rasmussen, F., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., . . . Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings—The hidden challenge for effective climate change mitigation. Applied Energy, 258, p. 114107. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>
- Sabry, A. H. (2021, Aug). Compatibility of household appliances with DC microgrid for PV systems. Heliyon, 7(8), pp. 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07744>
- Satola, D., Röck, M., Houlihan-Wiberg, A., & Gustavsen, A. (2021). Life cycle GHG emissions of residential buildings in humid subtropical and tropical climates: Systematic review and analysis. , 11(1), 6. Buildings, 1, p. 6. doi:<https://dx.doi.org/10.3390/buildings11010006>
- Shen, L. (2019). Power Over Ethernet (PoE) Technical Overview. Center for Energy and

Energy.

Souaid, C., ten Caat, P. N., Meijer, A., & Visscher, H. (2024, Feb 16). Downsizing and the use of timber as embodied carbon reduction strategies for new-build housing: A partial life cycle assessment. *Building and Environment*, p. 111285. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111285>



TEKNOLOGI HAND SENSOR DIHALTE UNTUK EFISIENSI WAKTU TUNGGU PENUMPANG DI HALTE BUS JAKARTA

Ida Deliyarti Agustina*
Universitas Borobudur Jakarta

e-mail: ida_deliyarti@borobudur.ac.id

PENDAHULUAN

Teknologi informasi berbasis Artificial Intelligence (AI) dalam bidang transportasi khususnya sistem pergerakan dengan kinerja angkutan umum, dan seluruh operasionalnya. Sistem Jaringan jalan yang mendukung infrastruktur perkotaan dilengkapi dengan pelayanan angkutan umum. Dalam hal ini pergerakan bus trans Jakarta masih mengalami kendala dalam waktu tunggu (*waiting time*) dihalte bus. Penggunaan AI sangat dibutuhkan untuk mempermudah aktifitas pengguna angkutan umum, terutama Bus Trans Jakarta. Kemudahan yang dimaksud merupakan hasil kerja pintar sensor sentuh tangan yang dinamakan Handsensor, berupa alat yang diletakkan di tiap pintu jalur tiap tujuan bus. Cara kerja alat deteksi ini adalah hasil sensor tangan yang dilakukan calon penumpang akan menjumlah kapasitas calon penumpang yang menunggu di pintu tiap bus. Teknologi sensor ini terhubung dengan operator pintar yang akan menyampaikan pesan pada pengemudi bus jurusan tersebut. Kinerja yang diharapkan dari teknologi AI merupakan pengaturan kedatangan bus jika penumpang sudah menumpuk dihalte, hal ini menyebabkan performa halte makin berkurang. Alat yang digunakan berupa hand sensor yang diletakkan dipintu tiap koridor dihalte, semua penumpang wajib menyentuh dengan telapak tangan pada sensor tersebut agar jumlah calon penumpang terdeteksi oleh hand sensor. Cara kerja hand sensor yaitu menyampaikan pesan kepada operator secara sistematis mengenai jumlah calon penumpang yang ada sedang menunggu dihalte. Banyak atau sedikitnya menyebabkan Tingkat urgensi bagi operator untuk memberi informasi kepada pengemudi bus trans untuk jurusan tersebut. Jika jumlah calon penumpang sudah melampaui ambang batas, maka pengemudi wajib memperkecil *headway*nya, sehingga sampai dihalte secepatnya. Namun karena kecepatan bus Trans sudah dikunci kecepatannya, bus masih dapat melaju dengan kecepatan maksimal yang ditentukan tersebut. Dan bus lain yang sama rutenya diarahkan untuk melaju mempercepat kendaraannya untuk memperkecil *headway*, dan mengangkut kelebihan calon penumpang yang tidak terangkut oleh bus didepan. Demikian skenario perencanaan dari konsep AI oleh hand sensor dihalte Trans Jakarta.



Gambar 1. Headway (jarak antara) Bus dihalte



Gambar 2. Kerapatan Bus di halte



Gambar 3. Kepadatan di halte bus Trans Jakarta

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah handsensor merupakan ide berupa teknologi berbasis Artificial Intelligence (AI) dengan cara kerja pintar, menghubungkan sensor tangan calon penumpang di halte bus untuk mengindikasikan jumlah penumpang yang sedang menunggu kedatangan angkutan bus. Informasi jumlah calon penumpang yang terdeteksi oleh handsensor disampaikan melalui sistem kepada pengemudi bus di tiap rute bus yang dituju, agar pengemudi bus mengantisipasi (bila terjadi lonjakan penumpang) dengan menambah laju kecepatan (tetap dibawah ambang batas kecepatan yang ditetapkan). Atau operator menginformasikan pengemudi lain di jalur rute tersebut untuk menyusul menuju halte yang dimaksud, dan memperkecil headwaynya dengan bus yang ada didepan.

Dalam artikel ini akan dibahas pentingnya penggunaan teknologi handsensor ini untuk menyelesaikan permasalahan waktu tunggu di halte bus, yaitu:

1. Menghindari penumpukan calon penumpang di halte
2. Kinerja halte menjadi lebih kondusif dan sistematis
3. Kinerja angkutan umum lebih optimal

Berbagai cara ditempuh guna meningkatkan kinerja angkutan umum berbasis bus, salah satunya mempersingkat waktu tunggu bus (Waiting Time) di halte. Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), integrasi antarmoda dapat memberi banyak keuntungan bagi pengguna angkutan umum. Dengan integrasi, waktu tunggu dan waktu perpindahan antarmoda dapat dilakukan lebih cepat. Dengan demikian, waktu perjalanan masyarakat dari titik keberangkatan ke titik tujuan juga akan lebih singkat Waktu tunggu bermanfaat sebagai efisiensi waktu, dan itu menjadi dasar pertimbangan penumpang untuk tidak ingin berlama –

lama dihalte dan segera mendapatkan angkutan bus yang dituju.

Waktu tunggu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pelayanan sistem bus, Semakin lama waktu tunggu yang dialami oleh penumpang, maka semakin rendah tingkat kepuasan penumpang (Raden Hudrian Rahmadiensyah (2014). Waktu tunggu adalah waktu diantara kedatangan penumpang di tempat pemberhentian dengan waktu keberangkatan penumpang setiap unit angkutan (Vuchic, 2005). Di negara maju, waktu tunggu rata-rata harus dalam rentang 5 menit hingga 10 menit atau maksimal 10 menit hingga 20 menit (Meakin, 2001). Waktu tunggu dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya adalah headway atau waktu antara (Ceder, 2007). Dapat difahami begitu pentingnya waktu tunggu bus karena menyangkut efisiensi waktu dan kepuasan penumpang terhadap pelayanan angkutan umum. Bus Trans Jakarta sebagai pelopor kendaraan massal yang terintegrasi dengan moda angkutan lain membutuhkan halte dan shelter sebagai tempat menunggu pergantian moda dan pergantian rute. Halte juga merupakan titik simpul yang mendistribusi penumpang ke arah tujuannya. Suasana dan kondisi halte yang padat oleh calon penumpang yang menunggu angkutan bus akan menurunkan kinerja pelayanan halte dan angkutan umum itu sendiri.

Persepsi waktu tunggu penumpang dihalte pernah diteliti oleh Mishalani dan McCord (2006) pada sistem angkutan bus di kota Chicago, menurut mereka waktu tunggu merupakan hasil empiris dan dampak dari informasi waktu kedatangan bus terkadang tidak terjadwal atau bahkan tidak memiliki data apapun tentang calon penumpangnya yang sedang menunggu dihalte. Artinya pada kondisi arus normal, bus akan datang sesuai headway yang sudah ditentukan. Namun pada kondisi arus lalu lintas tinggi, cuaca hujan, *traffic light* yang dilalui, jam sibuk (*peak hour*) pagi dan sore, semuanya akan memperpanjang waktu tunggu penumpang dihalte. Sesungguhnya kebutuhan informasi penumpang yang menunggu dihalte tersebut sangat dibutuhkan pengemudi bus untuk menjemput penumpang dihalte. Informasi tersebut diperoleh dari teknologi berbasis AI yaitu handsensor. Ohmori et al. (2001) membuat penelitian terkait lamanya masa waktu tunggu dan kegiatan yang dilakukan selama menunggu di halte lalu digunakan untuk mengetahui hubungan antara perilaku penumpang dan waktu tunggu yang dialami di Tokyo. Hal ini karena “parahnya” kondisi tersebut, sehingga aspek kepuasan pelayanan angkutan umum, sehingga memunculkan persepsi penumpang terhadap kinerja halte dan angkutan umum.

PEMBAHASAN

Paradigma Transportasi Perkotaan di Kota Jakarta

Konsep Transit Oriented Development (TOD) merupakan paradigma baru perkotaan, yaitu pembangunan berorientasi transit yang mengintegrasikan desain ruang kota untuk menyatukan orang, kegiatan, bangunan, dan ruang publik melalui konektivitas yang mudah serta dekat dengan pelayanan angkutan umum ke seluruh kota (ITDP, 2017). Penggunaan moda angkutan umum menjadi prioritas untuk mobilitas yang paling efisien dan sehat dengan biaya murah dan dampak baik bagi kualitas kesehatan lingkungan.

Rapid public transit yang perannya dijalankan oleh Bus Trans Jakarta, berupa angkutan umum bus berbadan besar, yang menyediakan perjalanan yang cepat dan efisien sepanjang jalurnya, sebagai tulang punggung bagi pilihan angkutan lain yang melayani seluruh kebutuhan transportasi perkotaan di Jakarta. Karena pelayanan angkutan umum harus

disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya (Mazin Abdelmagid, 2023) “*sistem transportasi dilihat dari sudut pandang seutuhnya (ekuitas) dapat dicapai dengan memahami kebutuhan populasi yang rentan, untuk mengurangi kekhawatiran*”. Kebutuhan pengguna pelayanan angkutan umum adalah waktu tunggu tidak lebih dari 20 menit, pergantian moda tidak lebih dari dua kali, dan waktu tempuh tidak lebih dari dua jam, “*Waktu tunggu di pemberhentian rata - rata 5 - 10 menit dan maksimum 10 - 20 menit* (Dishub, 2002). Kegiatan menunggu angkutan umum yang datang merupakan kebutuhan dasar pengguna angkutan umum, dan waktu tunggu lebih dari dua puluh menit akan mengganggu ketahanan pengguna. Pelayanan angkutan umum yang layak (*realible*) menjadi issue penting sebagai indikator kinerja sistem transportasi di kota – kota yang mulai menerapkan konsep Transit Oriented Development (TOD)

Banyak faktor yang mempengaruhi keandalan suatu sistem Bus Rapid Transit, diantaranya adalah biaya, keamanan, kenyamanan dan waktu perjalanan (Skinner et al., 1999). Waktu perjalanan, termasuk waktu tunggu penumpang di stasiun bus (Raden Hudrian Rahmadiensyah, 2014). Waktu Tunggu adalah waktu yang dibutuhkan calon penumpang mulai dari awal menunggu angkutan disuatu titik tunggu, untuk membawanya ketempat tujuan. Waktu tunggu dipengaruhi oleh waktu antara angkutan bus (headway), jumlah angkutan yang tersedia, dan perilaku calon penumpang. Waktu tunggu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pelayanan sistem bus. Semakin lama waktu tunggu yang dialami oleh penumpang, maka semakin rendah tingkat kepuasan penumpang. Tingkat kepuasan masyarakat sebuah kota berbeda pada tiap kota, Hal ini yang menyebabkan tingkat kejenuhan terhadap kinerja halte dan angkutan umum juga berbeda – beda ditiap kota. Kajian ini dilatar belakangi kultur masyarakat urban di Jakarta yang “workaholic”, sehingga lebih mengutamakan efisiensi waktu.

Waktu tunggu yang panjang menimbulkan derajat kejenuhan, harus disiasati dengan metode baru berbasis Teknologi Artificial Intelligence (AI) yang diaplikasikan di gate halte tiap jurusan/koridor dengan menggunakan hand sensor. Aplikasi hand sensor ini terhubung dengan “operator pintar” yang akan menyampaikan pesan kepada bus yang sedang melaju, dan diikuti oleh bus lain dibelakangnya atau angkutan yang masih stay. Hal yang Tengah dibahas adalah headway, yaitu waktu antara bus yang tengah melaju didepan dengan bus dibelakangnya. Informasi yang disampaikan adalah jumlah calon penumpang yang menunggu bus dihalte, Dimana jumlah tersebut didapat dari sensor tangan (hand sensor) calon penumpang yang akan menunggu ditiap gate tiap jurusan. Jumlah ini menggerakkan kecepatan dan jumlah bus diatur sedemikian rupa dengan program yang sistematis sebagai metode pintar dengan kerja pintar Artificial Intelligence (AI).

Waktu akses penumpang dari tempat asal ke tujuan termasuk waktu tunggu penumpang di halte bus dan waktu perjalanan ke dan dari stasiun atau waktu berhenti (Salek dan Machemehl, 1999). Waktu tunggu penumpang dapat diartikan sebagai fungsi dari waktu antara (headway) dan keandalan (Ceder, 2007).

Handsensornya ini bekerja dengan sistem sentuhan (touch) telapak tangan menggunakan alat sensor RFID (Radio Frequency Identification), Sensor RFID (Radio Frequency Identification) sebagai media sensor yang dapat mengidentifikasi sentuhan telapak tangan dan melakukan proses pembacaan terhadap sentuhan telapak tangan calon penumpang. Touch sensor dilakukan untuk mengetahui kondisi dan nilai tegangan pada touch sensor saat disentuh dan tidak disentuh. Pada saat touch sensor disentuh oleh jari maka touch sensor akan

mendeteksi sebuah aliran listrik. Sehingga data akan berlogika 1 (*high*). Sedangkan jika touch sensor tidak disentuh maka akan berlogika 0 (*low*) karena tidak ada aliran listrik. Uji sensor ini terkonfirmasi dengan tangkapan layer diLCD, bahwa telah mendeteksi sensor telapak tangan dan dan mengakumulasi jumlah telapak tangan yang telah terdeteksi keseluruhannya selama satu periode waktu tertentu.

Tantangan dan Potensi Hambatan Teknologi Handsensor

Setiap tantangan permasalahan akan berpotensi menjadi hambatan, dan sumber dari tantangan permasalahan adalah kerentanan (Nelson, 2007). Orang – orang sibuk di kota memiliki kerentanan pada penggunaan angkutan umum berbasis bus, yaitu penggunaan waktu yang efektif. Jika waktu terbuang lama dihalte saat menunggu angkutan, inilah Waktu tunggu penumpang merupakan salah satu variabel penting untuk menentukan kualitas dari pelayanan sistem bus (Raden Hudrian Rahmadiensyah, 2014). Setiap teknologi memiliki hambatan dalam pelaksanaannya, Hambatan yang mungkin dapat terjadi:

1. Kalibrasi alat
2. Keengganan calon penumpang melakukan handsensor
3. Jumlah armada bus yang tidak mendukung jumlah penumpang

Kalibrasi alat berguna untuk menjaga akurasi alat sehingga hasil kerjanya tetap stabil dan akurat. Kendala yang dihadapi antara lain: kurangnya sumber daya manusia (SDM) yang dapat menangani teknologi handsensor tersebut. Kecukupan alat handsensor juga menjadi hambatan paling krusial saat model tersebut diberlakukan. maka uji kompetensi dan uji kalibrasi harus terus dievaluasi secara periodik oleh tenaga – tenaga ahli yang berkompeten dibidang teknologi tersebut.

Keengganan calon penumpang melakukan handsensor merupakan bagian dari perilaku, yang mana pola ini bagian dari kebiasaan (*habbit*) yang sulit menerima pola baru dalam perilakunya. Demikian juga penumpang yang enggan melakukan *handsensor* secara tidak langsung memutus rantai Upaya penguatan teknologi sebagai inovasi pengembangan AI, khususnya dalam bidang sistem transportasi. Peristiwa Covid 19 beberapa tahun yang lalu mengingatkan kita bahwa sentuhan dapat berpotensi penularan virus penyakit tersebut, maka sangat dapat dimaklumi mengapa orang – orang enggan melakukan touching pada handsensor. Sehingga perlu disiasati dengan menyediakan handclean di spot handsensor tersebut. Tetapi perlu dikembangkan juga oleh tenaga ahli Informatika dimasa – masa mendatang tentang metode sensor tangan tanpa sentuhan, cukup mendekatkan telapak tangan beberapa centimeter saja dari layar sensor namun menghasilkan dateksi yang akurat. Hal ini mungkin dapat lebih menenangkan penumpang dalam menggunakan handsensor tersebut.

Kendala penyediaan jumlah armada menyesuaikan situasi dan kondisi kebutuhan permintaan (*demand*) penumpang angkutan umum merupakan “pekerjaan rumah” dari pemerintahan Kota Jakarta. Hal ini merupakan fasilitas yang harus disediakan pemerintah kota, agar kelancaran perjalanan angkutan umum lancar tanpa kendala, memperkecil jarak *headway* sehingga waktu tunggu lebih ringkas, dan dapat mendistribusikan penumpang pada rute-rute yang tidak terlayani selama ini. Jumlah armada bus juga mempengaruhi pelayanan angkutan umum kepada penumpang. Ini terkait dengan kapasitas bus dengan tingkat kepadatan penumpang yang tinggi.

Untuk mengatasi hambatan dan kendala tersebut diatas perlu dilakukan beberapa Langkah antara lain:

1. Pelatihan SDM sebagai tenaga ahli dibidang teknologi AI handsensor. 2. Kalibrasi mesin handsensor secara berkala.
2. Pemerintah Kota Jakarta segera membenahi fasilitas dan jumlah armada untuk rute-rute perjalanan yang padat.
3. Perlu dilakukan penelitian dan pengamatan lanjutan dari pihak Pemerintah Kota Jakarta, terkait analisis kebutuhan armada dan manajemen rute yang potensial dan efektif.

Trend Masa Depan di Bidang Transportasi

Trend masa depan dibidang transportasi sebagai issue yang sangat krusial dan erat kaitannya dengan aktivitas didalam aktivitas perkotaan adalah makin familiarnya penggunaan angkutan umum bus, yang terintegrasi dengan moda angkutan umum lain seperti kereta api, LRT, MRT, jalur pejalan kaki dan sepeda. Kecenderungan ini tidak terlepas dari semakin baiknya kondisi moda transportasi di Kota Jakarta. Kondisi dan keandalan (*reability*) bus dan moda lain turut mendukung semakin trend integrasi angkutan umum ini. Transportasi merupakan paradigma perkotaan yang saling mendukung dengan sistem transportasi.

Pertumbuhan penduduk dan tingginya jumlah tempat bekerja disuatu tempat mempengaruhi pergerakan kendaraan umum dan pribadi, hal ini menjadi salah satu penyebab tinggi pula mobilitas tarikan dan bangkitan lalu lintas (Tamin, 2008) dari dan ke Kota Jakarta. Kepadatan penduduk dan fungsi lahan yang beragam menyebabkan angka perjalanan semakin tinggi pula. Dengan demikian trend penggunaan angkutan umum semakin populer dimasa depan, karena beberapa keunggulan, yaitu mengurangi penggunaan kendaraan pribadi sehingga memperkecil angka kemacetan kota, menurunkan Tingkat polusi dari emisi bahan bakar kendaraan sehingga meningkatkan kualitas Kesehatan warga kota, penghematan bahan bakar, dan mengurangi kesemrawutan kota.

Handsensor Membutuhkan Teknologi Inovasi di Masa Depan

Sebagaimana trend penggunaan angkutan umum terintegrasi dengan moda lain didalam wilayah Kota Jakarta. Dan potensi kepadatan penduduk yang kian tinggi karena urbanisasi menjadikan paradigma Kota Jakarta sebagai kota padat dan macet. Maka teknologi mengambil peran dalam pengelolaan sistem transportasi untuk mempermudah kesemrawutan dan memperbaiki kondisi yang ada. Kemudahan waktu tunggu berpeluang pada efektifitas waktu, sehingga segala metode yang dapat menyelesaikan permasalahan waktu tunggu dihalte bus akan memperbaiki sistem transportasi. Termasuk metode handsensor yang tengah menjadi topik bahasan dalam bab ini.

Handsensor merupakan teknologi berbasis AI yang turut mengambil peran dalam dinamika transportasi di Kota Jakarta. Teknologi ini bertujuan membantu warga kota Jakarta lebih efisien dalam waktu tunggu. Sensor sentuh merupakan sensor elektronik yang bisa mendeteksi adanya sentuhan. Teknologi sensor ini bertujuan mendeteksi sentuhan telapak tangan atau jari (*stylus*) pada layar kapasitif. Proses kerja sensor dimulai dengan deteksi parameter sentuhan. Perubahan yang terdeteksi oleh sensor kemudian diubah menjadi sinyal listrik melalui komponen transduser. Sinyal listrik ini biasanya lemah dan perlu diperkuat oleh amplifier sebelum dapat dianalisis lebih lanjut. Setelah penguatan, sinyal sering kali

mengalami kondisioning untuk meningkatkan kualitas atau menghilangkan gangguan. Ketika jari menyentuh layar, maka akan terjadi perubahan medan listrik pada layar sentuh tersebut dan direspon oleh prosesor untuk membaca pergerakan jari tangan tersebut.

Aplikasi sensor menghasilkan sinyal analog yang dihasilkan dan dikonversi menjadi data digital menggunakan konverter *Analog-to-Digital* (ADC). Data digital diproses oleh sistem kontrol atau komputer untuk menghasilkan informasi yang berguna atau mengendalikan perangkat lain. Hasil akhir dari pemrosesan data sensor dapat ditampilkan kepada pengguna atau digunakan untuk mengotomatiskan tindakan tertentu, seperti mengaktifkan kondisi lingkungan secara real-time, termasuk counting quantity. sehingga menimbulkan aliran listrik pada titik koordinat tertentu pada layar tersebut dan memberikan signal ke prosesor untuk melakukan proses selanjutnya. Adanya perubahan berupa gelombang yang dipancarkan disebabkan oleh sentuhan ini. Perubahan gelombang ultrasonik yang sudah terjadi akan diterima oleh receiver dan diterjemahkan langsung dalam bentuk pulsa listrik. Kemudian informasi sentuhan ini akan mengalami perubahan menjadi suatu data yang akan diteruskan ke controller untuk diproses lebih lanjut (Elga Aris Prastyo, Arduino Indonesia, 2024)

Ini berguna merubah data sensor menjadi jumlah (quantity) pengguna dan menghasilkan standar indikator jumlah calon penumpang yang terdata. Ada indikator jumlah penumpang yang menunggu dihalte, yang memerlukan tindakan penjemputan dengan skala tindakan : segera ditindak lanjuti (dijemput segera) atau masih bisa menunggu, maka driver bus akan berjalan sesuai kecepatan yang telah ditentukan.,



Gambar 4. Teknologi Hansensor



Gambar 5. Sistem kerja Hand sensor

Perbedaan sensor ini dengan konter sensor, konter sensor menggunakan Proximity sensor yaitu sensor ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek di dekatnya. Perangkat ini sering digunakan dalam teknologi otomotif, elektronik konsumen, dan peralatan industri. *Proximity sensor yang dimiliki konter sensor* atau akrab disebut dengan sensor jarak merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi objek tanpa adanya sentuhan langsung. Sensor jarak ini hanya mengandalkan informasi gerakan atau medan elektromagnetik dari objek yang bisa dijadikan sinyal Listrik. sementara handsensor menggunakan metode sentuh (touch) dan banyak dipergunakan untuk bidang – bidang permukaan yang kecil (Misel).

Perbedaan Handsensor dengan Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) terletak pada metode sensornya. Sensor LDR adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Modul sensor cahaya bekerja menghasilkan output yang mendeteksi nilai intensitas cahaya. Perangkat ini sangat cocok digunakan untuk project yang berhubungan dengan cahaya seperti nyala mati lampu (Elga Aris Prastyo, Arduino Indonesia, 2024). Sedangkan handsensor menggunakan metode sentuh (touch) dan banyak dipergunakan untuk bidang – bidang permukaan yang kecil (Misel) Modul sentuhan tangan menghasilkan output yang mendeteksi sentuhan tangan atau jari.

Namun teknologi handsensor ini dapat saja tergerus oleh zaman yang semakin berkembang, jika teknologinya tidak “update” terhadap teknologi dimasa depan. Seperti halnya touch sensor telapak tangan dapat diinovasi dengan tanpa sentuhan yang banyak membuat keraguan orang – orang. Berbagai penyakit dapat tertular melalui sentuhan pada media yang banyak digunakan orang, seperti halnya handle pintu bangunan dan ruang public, begitu juga dengan handsensor yang banyak disentuh tangan orang dihalte. Teknologi akan sangat mendukung handsensor, bahkan akan semakin baik dengan sentuhan inovasi.

KESIMPULAN

Sistem transportasi berkelanjutan merupakan paradigma baru yang dikembangkan dalam kawasan perkotaan. Berbagai permasalahan dapat diselesaikan terhadap sistem transportasi yang terarah dan sistematis. Sistem pergerakan merupakan salah satu sistem mikro dari Sistem transportasi. yang berelaborasi menjadi sistem yang terarah berbasis teknologi Artificial Intelligence (AI). Teknologi Artificial Intelligence (AI) merupakan teknologi kecerdasan buatan untuk membantu aktifitas manusia dalam seluruh aktifitasnya. Kota Jakarta membutuhkan teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam menerapkan smart city dibidang transportasi, dimana penerapan sistem pergerakannya dipengaruhi oleh kinerja pelayanan angkutan umum, dan waktu tunggu adalah salah satu elemennya. Waktu tunggu bus dihalte yang efektif akan menghemat efisiensi waktu bagi calon penumpang. Semakin lama waktu tunggu akan mengurangi efektifitas waktu calon penumpang. AI menawarkan teknologi kecerdasan untuk mengatasi waktu tunggu (Waiting Time) yang panjang dihalte bus Transjakarta. Keuntungan dari penerapan teknologi ini akan memberi manfaat bagi pelayanan angkutan umum kepada warga Jakarta. Lamanya waktu kedatangan bus akan berdampak pada semakin lamanya waktu tunggu yang akan dialami penumpang. Sehingga waktu antara (headway) bus berperan mengatur kecepatannya untuk menjemput calon penumpang. Gagasan ini bertujuan untuk efisiensi waktu tunggu dihalte dan meningkatkan kinerja angkutan umum. Teknologi yang diharapkan melalui Artificial Intelligence yaitu menerapkan teknologi sensor sentuhan tangan (hand sensor) yang diletakkan pada semua gate koridor bus dalam setiap halte, sehingga diperoleh angka pasti jumlah calon penumpang yang menunggu di setiap jalur bus. Kemanfaatan yang diperoleh dari hand sensor ini adalah memperkecil headway bus di setiap rute, sehingga calon penumpang tidak menunggu terlalu lama dihalte. Hand Sensor akan terhubung dengan waktu kedatangan bus dihalte. Kepintaran yang diharapkan berupa informasi yang menghubungkan hand sensor dengan waktu antara bus (headway) dan kecepatan yang ideal untuk mempercepat laju kendaraan, memperkecil headway, agar penumpang dapat terlayani dan tidak menumpuk dihalte. Seluruh sistem yang dibuat tersebut merupakan kerja pintar teknologi informasi berbasis komputasi yang mengatur kinerja angkutan bus secara sistematis dan berkelanjutan

1. Penggunaan teknologi handsensor berbasis AI perlu diterapkan dan dikembangkan dalam sistem transportasi, guna mempermudah jalannya sistem transportasi yang bermanfaat bagi masyarakat umum.
2. Teknologi handsensor berbasis AI penting dan urgen diterapkan dihalte – halte bus untuk efisiensi waktu calon penumpang, dimana waktu sangat berharga terutama bagi pekerja dan tenaga profesional.
3. Teknologi harus didukung oleh sumber daya manusia yang kompeten dibidang teknologi sensor, untuk itu pendidikan dan pelatihan SDM harus dilakukan oleh pemerintah Kota

Jakarta

4. Penyediaan sarana angkutan umum bus rapid transit (BRT), dalam hal ini Trans Jakarta harus disediakan untuk memfasilitasi jumlah perjalanan warga Kota Jakarta yang semakin tinggi, disebabkan angka pertumbuhan penduduk yang melonjak dari tahun ke tahun.
5. Perilaku warga kota juga mendukung partisipasi terhadap kemajuan teknologi dalam sistem transportasi di Kota Jakarta khususnya, dengan adanya teknologi handsensor berbasis AI, sebagai kemudahan perjalanan menggunakan angkutan umum Bus Trans Jakarta.
6. Dalam konteks perkotaan, teknologi handsensor berbasis AI mengambil peran penting untuk mempermudah mobilisasi antar moda, menjaga efisiensi waktu tunggu, dan mempersingkat waktu perjalanan (Travel Time)

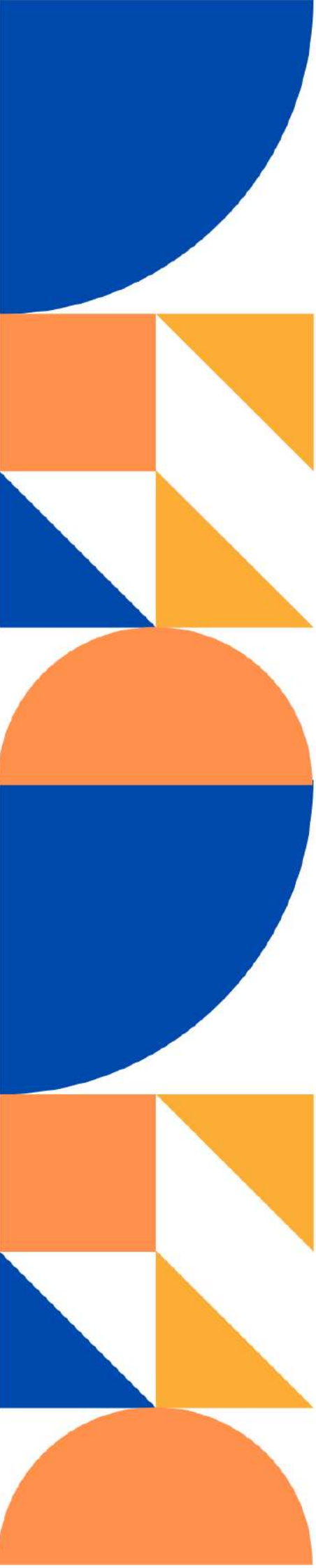
SARAN

Penggunaan teknologi Handsensor berbasis AI begitu urgen untuk mengantisipasi penumpukan penumpang di halte – halte di Kota Jakarta terutama pada jam – jam sibuk (peak hour pagi dan sore. Untuk itu diharapkan partisipasi Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk menyediakan unit Handsensor, dan memfasilitasi pengadaannya, baik perangkat, sistem, dan sumber daya manusia (SDM).

Melakukan analisis terkait kebutuhan armada bus pada rute – rute padat sesuai kebutuhan distribusi pengguna angkutan umum, kemudian menyediakan armada bus sesuai analisis dan kebutuhan pengguna angkutan umum agar legalitas aturan ini jelas dan tegas untuk diterapkan, maka Pemerintah Provinsi DKI Jakarta menjadikan ketetapan penggunaan handsensor ini menjadi bagian dari kebijakan, agar payung hukumnya lebih kuat dan dipatuhi oleh seluruh masyarakat Kota Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Ceder, 2007) Public Transit Planning and Operation Theory, modelling and practice. Civil and Environmental Faculty, Transportation Research Institute, Technion –Israel Institute of Technology, Haifa.
- Donald R. Nelson, , 2007, Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework, *Journal Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 32:395-419 (Volume publication date 21 November)
- Fachri Muhamad dkk, Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah menggunakan Sensor Rfid (Radio Frequency Identification) Dantouch Sensor Berbasis Arduino Uno *Jurnal Ilmiah Teknik (JUIT)*. Vol 1 No. 3 September 2022 | P-ISSN: 2828-6936 E-ISSN: 2828-6901, Page 75-83
- Mazin Abdelmagid, 2023. Mazin Abdelmagid et al, “Transportation system performance capabilities for vulnerable populations”, *Journal International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 96, 1 October 2023
- McCord, M.M. dan Mishalani, R. G. 2006, Passenger Wait Time Perceptions at Bus Stop: Empirical Result and Impact on Evaluating Real-Time Bus Arrival Information. *Journal of Public Transportation*, vol. 9, no.2
- Ohmori, N., Hirano, T., Harata, N., dan Ohta, K. 2001, Passenger’s Waiting Behavior at Bus Stop. The University of Tokyo, Tokyo
- S Raden Hudrian Rahmadiensyah, 2014. Waktu Tunggu Penumpang Bus Trans Metro Bandung, The 17th FSTPT International Symposium, Jember University, 22-24 August 2014
- Skinner et al., 1999). Zhang J. 2022b. Porcine deltacoronavirus: Overview of infection dynamics, diagnostic methods, prevalence and genetic evolution. *Virus Res* 226:71-84.
- Salek, M. dan Machemehl, R. B. 1997, Characterizing Bus Transit Passenger Waiting Time. Center for Transportation Research University of Texas, Austin
- Vuchic, V. R. 2005, Urban Transit: Operations, Planning, and Economics. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- Book with institutional author*
- Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), 3rd ed. New York: ITDP, 2017. www.itdp.org
- Ofyar Z. Tamin. 2008. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Edisi Kedua. Penerbit ITB Jl. Ganesa 10 Bandung, Telp/Fax. (022) 2504257 e-mail: itbpress@bdg.centrin.net.id. ISBN 979-9299-10-1
- Elga Aris Prastyo, Arduino Indonesia, 2024, Pengertian dan Penjelasan tentang Sensor Sentuh (Touch Sensor)



MODEL PREDIKSI TINGKAT KEAUSAN KOMPONEN MOBIL BUS DAN TRUK MENGUNAKAN *MACHINE LEARNING*

Ilvico Sonata^{1*}, Cuk Tho²
^{1,2} Binus University Jakarta

e-mail: ilvico@binus.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini mendorong Industri transportasi untuk melakukan banyak perubahan, khususnya untuk meningkatkan tingkat kenyamanan pengguna kendaraan. Hal yang sering terjadi adalah kendaraan berhenti di tengah jalan sehingga dapat mengakibatkan kemacetan yang panjang terutama apabila dialami oleh bus atau truk. Ada banyak faktor terkait kendaraan yang mogok ataupun berhenti di tengah jalan diantaranya adalah komponen kendaraan yang mungkin saja tidak dalam kondisi baik, ataupun kondisi jalan yang mengakibatkan kendaraan harus berhenti.

Perawatan terhadap komponen kendaraan menjadi hal yang penting agar kendaraan selalu dalam kondisi prima. Kendaraan yang digunakan sebagai pengangkut seperti bus maupun truk tentunya mempunyai jenis perawatan yang berbeda dengan mobil dan sejenisnya. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Nowaczyk, dkk (2013), menyatakan bahwa saat ini perusahaan produsen kendaraan bermotor semakin tertarik untuk melakukan prediksi terhadap siklus perawatan dari kendaraan yang diproduksi. Salah satu yang menjadi perhatian dalam perawatan kendaraan adalah keausan komponen kendaraan. Apabila dapat dilakukan prediksi kapan sebuah komponen kendaraan perlu dilakukan perawatan, maka tentunya akan menambah umur kendaraan tersebut. Untuk kendaraan umum tentunya hal ini sangat penting baik bagi pemilik atau operator kendaraan, pengguna maupun pihak regulator yang memberikan ijin sebuah kendaraan dapat beroperasi.

Beberapa contoh model disampaikan oleh Theissler, dkk (2021) terkait dengan *maintenance predictive*. Namun demikian, untuk mengetahui kapan sebuah kendaraan khususnya bus dan truk sudah mengalami keausan tidaklah mudah. Walaupun saat ini sudah dilakukan uji berkala kendaraan bermotor / KIR untuk menentukan kelayakan sebuah kendaraan, namun uji berkala kendaraan bermotor tersebut tidak dapat memprediksi tingkat keausan kendaraan. Untuk memprediksi keausan secara manual sulit dilakukan mengingat jumlah bus dan truk yang banyak. Beberapa data yang dibutuhkan untuk memprediksi diantaranya adalah perjalanan yang dilakukan oleh bus maupun truk, kondisi jalan yang dilalui, beban muatan, usia kendaraan, serta tingkat kemacetan jalan. Data tersebut dapat diperoleh melalui laporan perjalanan bus atau truk dari pihak operator ke pihak regulator. Tambahan data bisa juga didapatkan dari laporan faktual baik dari berita maupun situs resmi penyelenggara jalan raya.

Berdasarkan data yang ada tersebut, maka akan dibuatkan model prediksi untuk mengetahui tingkat keausan komponen kendaraan. Hal ini tentunya akan membantu pemilik kendaraan dalam hal ini bus dan truk untuk dapat melakukan perawatan ataupun penggantian komponen dengan waktu yang tepat sehingga dapat mengurangi potensi kendaraan mogok yang pada akhirnya menyebabkan kemacetan dan kecelakaan lainnya.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah salah satu penelitian yang dilakukan terkait keausan mesin dilakukan oleh Tessaro, dkk (2020) melakukan prediksi terhadap perawatan komponen mesin. Namun demikian data yang digunakan merupakan data hasil simulasi dan bukan merupakan data sebenarnya. Selain itu data yang digunakan hanya berdasarkan data dari komponen mesin saja tanpa memperhitungkan data eksternal lain.

Penelitian untuk memprediksi tingkat keausan dan kerusakan mesin truk juga dilakukan oleh Christy (2022). Christy (2022) dalam penelitiannya melakukan analisa terhadap kandungan oli yang telah dipakai oleh truk untuk memprediksi tingkat keausan mesin truk. Dalam penelitiannya Christy (2022) menemukan bahwa terdapat korelasi antara kandungan yang terdapat dalam oli dengan kerusakan komponen yang terdapat di dalam mesin seperti *rod bearing*, *gear bearing*, *rocker arm bushing* dll. Hasil penelitian ini sangat sulit diimplementasikan secara praktis karena memerlukan uji laboratorium terhadap *sample* oli yang telah digunakan untuk menentukan tingkat keausan mesin.

Penggunaan *artificial intelligence* untuk memprediksi tingkat keausan dan kerusakan mesin telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Peneliti tersebut antara lain dilakukan oleh Mohanty, dkk (2020). Dalam penelitiannya mereka melakukan analisa prediksi tingkat kerusakan mesin berdasarkan partikel yang terdapat pada mesin. Proses prediksi ini dilakukan dengan menggunakan *artificial neural network* (ANN) berdasarkan gambar yang diambil pada mesin. Implementasi dari metode ini tidak praktis karena diperlukan proses pengambilan gambar terhadap komponen mesin yang akan dianalisis tingkat keausannya. Penggunaan ANN dalam memprediksi keausan dan kerusakan mesin juga telah dilakukan oleh Liu, dkk (2020). Mereka memprediksi tingkat keausan dari mesin berdasarkan perubahan posisi dari silinder mesin. Penerapan metode ini juga sangat sulit karena diperlukan pemasangan sensor untuk memonitor posisi silinder pada blok mesin.

Penggunaan faktor eksternal dalam memprediksi keausan dan kerusakan mesin truk telah dilakukan oleh Lagerblad, dkk (2021). Mereka menggunakan faktor eksternal seperti jumlah muatan yang diangkut, kecepatan dan laju kendaraan serta kondisi jalan. Solusi yang diberikan berupa perhitungan secara matematika yang rumit dengan berbagai syarat dan keterbatasan yang harus dipenuhi seperti pemasangan berbagai posisi sensor yang harus dipenuhi untuk mengukur tingkat guncangan dari kendaraan. Pengukuran yang dilakukan sensor dapat mengalami kesalahan karena adanya gangguan terhadap sensor seperti gangguan dari getaran mesin dan *noise* dari kendaraan sekitarnya.

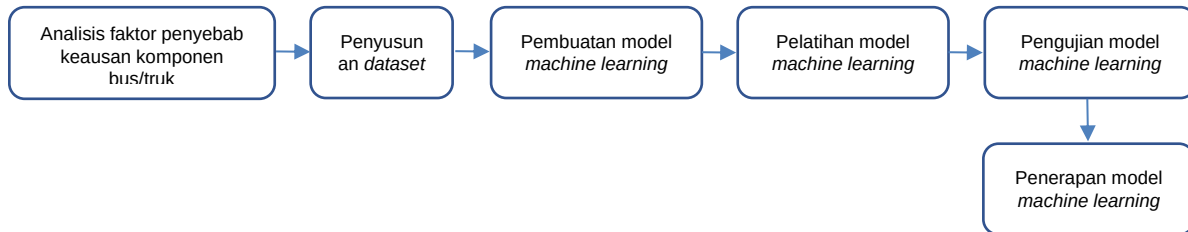
Model yang diusulkan pada tulisan ini adalah model prediksi keausan komponen yang dikhususkan pada kendaraan bus dan truk yang memperhitungkan variabel eksternal seperti kondisi jalan dan tingkat kemacetan sebagai tambahan atas data internal komponen mobil tersebut. Model prediksi ini akan menggunakan model *machine learning*. Model *machine learning* ini didapat dari proses pelatihan menggunakan *dataset* untuk memprediksi tingkat keausan komponen bus dan truk. Model yang dihasilkan dapat diimplementasikan dengan mudah tanpa harus dilakukan pengukuran dan tindakan teknis lainnya seperti pemasangan sensor dan pengambilan gambar dalam memprediksi tingkat keausan komponen mobil bus dan truk.

Pada bab selanjutnya akan dilakukan pembahasan terkait kerangka kerja dalam membuat model *machine learning*, persiapan *dataset* yang diperlukan dan model yang diusulkan serta kesimpulan dan rekomendasi kebijakan.

PEMBAHASAN

Kerangka Kerja

Gambar 1 memperlihatkan kerangka kerja dari model *machine learning* untuk memprediksi tingkat keausan mesin bus atau truk.



Gambar 1. Kerangka kerja.

Tahap pertama adalah analisa faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya keausan komponen mesin bus dan truk. Seperti dikutip dari Thiruvengadam (2014), pada umumnya kendaraan untuk penggunaan kendaraan berat seperti truk dan bus menggunakan mesin diesel. Faktor-faktor eksternal yang menyebabkan terjadinya keausan untuk mesin diesel antara lain adalah tingkat kemacetan jalan raya. Seperti dikutip dari Kesuma, dkk (2019), beberapa komponen mobil dari kendaraan berat dapat mengalami keausan lebih cepat bila kendaraan sering mengalami kondisi kemacetan lalu lintas. Komponen mesin tersebut antara lain ban, sistem transmisi, sistem pengereman, bantalan roda dan baterai aki. Tingkat kemacetan lalu lintas dapat dikategorikan dalam persentase dimana 0% dinyatakan sebagai kondisi tidak terjadi kemacetan dan 100% dinyatakan sebagai kondisi terjadi kemacetan sangat parah sampai tidak bergerak.

Selain tingkat kemacetan jalan raya, faktor eksternal yang mempengaruhi tingkat keausan yang lebih cepat bagi kendaraan berat adalah tingkat kerusakan jalan raya dan muatan berlebih (Kesuma, dkk. 2020). Tingkat kerusakan jalan raya dapat dibagi menjadi lima bagian yaitu sangat baik, baik, sedang, jelek, dan sangat jelek. Kondisi ini akan menyebabkan kerusakan pada komponen kendaraan seperti ban, sistem transmisi, dan per daun. Terakhir, faktor usia juga menjadi faktor yang mempengaruhi tingkat keausan komponen mesin mobil. Faktor usia dapat ditunjukkan melalui usia kendaraan dan pencapaian jarak tempuh kendaraan.

Setelah diketahui faktor apa saja yang mempengaruhi keausan komponen mesin kendaraan berat seperti bus dan truk, selanjutnya dibentuk suatu *dataset* yang berisi data-data penyebab kerusakan. *Dataset* ini akan digunakan untuk melatih model *machine learning*. Pembuatan model *machine learning* dilakukan melalui proses iterasi pelatihan menggunakan *dataset* yang telah dipersiapkan sampai didapat tingkat akurasi yang terbaik dari beberapa model *machine learning* seperti *Random Forest*, *Support Vector Machine (SVM)*, *XGBoost* dan *Naive Bayes*. Model prediksi yang dihasilkan dari proses pelatihan *machine learning* ini kemudian diuji akurasi sebelum diterapkan untuk memprediksi tingkat keausan komponen mobil bus dan truk.

Dataset

Dataset berguna untuk melatih model *machine learning* yang akan digunakan untuk memprediksi tingkat keausan komponen mobil bus dan truk. Untuk itu *dataset* yang digunakan harus berisi data-data penyebab keausan sehingga dapat melatih model *machine learning* dengan akurat. Dari pembahasan di atas terlihat bahwa penyebab keausan dipengaruhi oleh faktor kemacetan lalu lintas, tingkat kerusakan jalan, dan muatan berlebih. Faktor usia kendaraan dan jarak tempuh yang telah dicapai turut mempengaruhi tingkat keausan komponen mesin mobil.

Dari sisi komponen mobil yang paling banyak mengalami keausan seperti telah dijelaskan diatas adalah ban, sistem transmisi, sistem pengereman, bantalan roda, dan sistem per daun. *Dataset* dibuat dalam bentuk tabular seperti terlihat pada Tabel 1. *Dataset* tabular secara teknis sangat mudah untuk digunakan sebagai data pelatihan model *machine learning* (Truda, 2023).

Tabel 1. *Dataset* tabular.

Faktor Penyebab Keausan Komponen Mobil Bus / Truk				Tingkat Keausan Komponen Mobil Bus / Truk				
Tingkat kemacetan	Tingkat kerusakan jalan	Muatan berlebih	Jarak tempuh (KM)	Ban	Sistem Transmisi	Sistem Pengereman	Bantalan Roda	Sistem Per Daun
0-30%	Sangat baik	Tidak	0-10.000	10%	10%	10%	10%	10%
30-60%	Baik	Tidak	10.000-20.000	20%	20%	20%	20%	20%
60-100%	Sedang	Tidak	20.000-30.000	30%	30%	60%	30%	30%
0-30%	Jelek	Tidak	30.000-40.000	40%	40%	70%	50%	40%
30-60%	Sangat jelek	Tidak	40.000-50.000	50%	60%	90%	70%	60%
60-100%	Sedang	Tidak	50.000-60.000	60%	70%	100% (Ganti)	80%	80%
0-30%	Sangat jelek	Tidak	60.000-70.000	70%	90%	10%	100% (Ganti)	100% (ganti)
30-60%	Jelek	Tidak	70.000-80.000	80%	100% (Ganti)	30%	20%	30%
60-100%	Baik	Tidak	80.000-90.000	90%	20%	40%	30%	40%
30-60%	Sangat baik	Tidak	90.000-100.000	100% (Ganti)	30%	50%	40%	50%
0-30%	Sedang	Tidak	0-10.000	20%	20%	20%	10%	10%
30-60%	Sangat jelek	Tidak	10.000-20.000	30%	30%	30%	30%	40%
60-100%	Sangat jelek	Tidak	20.000-30.000	50%	60%	50%	40%	50%
0-30%	Baik	Tidak	30.000-40.000	60%	70%	60%	50%	60%

Dataset diatas merupakan *sample* dari *dataset* yang dapat digunakan untuk melatih model *machine learning* yang akan digunakan. *Dataset* ini terdiri dari empat fitur atau *variable* prediksi penyebab terjadinya keausan komponen mobil bus dan truk, serta lima jenis komponen yang sering mengalami keausan. Prediksi tingkat keausan ditunjukkan melalui persentase keausan dari komponen tersebut dimana semakin besar persentase maka semakin besar tingkat keausannya. Angka 100% merekomendasikan agar dilakukan penggantian pada komponen tersebut. Setelah dilakukan penggantian maka tingkat keausan akan dimulai dari awal kembali. *Dataset* ini diambil dari data pemakaian Minibus kapasitas

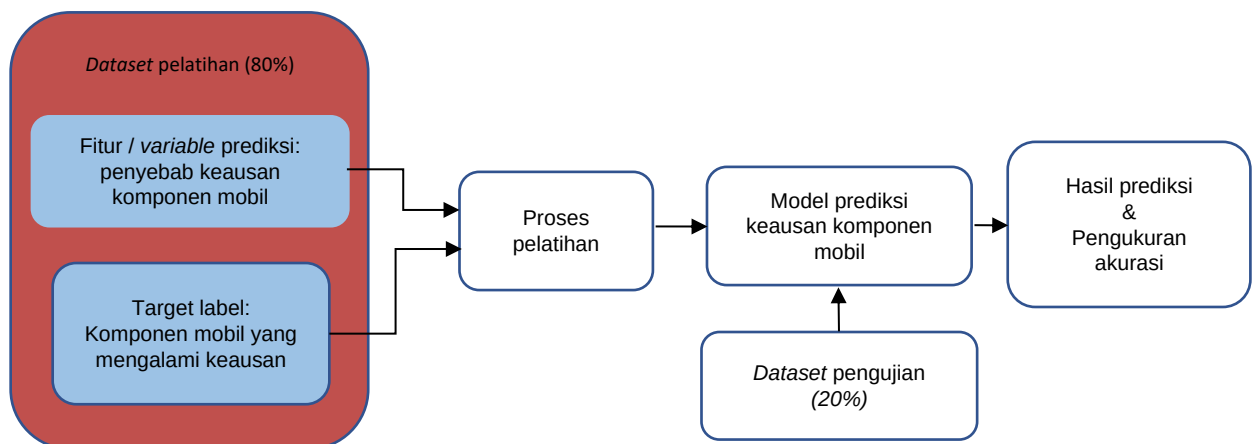
16-20 penumpang milik PT. Griya Damai Kita. PT. Griya Damai Kita merupakan operator penyelenggara angkutan pariwisata yang memiliki ijin resmi dari Kementerian Perhubungan. Untuk meningkatkan akurasi dari hasil pembelajaran *machine learning*, dapat dilakukan penambahan *dataset* yang berasal dari berbagai jenis dan merek bus dan truk yang banyak digunakan di Jakarta dan masukan dari para ahli dibidang mekanik komponen mobil. Semakin banyak *dataset* yang digunakan untuk pembelajaran model *machine learning*, diharapkan hasil prediksi *machine learning* akan semakin akurat dalam memprediksi tingkat keausan komponen mobil bus dan truk.

Model Machine Learning

Model *machine learning* yang digunakan untuk memprediksi tingkat keausan komponen mobil menggunakan model klasifikasi. Model klasifikasi merupakan model *supervised machine learning*. Ciri khas dari *supervised machine learning* adalah model ini belajar dari data fitur atau *variable* prediksi yang diberikan target *label* (Hu, dkk. 2020).

Dari Tabel 1 dapat dilihat *dataset* yang digunakan memiliki fitur atau *variable* prediksi yang menjadi penyebab terjadinya keausan komponen mobil bus dan truk. Data fitur atau variabel prediksi tersebut diberikan target *label* berupa persentase tingkat keausan dari komponen mobil apa saja yang akan mengalami keausan. Target *label* ini memiliki sepuluh kelas yaitu berupa tingkat keausan masing-masing komponen mobil dari 10% sampai 100%. Target label ini nantinya akan diprediksi oleh *machine learning* dengan masukan data baru berupa fitur atau *variable* prediksi penyebab keausan.

Untuk proses pengukuran akurasi dari model klasifikasi yang telah selesai dilatih, dilakukan proses pengujian menggunakan sebagian dari *dataset* yang sebelumnya telah dipisahkan dan tidak dipakai untuk proses pelatihan. Pada umumnya dilakukan pemisahan sebesar 80% dari *dataset* untuk proses pelatihan dan 20% untuk proses pengujian. Untuk lebih jelasnya dari proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pelatihan dan pengujian model *machine learning*.

Pembuatan model prediksi keausan komponen mobil ini akan menggunakan beberapa algoritma model klasifikasi *machine learning* antara lain *Random Forest*, *SVM*, *XGBoost* dan *Naive Bayes*. Tujuan dari penggunaan beberapa algoritma ini adalah untuk mendapatkan algoritma klasifikasi dengan tingkat akurasi paling tinggi.

Eksperimen awal

Eksperimen awal dilakukan dengan menggunakan *dataset* yang diambil dari PT. Griya Damai Kita seperti terlihat pada Tabel 1. *Dataset* tersebut terdiri dari 200 baris dengan berbagai kombinasi fitur atau variable prediksi dan target label. Proses pelatihan menggunakan fasilitas Google Colaboratory dengan mode GPU.

Hasil eksperimen menggunakan algoritma *Random Forest*, *SVM*, *XGBoost* dan *Naive Bayes* menghasilkan berbagai kombinasi tingkat akurasi seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. skor akurasi hasil eksperimen.

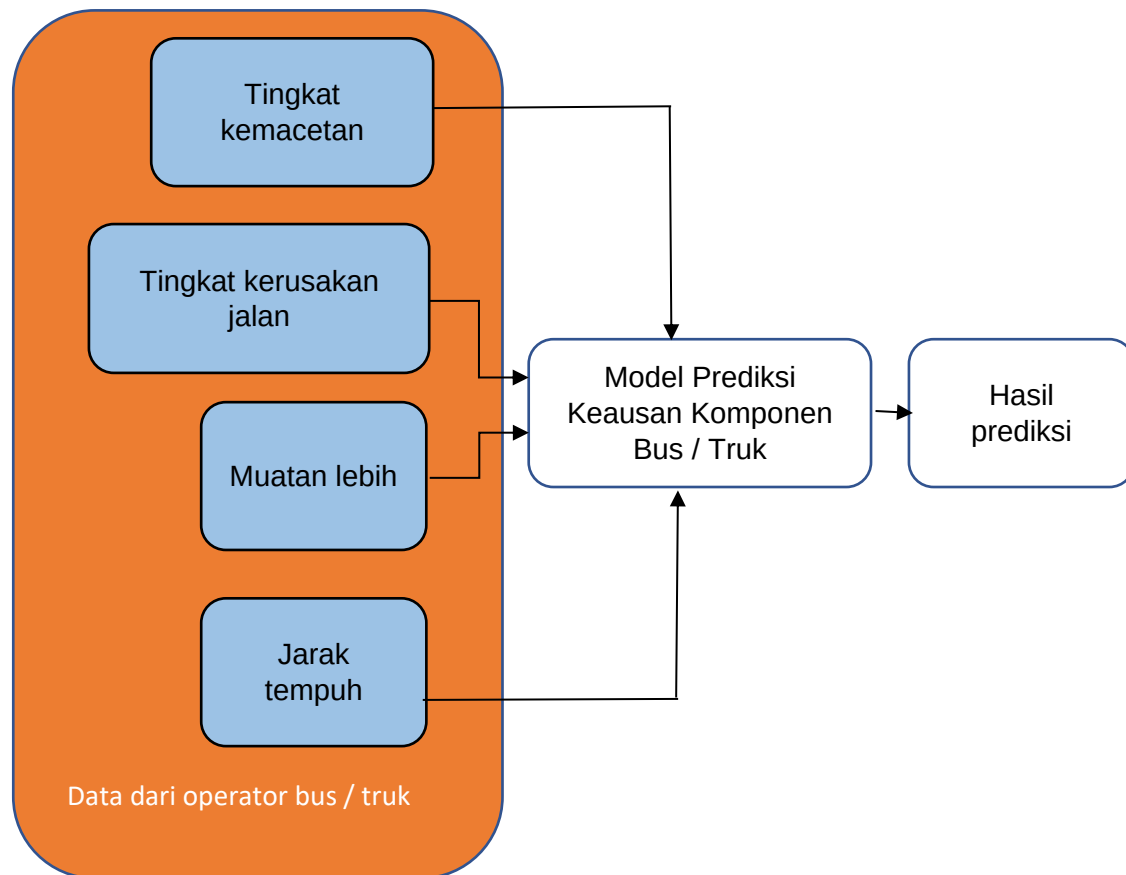
Model	Akurasi Prediksi Komponen Yang Akan Mengalami Keausan				
	Ban	Sistem transmisi	Sistem Pengereman	Bantalan Roda	Sistem Per Daun
<i>Random Forest</i>	91,3%	90,3%	91,1%	90,6%	89,9%
<i>SVM</i>	90,4%	89,6%	90,1%	90,3%	90,1%
<i>XGBoost</i>	91,6%	90,5%	91,4%	90,9%	90,3%
<i>Naive Bayes</i>	90,5%	90,1%	90,2%	90,0%	89,6%

Dari hasil eksperimen terlihat akurasi paling tinggi didapat melalui model *XGBoost*. Kondisi ini dapat dipahami karena *XGBoost* merupakan model klasifikasi dari *machine learning* yang menggabungkan beberapa model *decision tree* sehingga menghasilkan tingkat *error* yang lebih rendah (Sinaga dan Agustian, 2022).

Penerapan Model *Machine Learning*

Hasil pelatihan yang telah dilakukan pada model *machine learning* akan menghasilkan suatu model yang dapat memprediksi tingkat keausan komponen mobil bus dan truk. Tingkat keausan ini ditandai dengan keluaran dari hasil prediksi berupa persentase keausan masing-masing komponen mobil antara lain ban, sistem transmisi, sistem pengereman, bantalan roda dan sistem per daun.

Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi tersebut berupa data faktor penyebab keausan komponen bus dan truk yaitu tingkat kemacetan jalan, tingkat kerusakan jalan, muatan berlebih dan jarak tempuh didapat dari operator bus dan truk. Secara garis besar, usulan penerapan model prediksi ini dapat dilihat pada Gambar 3. Model prediksi ini dapat diintegrasikan pada sistem yang sudah ada seperti sistem uji berkala kendaraan bermotor / KIR atau sistem pemantauan lainnya yang dimiliki oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.



Gambar 3. Penerapan model prediksi keausan komponen mobil.

Secara praktis, model prediksi keausan komponen mobil ini juga dapat diintegrasikan ke dalam data historis perawatan kendaraan oleh bengkel mobil khusus kendaraan berat seperti bus dan truk atau bengkel *internal* dari operator bus dan truk dalam melakukan perawatan berkala kendaraan yang dioperasikannya.

KESIMPULAN

Tingkat kepadatan kendaraan yang sangat tinggi di jalan raya sekitar Jakarta menuntut keandalan mobil yang melintasinya. Tujuannya tak lain untuk memastikan tidak ada mobil yang mogok di jalan raya Jakarta. Mobil mogok di jalan raya Jakarta dapat menimbulkan kemacetan yang luar biasa panjang, apalagi jika kejadian mogok tersebut dialami oleh bus dan truk. Penyebab umum kerusakan pada bus dan truk adalah keausan pada komponen mekanik yang dimilikinya. Untuk itu diperlukan suatu sistem monitoring untuk memprediksi kerusakan yang akan terjadi akibat tingkat keausan agar operator bus dan truk dapat segera langsung melakukan penggantian komponen tersebut. Sistem prediksi ini akan dikembangkan menggunakan model machine learning. Dengan menggunakan model machine learning, model yang dikembangkan belajar dari data historis tingkat keausan yang dialami oleh mobil sejenis sebelumnya sehingga model ini diharapkan dapat memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Sistem ini dapat diterapkan pada angkutan umum khususnya bus dan truk. Dengan diterapkannya sistem ini diharapkan tidak ada lagi mobil bus dan truk yang mogok di jalan-jalan di Jakarta sehingga tingkat kelancaran lalu lintas di Jakarta semakin meningkat dan tingkat kemacetan semakin menurun.

Berdasarkan eksperimen yang telah dijalankan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Prediksi keausan komponen kendaraan dapat dilakukan dengan menggunakan *machine learning* sehingga dapat mengurangi tingkat kemacetan yang diakibatkan oleh kendaraan bus atau truk yang mengalami kondisi mogok di jalan raya.
2. Hasil prediksi ini juga dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan perawatan terhadap komponen kendaraan tersebut.
3. Dari empat algoritma yang digunakan yaitu *Random Forest*, *SVM*, *XGBoost* dan *Naive Bayes*, sebagian besar memiliki tingkat akurasi diatas 90%. Akurasi tertinggi dicapai oleh model prediksi menggunakan *XGBoost* baik untuk memprediksi tingkat keausan ban, sistem transmisi, sistem pengeraman, bantalan roda dan sistem per daun.
4. *XGBoost* memiliki akurasi yang lebih tinggi dikarenakan *XGBoost* merupakan model klasifikasi yang menggabungkan beberapa model *decision tree* sehingga memberikan tingkat akurasi yang tinggi.
5. Faktor penyebab keausan dan jenis komponen mobil dalam *dataset* yang digunakan pada eksperimen awal ini dapat ditambah atau dikurangi sesuai dengan kebutuhan dan disarankan untuk dilakukan konsultasi dengan ahli mekanik bus dan truk untuk meningkatkan akurasi hasil prediksi.
6. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi jalan di luar wilayah DKI Jakarta yang tentunya sangat berbeda dan menjadi salah satu faktor yang menentukan dalam model prediksi ini.

SARAN

Salah satu cara mengatasi kemacetan adalah dengan memastikan kendaraan besar seperti truk ataupun bus dapat berfungsi dengan baik di jalan raya. Salah satu hal yang mempengaruhi adalah kondisi kendaraan diantaranya adalah keausan dari komponen-komponen kendaraan tersebut. Prediksi menggunakan *machine learning* dapat dilakukan untuk mencegah adanya kendaraan yang mogok di tengah jalan. Namun demikian untuk dapat melakukan prediksi tersebut dibutuhkan data-data seperti contoh data yang sudah disampaikan pada penelitian ini. Data-data tersebut dapat ditunjang melalui kebijakan dari Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Adapun rekomendasi tersebut adalah :

1. Kebijakan agar operator kendaraan dapat mengirimkan data perjalanan kendaraan tersebut secara berkala sebagai salah satu syarat dalam uji berkala kendaraan bermotor / KIR.
2. Untuk memudahkan pelaporan data tersebut, Pemerintah provinsi DKI Jakarta dapat membuat pelaporan secara *online*, sehingga memudahkan pihak operator dalam operasionalnya.
3. Pengambilan data juga dapat dilakukan secara faktual melalui data satelit, GPS, ataupun data dari pihak ketiga.
4. Integrasi model prediksi ini dengan sistem yang ada seperti sistem uji berkala kendaraan bermotor yang diselenggarakan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, sehingga dapat digunakan pada saat uji berkala kendaraan bermotor / KIR bagi kendaraan bus dan truk.

Diharapkan melalui empat rekomendasi di atas, salah satu permasalahan kemacetan yang diakibatkan oleh kendaraan besar dapat dikurangi secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Christy N. (2022). ANALISIS KERUSAKAN MESIN 3516 B PADA TRUK 793 C BERDASARKAN OLI MENGGUNAKAN DATA KEAUSAN UJI LABORATORIUM SCHEDULE OIL SAMPLING (SOS) DENGAN METODE FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA). *Jurnal Teknik Mesin*, 11(2), 85-92. DOI:<http://dx.doi.org/10.22441/jtm.v11i2.14758>.
- Hu L, Chen J, Vaughan J, Aramideh S, Yang H, Wang K, Sudjianto A, Nair V N. 2021. Supervised Machine Learning Techniques: An Overview with Applications to Banking. *International Statistical Review*, 89: 573–604. DOI: <https://doi.org/10.1111/insr.12448>.
- Kesuma PA, Rohman MA, Prastyanto CA. 2019. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 650 012011. DOI: 10.1088/1757-899X/650/1/012011.
- Kesuma PA, Rohman MA, Prastyanto CA. 2020. Analysing the root cause of the damage risk in heavy vehicles to reduce traffic congestion. *International Journal of Construction Management*. DOI: 10.1080/15623599.2020.1742639.
- Lagerblad U, Wentzel H, Kulachenko A. 2021. Vehicle fatigue damage prediction based on estimated strains and road measurements. Retrieved from <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-293413>.
- Liu W, Gan J, Chen N, Wang Z. 2020. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1654 012072. DOI: 10.1088/1742-6596/1654/1/012072.
- Mohanty S, Hazra S, Paul S. 2020. Intelligent prediction of engine failure through computational image analysis of wear particle. *Engineering Failure Analysis*. Volume 116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104731>.
- Nowaczyk S, Prytz R, Rognvaldssn T, Byttner S. 2013. Towards a machine learning algorithm for predicting truck compressor failures using looged vehicle data. 12th Scandinavian Conference on Artificial Intelligence, Vol 257. DOI: 10.3233/978-1-61499-330-8-205.
- Sinaga HH, Agustian S. 2022. Pebandingan Metode Decision Tree dan XGBoost untuk Klasifikasi Sentimen Vaksin Covid-19 di Twitter. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*. Vol. 8. No.3:107-114.
- Tessaro I, Mariani V, Coelho L. 2020. Machine learning models applied to predictive maintenance in automotive engine components. *Proceeding of 1st International Electronic Conference on Acuator Technology: Materials, Devices and Applications*. DOI: 10.3390/iecat2020-08508.
- Theissler A, Velázquez JP, Kettelgerdes M, Elger G. 2021. Predictive Maintenance enabled by machine learning: use cases and challenges in the automotive industry. *Reliability Engineering & System Safety*. Vol 215. [cited 2024 May 12]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021003835>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107864>.
- Thiruvengadam A. 2014. Heavy-Duty Vehicle Diesel Engine - Efficiency Evaluation and Energy Audit. Center for Alternative Fuels, Engines & Emissions. West Virginia University
- Truda G. 2023. Generating tabular datasets under differential privacy. *arXiv*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.14784>.

***MACHINE VISION UNTUK INTELLIGENT
TRANSPORT SYSTEM: PRAKTIK,
TANTANGAN, DAN PELUANG UNTUK
KOTA JAKARTA***

**Indra Setiawan^{1*}, Neilinda Novita Aisa²,
Pramana Sidik³, Deni Nur Faizin⁴**
^{1,2,3,4} Politeknik Astra Jakarta

e-mail: indra.setiawan@polytechnic.astra.ac.id

PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas merupakan fenomena khas perkotaan yang disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan, peningkatan produktivitas pergerakan penduduk, dan fasilitas yang tidak memadai (Utami et al., 2023). Penyebab tersebut sesuai dengan definisi kemacetan yaitu kondisi dimana volume lalu lintas lebih besar dibandingkan kapasitas jalan (Prasetyo et al., 2022). Kondisi ini menyebabkan adanya antrian kendaraan sehingga pergerakan kendaraan menjadi tidak lancar atau mengalami perlambatan. Sementara itu, menurut Farda & Balijepalli (2018) wilayah Asia Tenggara diprediksi akan mengalami peningkatan jumlah penduduk hingga 50% pada tahun 2025 dari kondisi saat ini yaitu sekitar 42% dari 245 juta penduduk di Asia Tenggara. Kota Jakarta yang termasuk dalam wilayah Asia Tenggara menduduki peringkat ke-46 dari 404 kota dalam daftar kota dengan lalu lintas terbanyak dan terpadat. Hal tersebut disebabkan karena volume penduduk pada kota Jakarta sangat tinggi yaitu sebesar 16.704 jiwa per kilometer persegi (Afilia & Ginting, 2023). Berdasarkan BPS (2022) mengenai jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta pun menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2020 hingga 2022 sebesar 8,08% atau sebesar 1.634.260 kendaraan. Apabila volume terus meningkat dengan fasilitas yang tetap sama saat ini, maka antrian kendaraan akan semakin parah dan menimbulkan kerugian. Berdasarkan hasil penelitian yang dipublikasikan oleh Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Indonesia, kerugian tahunan akibat kemacetan yang terjadi di Jakarta diperkirakan mencapai Rp50,2 triliun per tahun (Harry et al., 2015). Padahal berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi kemacetan seperti penggunaan *traffic light*, kebijakan ganjil genap, tarif progresif, dan penyediaan berbagai bentuk angkutan umum sebagai alternatif meringankan kemacetan. Namun, upaya tersebut belum mampu mengatasinya. Menurut penelitian yang telah dilakukan, faktor utama penyebab kemacetan di Kota Jakarta yaitu terdapatnya celah melakukan pelanggaran dalam setiap kebijakan yang telah diterapkan pemerintah Kota Jakarta. Tingginya angka kepemilikan kendaraan pribadi untuk menunjukkan kelas sosial di masyarakat, dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang belum bisa menawarkan transportasi umum yang mengintegrasikan semua moda transportasi dengan aksesibilitas sederhana dan kemampuan mengirimkan penumpang ke tujuan akhir mereka (Girsang, 2023; Sitanggang & Saribanon, 2018). Solusi yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu masalah kemacetan lalu lintas di negara-negara berkembang (salah satunya Kota Jakarta) tidak dapat diselesaikan sepenuhnya dengan membangun infrastruktur baru, namun juga memerlukan pengelolaan cerdas terhadap infrastruktur jalan yang ada (Bhardwaj et al., 2023).

Bersumber pada peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No 280 tahun 2014 tentang pembentukan organisasi serta tata kerja unit pengelola Jakarta *Smart City* dinyatakan bahwa pengelolaan Kota Jakarta dengan mengembangkan dan mengintegrasikan segala aspek serta seluruh elemen sumber daya secara terintegrasi dengan menggunakan teknologi informasi modern. Tujuannya untuk mewujudkan kota Jakarta menuju *Smart City* dengan tata kelola yang bersih dan rapi, membudayakan masyarakat yang peduli terhadap tata kelola wilayah dan membangun sistem pemerintahan yang bersih dan transparan serta berorientasi pada pelayanan publik dengan mengedepankan kesejahteraan dan keselamatan (Sangaji et al., 2021). Oleh karena itu, tujuan dari *Bunga Rampai* ini adalah memperkenalkan pengaplikasian teknologi *Machine Vision* untuk *Intelligent Transport System* dengan menyajikan praktik, tantangan yang dihadapi serta potensi penerapannya di Kota Jakarta.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah *Smart City* merupakan sebuah konsep perencanaan wilayah kota yang mengintegrasikan antara pemanfaatan teknologi dan kebijakan pemerintah sebagai bentuk dukungan dalam implementasinya di lapangan (Belaïd & Arora, 2017; Sofiyah et al., 2022). Salah satu konsep yang telah dikembangkan oleh mahasiswa dari Universiti Teknologi MARA yaitu pemanfaatan kamera untuk menghitung jumlah kendaraan pada setiap ruas jalan pada suatu persimpangan. Jumlah kendaraan tersebut dapat digunakan sebagai input sinyal yang dikirimkan pada lampu lalu lintas untuk menentukan kapan dan lamanya suatu lampu menyala (Meng et al., 2021). Sementara di Jakarta, sistem pengaturan arus lintas mayoritas masih menggunakan sistem manual meskipun pada beberapa lokasi sudah mulai dikembangkan *Artificial Intelligence* tapi belum optimal. Harapannya sistem tersebut terus dikembangkan sehingga kedepan dapat menggantikan sistem yang ada saat ini dan meningkatkan efisiensi pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan guna mengurangi kemacetan. Secara garis besar *Artificial Intelligence* yang dijalankan adalah *Machine Vision* yang dibagi menjadi empat kategori utama: *Automated Visual Inspection* (AVI), kontrol proses, identifikasi *part*, *Robotic Guidance* dan pengendalian. Kategori yang paling banyak digunakan adalah AVI (Herlambang et al., 2023). Beberapa peneliti mendokumentasikan bahwa sistem AVI dapat diulang, dan bisa juga diterapkan pada kecepatan yang sangat tinggi untuk mengevaluasi objek yang terdeteksi (Ikatinasari et al., 2023). Contoh kasus lain *Machine Vision* digunakan di industri manufaktur untuk mencegah produk dalam kondisi *Not Good* (NG). Kamera bekerja sebagai *Machine Vision* pada kondisi produk yang tidak sesuai spesifikasi (Herlambang et al., 2021). AVI adalah serangkaian teknik yang digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan cacat pada produk manufaktur. Inspeksi visual modern menggunakan pembelajaran mesin dan algoritma pembelajaran mendalam untuk membantu dan meningkatkan proses penjaminan kualitas. Model ini dapat diterapkan pada *Intelligent Transportation System* untuk mengurangi kemacetan (Mariappan et al., 2016).

Intelligent Transportation System adalah penerapan teknologi maju di bidang elektronika, komputer dan telekomunikasi yang dipadu dengan prinsip manajemen strategi untuk meningkatkan fungsi transportasi secara keseluruhan seperti efektifitas jaringan transportasi, manajemen lalu lintas, pengoperasian kendaraan, keamanan dan dampak yang ramah lingkungan (Khalid et al., 2019). Munculnya teknologi *Internet of Things* (IoT) dan 5G mempercepat adopsi dari penerapan teknologi ini (Barba et al., 2012). Jaringan Ad-hoc Kendaraan (VANET), Lampu Lalu Lintas Cerdas, Lampu Lalu Lintas Virtual, dan Prediksi Mobilitas adalah perangkat utama yang dapat digunakan untuk mewujudkan terciptanya *Smart City* dalam hal transportasi karena dapat membantu meminimalkan dampak buruk kemacetan, mengutamakan kendaraan darurat, mempersingkat waktu respons keadaan darurat, meningkatkan efisiensi lalu lintas, mencegah tabrakan tak terduga, dan mengurangi emisi karbon (Elassy et al., 2024).

PEMBAHASAN

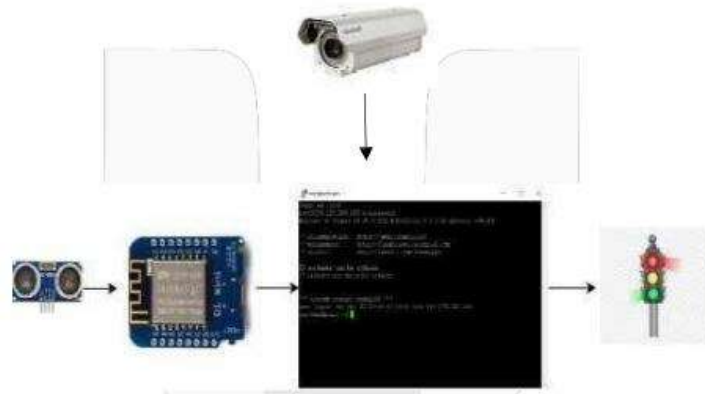
Praktik Lalu Lintas Jakarta Saat Ini

Manajemen lalu lintas Kota Jakarta saat ini mayoritas masih menggunakan *Traffic Light* yang pengoperasian secara manual. Berdasarkan UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan: alat pemberi isyarat lalu lintas atau APILL bahwa *Traffic Light* atau lampu lalu lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat arus lalu lintas lainnya.

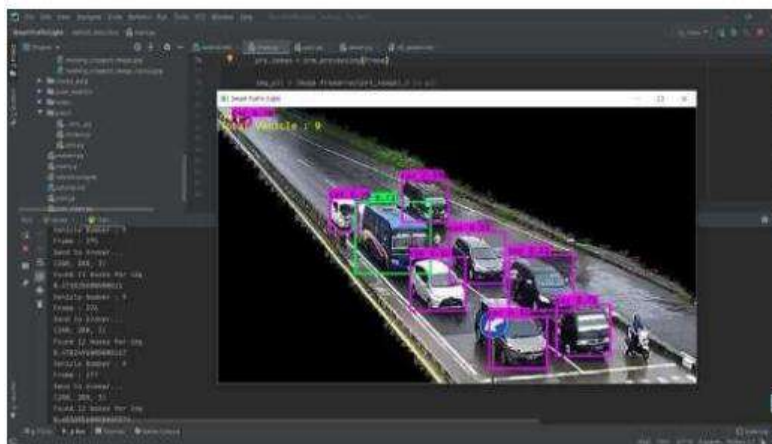
Traffic Light terdiri dari 3 warna lampu yaitu merah, kuning, dan hijau. Ketiga warna tersebut memiliki fungsi yang berbeda yaitu merah yang berarti berhenti, kuning yang berarti jalan dengan hati-hati, dan hijau yang berarti jalan. Lokasi lampu tersebut biasanya terdapat di persimpangan jalan yang sering dijadikan sebagai rambu utama menuju suatu lokasi. Sistem yang digunakan pada *Traffic Light* yaitu adanya pengaturan awal mengenai lamanya waktu suatu lampu menyala. Kekurangan pada sistem ini yaitu tidak mempunyai lampu dalam menyesuaikan kondisi aktual. Ketidakmampuan ini menimbulkan kurangnya efektivitas pemanfaatan kondisi lampu hijau pada suatu arus tertentu karena rasio yang kurang tepat antara menyalanya lampu hijau dengan kepadatan suatu ruas jalan. Misalnya ketika pagi hari pada bundaran HI, dominan kendaraan akan mengarah ke Jakarta dan sedikit kendaraan yang akan mengarah ke Bogor. Kondisi seperti ini dengan pengaturan lampu yang sama, maka kendaraan yang ke arah Jakarta akan lebih padat dibandingkan ke arah Bogor, begitupun sebaliknya apabila di sore hari. Jadi, perlu adanya penyesuaian waktu dengan kebutuhan kondisi aktual di lapangan. Selain itu, kondisi antar satu persimpangan dengan persimpangan yang lain menunjukkan adanya perbedaan. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh mahasiswa Sekolah Tinggi Teknik PLN di beberapa lokasi persimpangan jalan Jakarta Pusat menyatakan bahwa setiap perempatan memiliki pengaturan waktu yang berbeda antara lampu merah, kuning, dan hijau serta terjadi perbedaan juga antara kondisi pagi hari dan sore menjelang malam hari (Hartanti & Martono, 2016). Cara manual ini belum mampu menyelesaikan masalah kemacetan di Kota Jakarta.

Konsep Sistem Baru

Intelligence Transport System atau Sistem Transportasi Cerdas merupakan adopsi dan penerapan informasi dan komunikasi modern di sektor transportasi. Salah satu yang banyak diterapkan saat ini adalah *Machine Vision*. *Machine Vision* adalah salah satu dari teknologi AI yang mana dapat menyajikan data visual dari media digital dengan bantuan sensor gambar (Tzampazaki et al., 2024). Salah satu jenis dari *Machine Vision* yaitu *Automated Visual Inspection* (AVI) dimana dalam bidang lain seperti manufaktur digunakan sebagai alat bantu yang dapat dengan cepat memeriksa objek dengan cerdas, fleksibel, biaya rendah, presisi tinggi, dan dengan sistem yang *real time* (Hartanti & Martono, 2016). AVI menggunakan kamera untuk mengambil data berupa gambar yang selanjutnya menjadi signal untuk dikirimkan ke perangkat lain sebagai bahan dalam pengambilan keputusan. Penerapan AVI di sistem transportasi cerdas menggunakan prinsip yang sama yaitu dengan memanfaatkan kamera yang digunakan untuk menangkap kondisi aktual di suatu ruas jalan. Salah satu kondisi aktual yang dapat dilaporkan adalah menghitung panjang antrian kendaraan pada suatu jalur. Panjang antrian dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan yang terdeteksi dengan rata-rata panjang kendaraan kurang lebih 5 meter (Umair et al., 2021). Estimasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai jenis kendaraan seperti mobil, truk, bus, dll. Selanjutnya data tersebut dapat dijadikan bahan keputusan lamanya waktu lampu lalu lintas dalam suatu ruas jalan perlu menyala. Hal ini memungkinkan kemacetan pada jalur manapun dapat diminimalisir. Sistem tersebut juga telah diteliti oleh mahasiswa Universitas Telkom dengan hasil pemodelan yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan hasil pengujian jumlah kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Pemodelan Sistem
Sumber: (Musti et al., 2020)



Gambar 2. Hasil Pengujian Jumlah Kendaraan
Sumber: (Musti et al., 2020)

Penelitian Musti et al. (2020) menghasilkan suatu sistem yang berpotensi menurunkan kemacetan di Kota Jakarta. Jarak kamera yang digunakan pada sistem ini adalah kurang lebih sepanjang 20 m.

Tantangan yang Sedang Dihadapi

Terdapat beberapa tantangan yang dihadapi ketika sistem tersebut ingin terealisasi di Kota Jakarta yaitu sebagai berikut:

1. Kekuatan Ekonomi

Proyek transformasi berbasis teknologi memerlukan investasi yang besar mulai dari riset kondisi lapangan, riset produk di lapangan, pemasangan secara teknis lapangan, dan *maintenance* selama proses operasional jika teknologi benar-benar diimplementasikan dengan sempurna.

2. Peraturan Pemerintah

Otoritas pemerintah sangat terlibat dalam pengembangan transportasi karena mereka mempunyai kekuasaan dalam pembuatan kebijakan yang berlaku.

Peluang Perbaikan untuk Menurunkan Kemacetan

Apabila sistem kamera dapat diaplikasikan dan dapat berjalan secara *real-time* tentu akan menurunkan tingkat kemacetan di Kota Jakarta. Kota Jakarta memiliki peluang untuk

menerapkan hal ini karena banyaknya lulusan informatika dan elektro yang seharusnya dapat dimanfaatkan oleh pemerintah dalam pengembangan sistem pemerintahan menuju *Smart City*.

Pembahasan *Intelligence Transport System*

Jaringan *Ad-hoc* Kendaraan atau *Vehicular Ad-hoc Networks* (VANET)

VANET merupakan cikal bakal dari *Intelligent Transport System* yang dikembangkan dengan mengacu pada standar *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.11p dan IEEE 1609, maupun standar yang telah ada sebelumnya (Aziza, 2016). VANET dibagi menjadi beberapa sub kategori seperti *Vehicle to Vehicle* (V2V), *Vehicle to Infrastructure* (V2I), *Vehicle to Server* (V2S), *Vehicle to House* (V2H), *Vehicle to Cloud* (V2C), *Vehicle to Network* (V2N), *Vehicle to Pedestrian* (V2P), dan V2X yang mengkombinasikan tipe-tipe penting VANET seperti V2V, V2I, V2P dan V2N (Sharma et al., 2024). V2V membuat kendaraan berkomunikasi satu sama lain secara langsung untuk bertukar informasi seperti lokasi, kecepatan, dan arah. Data ini penting untuk mengembangkan aplikasi keselamatan kooperatif untuk membantu menghindari kecelakaan dan meminimalkan kemacetan lalu lintas. V2I membuat kendaraan berkomunikasi dengan lampu lalu lintas, sensor, dan kamera untuk meningkatkan keselamatan dan lalu lintas. Pengemudi mendapatkan informasi *real time* mengenai kondisi jalan, kemacetan lalu lintas, dan kecelakaan. V2S adalah bagian dari V2I yang melibatkan komunikasi antara kendaraan dan server jarak jauh dan biasanya digunakan untuk pemantauan lalu lintas *real time* untuk mengoptimalkan rute. V2H menghubungkan mobil dengan stasiun pengisian daya dan peralatan cerdas. Bisa juga untuk mengisi daya listrik kendaraan, menghangatkan atau mendinginkannya, dan mengoperasikan tugas-tugas otomatisasi rumah seperti menyalakan lampu atau membuka pintu depan. V2C menghubungkan antara kendaraan dan layanan berbasis *cloud* dengan bertukar data yang dikumpulkan dari sensor kendaraan, navigasi dan peralatan pintar lainnya tentang status mobil, jalan kondisi dikirim ke *cloud* untuk dianalisis dan kemudian dikirim kembali ke kendaraan berupa informasi waktu akurat yang berharga sesuai kondisi lalu lintas dan perencanaan rute yang dipersonalisasi. V2N digunakan untuk menghubungkan kendaraan dengan jaringan eksternal sebagai jaringan seluler untuk mengakses fitur-fitur layanan berbasis *cloud* dan terhubung dengan lampu lalu lintas cerdas serta sistem manajemen lalu lintas. V2N juga digunakan untuk menerima pembaruan waktu nyata tentang lalu lintas, navigasi, dan kondisi cuaca. V2P beroperasi secara efektif ketika kendaraan mendekati persimpangan atau perempatan, dan seorang pejalan kaki tiba-tiba muncul di jalan tanpa memperhatikan kendaraan mendekat yang melaju dengan kecepatan tinggi. Dengan memfasilitasi peringatan tepat waktu tersebut, komunikasi V2P secara signifikan mengurangi risiko kecelakaan pada kendaraan.

1. Intelligent Traffic Lights

Intelligent Traffic Lights sangat penting karena mampu mengatur pergerakan lalu lintas dan meningkatkan keselamatan di jalan. *Intelligent Traffic Lights* adalah lampu lalu lintas yang meningkatkan pergerakan lalu lintas dan mengurangi kemacetan dengan menggunakan data lalu lintas yang *real time* dan penerapan algoritma (Odeh, 2013). Ide utama penggunaan *Intelligent Traffic Lights* adalah data *real time* dari berbagai sumber untuk membuat pilihan yang lebih tepat (Kaiwartya et al., 2013). *Intelligent Traffic Lights* dapat menyesuaikan waktu lampu lalu lintas dengan mendeteksi jumlah mobil di suatu persimpangan. Apabila diketahui bahwa salah satu persimpangan memiliki jumlah kendaraan lebih banyak maka waktu lalu lintas akan menjadi lebih lama begitupun

sebaliknya sehingga mengurangi waktu tunggu kendaraan (Bani Younes & Boukerche, 2016). Hal ini mampu mengurai kemacetan dan mengurangi emisi CO₂. *Intelligent Traffic Lights* juga mampu mendeteksi bentuk menggunakan *Machine Vision* sehingga mampu membuat kendaraan-kendaraan *emergency* untuk lewat tanpa harus tertunda. Dengan adanya *Machine Vision* yang mampu mendeteksi bentuk seperti sepeda dan alat bantu jalan maka waktu penyeberangan yang aman dapat diatur sehingga mampu mengurangi kecelakaan (Bani Younes & Boukerche, 2014).

2. Virtual Traffic Lights

Virtual Traffic Lights adalah perkembangan dari *Intelligent Traffic Lights* dengan menggunakan teknologi 5G dan infrastruktur jalan dengan bantuan kamera, sensor dan lainnya untuk mendeteksi kendaraan dan memproyeksikan sinyal virtual ke jalan yang dideteksi oleh *On Board Unit* (OBU) kendaraan untuk menginformasikan pengemudi tentang kondisi jalan (Liu et al., 2018). OBU adalah komponen yang sangat penting untuk keberhasilan *Virtual Traffic Lights*. Sebagai contoh, misalnya ada mobil yang bergerak lurus di persimpangan, dan ada mobil lain datang dari kiri atau kanan dengan kecepatan lebih tinggi, *Virtual Traffic Lights* mendeteksi situasi ini dan mengirimkan pesan peringatan berhenti secara *real time* ke OBU yang diterapkan di dalam kendaraan. Jika kendaraan lambat atau gagal berhenti, sistem *Virtual Traffic Lights* dapat mengingatkan pengemudi melalui OBU atau langsung ke sistem otomatis kendaraan dan memicu sistem pengereman otomatis mencegah terjadinya tabrakan. Hal serupa juga terjadi pada pejalan kaki yang menyeberang jalan di persimpangan. *Virtual Traffic Lights* juga dapat memprioritaskan kendaraan darurat, sehingga mampu mengurangi waktu tanggap darurat (Ferreira & d'Orey, 2012).

3. Prediksi Mobilitas

Prediksi mobilitas memainkan peran penting dalam mengembangkan kota pintar dan VANET. Hal ini karena dapat mempercepat pengembangan kendaraan otonom, meningkatkan manajemen lalu lintas, dan meningkatkan keselamatan serta memajukan pengembangan kota pintar. Kemajuan teknologi ini akan membuat jalan menjadi lebih aman dan lebih nyaman, ramah pengguna dan akan berdampak luar biasa pada masa depan transportasi (Chavhan & Venkataram, 2020). Tujuan penting dari teknik prediksi mobilitas adalah untuk memprediksi pola pergerakan kendaraan dalam suatu jaringan. Sistem ini juga dapat mengurai kemacetan dengan memprediksi terjadinya *bottleneck* pada saat *real time*. Sistem ini dapat mengingatkan pengemudi akan potensi risiko tabrakan, memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan korektif ketika berpindah dari satu jalur ke jalur lainnya.

KESIMPULAN

Kemacetan merupakan salah satu fenomena masalah terbesar di perkotaan, khususnya Kota Jakarta. Kemacetan merupakan kondisi dimana kendaraan tidak dapat berjalan dengan lancar atau dapat disebut laju kendaraan mengalami perlambatan. Soal kemacetan, Jakarta merupakan juaranya. Berbagai macam strategi dilakukan pemerintah Jakarta untuk mengurai kemacetan, mulai dari menjalankan traffic light, menerapkan sistem ganjil genap, tarif progresif, dan penyediaan berbagai bentuk angkutan umum sebagai alternatif meringankan kemacetan. Namun, strategi tersebut belum mampu mengurai kemacetan di Jakarta.

Diperlukan suatu improvement untuk mengatasi masalah tersebut. Kondisi aktual di penjuru kota Jakarta sudah hampir menjalankan traffic light, namun fungsinya masih belum optimal. Sistem traffic light yang digunakan masih manual, yaitu berdasarkan durasi waktu sehingga jika terdapat penumpukan kendaraan maka macet tidak dapat dihindarkan. Solusi yang ditawarkan adalah menerapkan Machine Vision di setiap simpang jalan. Hal ini bertujuan untuk menghitung dan memonitoring jumlah kendaraan yang berhenti di simpang jalan secara real time. Machine vision telah diterapkan secara luas di bidang manufaktur dan aplikasinya, seperti robot dan layanan serta gerakan ergonomis dalam menghubungkan antar proses. Secara garis besar Machine Vision dibagi menjadi empat kategori utama: automated visual inspection (AVI), kontrol proses, identifikasi part, robotic guidance dan pengendalian. Kategori yang paling banyak digunakan adalah AVI. Beberapa peneliti mendokumentasikan bahwa sistem AVI dapat diulang, dan bisa juga diterapkan pada kecepatan yang sangat tinggi untuk mengevaluasi objek yang terdeteksi. Contoh kasus lain machine vision digunakan di industri manufaktur untuk mencegah produk dalam kondisi Not Good (NG). Kamera bekerja sebagai Machine Vision pada kondisi produk yang tidak sesuai spesifikasi. Teknologi ini menggunakan machine learning yang merupakan bagian dari kecerdasan buatan (Artificial Intelligence). Teknologi ini dapat diterapkan pada traffic light. Kondisi yang semula menggunakan durasi waktu untuk pergantian lampu, kini dapat digantikan dengan sistem volume kendaraan. Teknologi ini dapat mengatur durasi warna di lampu lalu lintas, yaitu merah, kuning dan hijau saat menyala. Harapannya dengan Machine Vision kemacetan dapat terpantau dan efisiensi lalu lintas meningkat.

Jakarta merupakan kota dengan jumlah penduduk yang tinggi dan diprediksi akan naik di tahun 2025 sehingga menyebabkan adanya kemacetan yang panjang (dengan jarak tertentu). Kondisi terkini yang hanya menerapkan *Traffic Light*, sistem ganjil genap, tarif progresif, dan penyediaan berbagai bentuk angkutan umum sebagai alternatif meringankan kemacetan belum mampu mengurai kemacetan. Terdapat potensi untuk menerapkan *Machine Vision* berbasis *Artificial Intelligence* untuk merealisasikan *Intelligence Transportation System*. Topik ini sangat penting sebagai bahan pengetahuan dan proses realisasi karena dapat dijadikan pembelajaran dengan teknologi yang sama atau mirip dapat diterapkan dalam objek yang berbeda. Bagian ini hanya membahas sekilas mengenai praktik, tantangan, dan peluang *Machine Vision*. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan teknis yang relevan agar konsep ini dapat terealisasi untuk mendukung Jakarta menuju *Smart City*. Pertanyaannya, bisakah pihak swasta dan pemerintah bersinergi untuk membuat tata kelola pemerintahan Jakarta menjadi Kota yang cerdas dan terbebas dari kemacetan?

SARAN

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, maka ada beberapa rekomendasi kebijakan untuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta di bidang Transportasi, diantaranya sebagai berikut:

1. Pemerintah Kota Jakarta seharusnya memiliki program inkubasi yang berisikan mahasiswa ataupun praktisi profesional yang berfokus dalam pengembangan Artificial Intelligence di Indonesia khususnya Kota Jakarta. Program ini dapat dirancang dengan cara pembinaan dan pengembangan suatu tata kelola yang dirancang khusus untuk membantu pemerintahan dalam segala aspek Smart City terutama bidang transportasi.
2. Perlu adanya dukungan pemerintah dalam bentuk kebijakan penerapan hasil riset di lapangan secara berkelanjutan karena pemerintah mempunyai kekuasaan dalam pembuatan kebijakan yang berlaku di sistem pemerintahan.

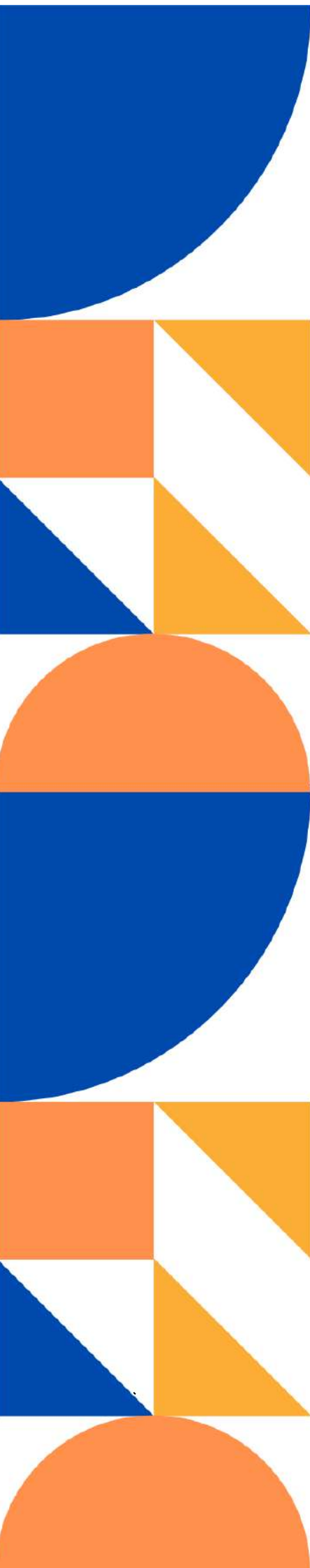
DAFTAR PUSTAKA

- Afilia, V. I., & Ginting, J. M. (2023). Analysis of Traffic Congestion Impact Based on Road User Perception: A Case Jalan Gajah Mada, Batam-Indonesia. *LEADER: Civil Engineering and Architecture Journal*, 1, 103–113. <https://doi.org/10.37253/leader.v1i2.7890>
- Aziza, R. N. (2016). Jaringan Ad Hoc Vehicular (Vanet): Tinjauan Tentang Arsitektur, Karakteristik, Aplikasi, dan Protokol Medium Access Control (MAC). *Jurnal PETIR*, Volume 9(No 1), 28–37. <https://doi.org/10.33322/petir.v9i1.188>
- Bani Younes, M., & Boukerche, A. (2014). An Intelligent Traffic Light scheduling algorithm through VANETs. *39th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks Workshops*, 637–642. <https://doi.org/10.1109/LCNW.2014.6927714>
- Bani Younes, M., & Boukerche, A. (2016). Intelligent Traffic Light Controlling Algorithms Using Vehicular Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 65(8), 5887–5899. <https://doi.org/10.1109/TVT.2015.2472367>
- Barba, C. T., Mateos, M. Á., Soto, P. R., Mezher, A. M., & Igartua, M. A. (2012). Smart city for VANETs using warning messages, traffic statistics and intelligent traffic lights. *2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 902–907. <https://doi.org/10.1109/IVS.2012.6232229>
- Belaïd, F., & Arora, A. (2017). Smart Cities - Social and Environmental Challenges and Opportunities for Local Authorities. In Research Gate. Springer. <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18386>
- Bhardwaj, A., Iyer, S. R., Ramesh, S., White, J., & Subramanian, L. (2023). Understanding sudden traffic jams: From emergence to impact. *Development Engineering*, 8(December 2022), 100105. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2022.100105>
- BPS. (2022). Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (unit) di Provinsi DKI Jakarta 2020-2022. Badan Pusat Statistik. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/786/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis-kendaraan-unit-di-provinsi-dki-jakarta.html> (Accessed: 04-04-2024)
- Chavhan, S., & Venkataram, P. (2020). Prediction based traffic management in a metropolitan area. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7(4), 447–466. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.05.003>
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 16(December 2023), 100252. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252>
- Farda, M., & Balijepalli, C. (2018). Exploring the effectiveness of demand management policy in reducing traffic congestion and environmental pollution: Car-free day and odd-even plate measures for Bandung city in Indonesia. *Case Studies on Transport Policy*, 6(4), 577–590. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.07.008>
- Ferreira, M., & d'Orey, P. M. (2012). On the Impact of Virtual Traffic Lights on Carbon Emissions Mitigation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(1), 284–295. <https://doi.org/10.1109/TITS.2011.2169791>
- Girsang, L. W. P. (2023). Analysis of The Factors That Contribute To The High Rate of Private Vehicle Ownership In DKI Jakarta. *Mahadi: Indonesia Journal of Law*, 2(2), 105–114. <https://doi.org/10.32734/mah.v2i2.12348>
- Harry, S., Harmadi, B., & Yudhistira, M. H. (2015). How Does Congestion Matter for Jakarta 'S Citizens? *Journal of Indonesian Economy and Business*, 30(3), 220–239.
- Hartanti, D., & Martono, W. H. (2016). Penetapan Titik Pendeteksi Antrian Kendaraan Pada Perempatan Lampu Lalu Lintas. *Jurnal Kajian Ilmu Dan Teknologi*, 5(2), 79–87. <https://doi.org/10.33322/kilat.v5i2.684>

- Herlambang, H., Purba, H. H., & Jaqin, C. (2021). Development of machine vision to increase the level of automation in indonesia electronic component industry. *Journal Europeen Des Systemes Automatises*, 54(2), 253–262. <https://doi.org/10.18280/JESA.540207>
- Herlambang, H., Semnasti, H. H. P., & Semnasti, K. (2023). Terminals and Connector Inspection Innovation using Machine Vision. *Waluyo Jatmiko Proceeding*, 16(1), 581–590. <https://doi.org/10.33005/wj.v16i1.27>
- Ikatrinasari, Z. F., Herlambang, H., & Kosasih, K. (2023). Design and implementation of intelligent electronic component inspection based on PLC and vision system. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 7(2), 155–168. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v7i2.6511>
- Kaiwartya, O., Kumar, S., & Kasana, R. (2013). Traffic light based time stable geocast (T-TSG) routing for urban VANETs. 2013 Sixth International Conference on Contemporary Computing (IC3), 113–117. <https://doi.org/10.1109/IC3.2013.6612173>
- Khalid, T., Khan, A. N., Ali, M., Adeel, A., Rehman Khan, A., & Shuja, J. (2019). A fog-based security framework for intelligent traffic light control system. *Multimedia Tools and Applications*, 78(17), 24595–24615. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-7008-z>
- Liu, J., Li, J., Zhang, L., Dai, F., Zhang, Y., Meng, X., & Shen, J. (2018). Secure intelligent traffic light control using fog computing. *Future Generation Computer Systems*, 78, 817–824. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.02.017>
- Meng, B. C. C., Damanhuri, N. S., & Othman, N. A. (2021). Smart traffic light control system using image processing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1088(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1088/1/012021>
- Musti, M. H. F., Rendy, M., & Ibrahim, N. (2020). Design of Traffic Setting By Detecting Length of Queue and Calculating the Number of Vehicles. *E-Proceeding of Engineering*, 7(3), 9135–9144.
- Odeh, S. M. (2013). Management of An Intelligent Traffic Light System by Using Genetic Algorithm. *Journal of Image and Graphics*, 1(2), 90–93. <https://doi.org/10.12720/joig.1.2.90-93>
- Prasetyo, H. E., Setiawan, A., Trijeti, T., Rahayu, T., & Ramadhona, A. (2022). The Performance Of Queue Length Of Vehicle On The Roundabout At Selamat Datang Monument Using PTV Vissim. *International Journal of Civil Engineering and Infrastructure*, 1(2), 10. <https://doi.org/10.24853/ijcei.1.2.10-16>
- Sangaji, M. S. J., Noor, P. Z. P., & Navasari, S. (2021). Analisis Kebijakan Jakarta Smart City Menuju Masyarakat Madani. *Journal of Government Insight*, 1(2), 62–75. <https://doi.org/10.47030/jgi.v1i2.306>
- Sharma, S., Kumar, S., & Awasthi, S. K. (2024). VANETs: Introduction, Communication Protocols, and Challenges. In *Distributed Intelligent Circuits and Systems* (pp. 217–248). https://doi.org/10.1142/9789811279539_0007
- Sitanggang, R., & Saribanon, E. (2018). Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan di DKI Jakarta. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi & Logistik*, 4(3), 289–296. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmbtl/article/view/823>
- Sofiyah, U., Lestari, E. K., & Yunitasari, D. (2022). Perencanaan wilayah perkotaan melalui konsep smart city di Kabupaten Jember. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 17(1), 104. <https://doi.org/10.20961/region.v17i1.43001>
- Tzampazaki, M., Zografos, C., Vrochidou, E., & Papakostas, G. A. (2024). Machine Vision - Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0. *Applied Science*, 14(1471), 3. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/4/1471>
- Umair, M., Farooq, M. U., Raza, R. H., Chen, Q., & Abdulhai, B. (2021). Efficient video-based vehicle queue length estimation using computer vision and deep learning for an urban traffic

scenario. *Processes*, 9(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/pr9101786>

Utami, A., Zulfa, C. L., & Nurhidayat, A. Y. (2023). Congestion Cost Analysis and Potential Loss of Private Vehicle on Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 16(3), 121–128. <https://doi.org/10.29122/mipi.v16i3.5533>



STRATEGI DATA MINING UNTUK KETAHANAN ENERGI DAN AIR DI JAKARTA

**Luky Fabrianto^{1*}, Novianti Madhona Faizah²,
Johan Hendri Prasetyo³,
Gani Wiharso⁴**

^{1,3,4} Universitas Nusamandiri Jakarta

² Universitas Tama Jagakarsa Jakarta

e-mail: luky.lfb@nusamandiri.ac.id

PENDAHULUAN

Jakarta sebagai ibu kota Indonesia terus mengalami pertumbuhan pesat yang terpampang dari tinggi dan padatnya gedung-gedung yang semakin banyak. Dengan pertumbuhan vertikal yang masif, kebutuhan akan sumber daya seperti listrik dan air menjadi semakin krusial, terutama untuk gedung-gedung bertingkat empat atau lebih yang meliputi perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, rumah sakit, dan institusi pendidikan bahkan rumah ibadah. Kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya yang efisien menjadi kunci dalam menjawab tantangan perkotaan modern. Pemerintah Daerah Khusus Ibukota Jakarta (Pemda DKI) selayaknya memahami kebutuhan solusi yang inovatif untuk mendukung keberlanjutan kota. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *Application Programming Interfaces* (API) dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Perusahaan Air Minum (PAM/PDAM) sebagai langkah awal untuk mengintegrasikan dan menganalisis *data real-time* gedung-gedung tinggi di Jakarta. Melalui pendekatan ini diharapkan Pemda DKI dapat memahami lebih dalam tentang perilaku penggunaan sumber daya oleh gedung-gedung tersebut, langkah ini memungkinkan formulasi kebijakan yang tidak hanya meningkatkan ketahanan energi dan air tetapi juga mendorong praktek berkesinambungan pada lingkungan perkotaan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah dalam menghadapi tantangan pertumbuhan vertikal yang pesat di Jakarta, teknologi informasi khususnya *big data* dan aplikasi yang berkaitan dapat dijadikan instrumen penting untuk pengelolaan sumber daya perkotaan yang efisien. Pemanfaatan *Application Programming Interfaces* (API's) untuk mengintegrasikan data dari berbagai sumber seperti PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan PAM/PDAM (Perusahaan Air Minum/Pemerintah Daerah Air Minum) dapat dijadikan upaya memperkuat ketahanan infrastruktur kota. *State of the art* mencakup beberapa aspek :

1. Penggunaan *Big Data* dan AI: Kota-kota global telah menerapkan solusi *big data* dan kecerdasan buatan untuk menganalisis konsumsi energi dan air secara *real-time*, memungkinkan pendeteksian pola kebiasaan dan memprediksi kebutuhan agar lebih akurat.
2. Otomasi sistem manajemen gedung: Implementasi teknologi gedung cerdas yang memanfaatkan IoT (Internet of Things) dan AI untuk memantau dan mengelola operasi gedung sehari-hari secara otomatis.
3. Kebijakan insentif: Pemerintah di berbagai negara telah mengintegrasikan kebijakan yang mempromosikan desain dan konstruksi gedung hijau. Melalui insentif dan dukungan regulasi, pengembang dan pemilik gedung didorong untuk mengadopsi praktik yang lebih ramah lingkungan.
4. Kolaborasi pihak swasta: Kolaborasi antara pemerintah dan perusahaan swasta dapat efektif dalam mengembangkan solusi yang inovatif untuk pengelolaan sumber daya kota.
5. Edukasi ke masyarakat: Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya efisiensi energi dan konservasi air melalui kampanye untuk perubahan perilaku pada tingkat individu.

PEMBAHASAN

Kota Jakarta mengalami pertumbuhan gedung bertingkat tinggi yang memerlukan manajemen sumber daya yang efektif. Urbanisasi yang cepat dan meningkatnya kebutuhan akan infrastruktur yang terus menerus, teknologi seperti data mining dan machine learning menjadi sangat penting. Integrasi data dari PLN dan PAM/PDAM melalui API memungkinkan Pemda DKI dan pengelola gedung untuk mengambil keputusan berbasis data yang lebih baik dan

efisien guna mendukung keberlanjutan kota.

1. Definisi

Dengan memahami konsep dan teori yang akan digunakan, tentu dapat mempermudah kompleksitas dan usulan solusi yang mau dipaparkan dalam bab yang membahas tentang pengelolaan sumber daya gedung bertingkat tinggi dengan memanfaatkan teknologi canggih.

- A. **Data Mining** : Proses mengeksplorasi dan menganalisis Big Data untuk menemukan pola dan aturan yang berguna. Data mining digunakan untuk memahami pola konsumsi energi dan air di gedung-gedung tinggi.
- B. **Machine Learning** : Cabang dari kecerdasan buatan yang menggunakan algoritma agar memungkinkan komputer dapat belajar berdasarkan data dan membuat prediksi atau keputusan. Digunakan untuk prediksi kebutuhan sumber daya dan mengidentifikasi potensi penghematan atau efisiensi.
- C. **Application Programming Interface (API)** : Sebuah set peraturan untuk mengintegrasikan suatu aplikasi ke aplikasi lain. API memudahkan integrasi dan akses data real-time dari PLN dan PAM/PDAM untuk dianalisis.
- D. **PLN dan PAM/PDAM** : PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah perusahaan pemerintah yang bertanggung jawab atas penyediaan listrik di Indonesia. PAM/PDAM (Perusahaan Air Minum/Perusahaan Daerah Air Minum) adalah perusahaan yang mengatur penyediaan dan manajemen air bersih.
- E. **Pengelolaan Sumber Daya** : Menekankan pada optimalisasi sumber daya (penggunaan energi dan air) untuk mencapai efisiensi maksimal yang dapat dikontrol dan diperbaiki melalui teknologi informasi.
- F. **Sistem Informasi Geografis (SIG)** : SIG membantu dalam analisis spasial (lokasi) dalam pengelolaan sumber daya perkotaan yang kompleks dengan memanfaatkan API untuk informasi lebih detail dan *real time*.
- G. **Pembelajaran Statistik** : Konsep dasar dalam machine learning maupun data mining, seperti *supervised learning* dan *unsupervised learning* yang digunakan dalam menganalisis data gedung. *Supervised learning* dapat digunakan untuk klasifikasi dan prediksi konsumsi sumber daya, sedangkan *unsupervised learning* bermanfaat dalam *clustering* gedung berdasarkan karakteristik konsumsinya.

2. Strategi

Berikut ini adalah beberapa contoh dan studi kasus yang mengilustrasikan penerapan yang efektif:

Aplikasi Praktis

- A. **Optimalisasi Energi Menggunakan Data Mining**:
Aplikasi praktis data mining dalam pengelolaan energi termasuk analisis pola konsumsi energi untuk penghematan. Misalnya, algoritma *clustering* dapat digunakan untuk mengelompokkan gedung berdasarkan profil konsumsi energinya yang memungkinkan pengelolaan agar sesuai dengan kebutuhan setiap *cluster* nya.
- B. **Penerapan Machine Learning untuk Prediksi Konsumsi Air**:
Model prediktif dengan teknik supervised learning dapat membantu memprediksi kebutuhan air di gedung bertingkat tinggi, memungkinkan pengelola untuk mengoptimalkan sistem penyediaan air dan meminimalkan pemborosan.
- C. **Sistem Manajemen Gedung Berbasis IoT/Real time**:
Penggunaan API untuk mengintegrasikan data dari sensor IoT maupun data real-time memungkinkan pembuatan dashboard operasional yang memberikan pandangan langsung terhadap penggunaan sumber daya gedung. Sistem ini dapat secara

otomatis menyesuaikan penggunaan energi dan air berdasarkan data yang diterima, seperti mengurangi pemanasan atau pendinginan dalam area yang tidak digunakan.

Studi Kasus

A. Empire State Building, New York:

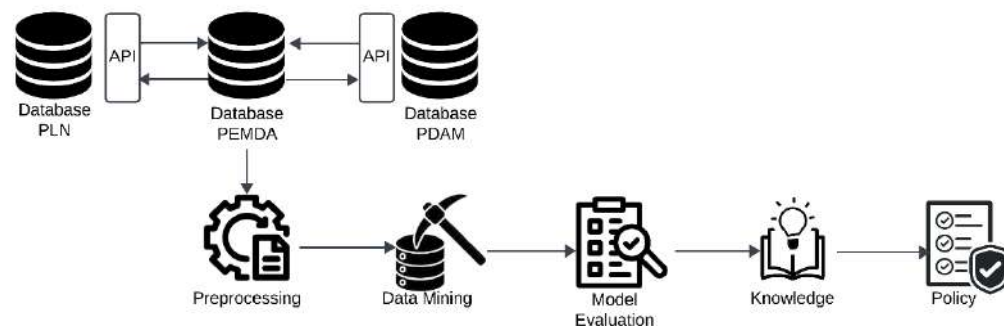
Proyek retrofit Empire State Building memanfaatkan penggunaan analisis data untuk mengidentifikasi dan menerapkan strategi efisiensi energi. Gedung ini berhasil mengurangi konsumsi energi secara signifikan, membuktikan bahwa *data-driven approach* dapat menghasilkan penghematan yang besar.

B. Sidewalk Labs, Toronto:

Proyek ini mengembangkan model prediktif untuk mengoptimalkan semua aspek penggunaan sumber daya kota, termasuk gedung bertingkat tinggi. Solusi mereka mencakup sistem pengelolaan energi dan air yang dinamis juga adaptif dengan perubahan kondisi dan kebutuhan.

Rancangan Strategi

Berikut adalah model diagram dari sistem yang diusulkan:



Gambar 1. Rancangan Strategi

Alur Detail Pemanfaatan Data Penggunaan Pelanggan untuk Implementasi Data Mining oleh Pemda DKI

1. Permintaan Akses API dari PLN dan PDAM

Pemda DKI mengirimkan permintaan resmi kepada PLN dan PDAM untuk memberikan akses API (Application Programming Interface) yang memungkinkan pemda untuk mengakses data penggunaan listrik dan air dari pelanggan, khususnya untuk gedung bertingkat 4 atau lebih.

2. Penyediaan Akses API oleh PLN dan PDAM

PLN dan PDAM merespons permintaan dengan menyediakan akses API yang aman dan sesuai dengan regulasi privasi data. Mereka memberikan dokumentasi API yang menjelaskan bagaimana data dapat diakses, termasuk endpoint, metode request, dan format data yang disediakan.

3. Pengambilan Data Menggunakan API

Pemda DKI menggunakan API tersebut untuk mengakses dan mengambil data penggunaan listrik dan air secara real-time atau dalam interval tertentu. Pengambilan data ini dapat diotomatisasi menggunakan skrip atau aplikasi yang berfungsi untuk menarik data dari API dan menyimpannya ke dalam server database pemda.

4. Penyimpanan Data pada Server Database Pemda

Data yang diambil dari API PLN dan PDAM disimpan dalam server database milik Pemda DKI. Database ini didesain untuk menampung data dalam jumlah besar dan mendukung

query yang kompleks.

5. Preprocessing Data

Sebelum data dapat digunakan untuk data mining, dilakukan preprocessing untuk membersihkan dan mengatur data.

6. Implementasi Metode Data Mining

Setelah data siap, dilakukan implementasi metode data mining untuk mengungkap pola dan hubungan dalam data. Metode yang digunakan bisa beragam, misalnya:

- Association Rule Mining: Untuk menemukan hubungan antar penggunaan listrik dan air.
- Clustering: Untuk mengelompokkan gedung-gedung berdasarkan pola penggunaan.
- Classification: Untuk mengklasifikasikan gedung berdasarkan tingkat efisiensi energi dan air.

7. Evaluasi Model Data Mining

Model yang terbentuk dari proses data mining dievaluasi menggunakan metrik evaluasi yang sesuai, seperti:

- Akurasi: Tingkat ketepatan prediksi model.
- Support dan Confidence: Khusus untuk association rule mining.
- Evaluasi dilakukan untuk memastikan model yang dihasilkan valid dan dapat diandalkan.

8. Penggunaan Hasil Data Mining untuk Kebijakan

Hasil evaluasi dan model yang terbentuk diolah menjadi pengetahuan yang dapat digunakan oleh Pemda DKI. Contoh kebijakan yang dapat diambil meliputi:

- Penerapan Insentif atau Penalti: Memberikan insentif untuk gedung yang efisien atau penalti untuk yang tidak efisien.
- Program Penghematan Energi dan Air: Merancang program khusus untuk gedung yang memiliki pola penggunaan yang tinggi.
- Perencanaan Infrastruktur: Menggunakan data untuk perencanaan infrastruktur yang lebih baik.

9. Implementasi Kebijakan

Kebijakan yang dihasilkan diterapkan oleh Pemda DKI untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan air di gedung-gedung bertingkat. Implementasi ini diawasi dan dievaluasi secara berkala untuk melihat dampaknya.

3. Tantangan dan Hambatan

Mengimplementasikan teknologi data mining, machine learning dan integrasi API dari PLN dan PAM/PDAM menawarkan banyak manfaat, namun juga dihadapkan pada sejumlah tantangan dan hambatan. Berikut adalah beberapa tantangan umum dan strategi yang dapat digunakan untuk mengatasinya:

A. Ketersediaan dan Kualitas Data

- Tantangan: Data yang tidak lengkap atau tidak akurat dapat mengganggu efektivitas analisis dan penerapan machine learning. Di banyak kasus, data yang dikumpulkan mungkin tidak terstandarisasi atau sering terputus.
- Solusi: Mengadopsi standar industri untuk pengumpulan data dan meningkatkan infrastruktur pengumpulan data. Kerja sama dengan penyedia layanan untuk memastikan data yang dikirimkan adalah akurat dan tepat waktu. Penerapan sistem validasi data secara real-time juga penting untuk mendeteksi dan mengoreksi data yang tidak akurat.

•

B. Integrasi Teknologi

- Tantangan: Mengintegrasikan teknologi baru dengan sistem yang sudah ada

seringkali rumit dan mahal. Banyak gedung yang memiliki sistem manajemen bangunan lama yang mungkin tidak kompatibel dengan teknologi IoT atau platform analisis data terbaru.

- Solusi: Pengembangan *middleware* atau penggunaan *platform* terbuka yang mendukung integrasi *cross-platform*. Selain itu, investasi dalam pembaruan sistem dilakukan secara bertahap.

C. Isu Privasi dan Keamanan Data

- Tantangan: Pengumpulan dan analisis data dalam skala besar menimbulkan kekhawatiran privasi dan keamanan. Kebocoran data atau pelanggaran keamanan bisa memiliki konsekuensi hukum dan reputasi yang serius.
- Solusi: Mengimplementasikan kebijakan keamanan data yang ketat dan menggunakan teknologi enkripsi terkini. Secara teratur mengaudit dan menguji sistem keamanan untuk memastikan bahwa mereka memenuhi standar keamanan terbaru.

D. Perubahan Manajemen dan *User Acceptance*

- Tantangan: Resistensi dari pengguna dan manajer gedung terhadap pengadopsian teknologi baru dapat menghambat pelaksanaan.
- Solusi: Melakukan kampanye edukasi dan pelatihan untuk menunjukkan manfaat dan efektivitas solusi yang diusulkan. Menyediakan *feedback* dan mengintegrasikan saran pengguna dapat membantu meningkatkan penerimaan dan keterlibatan mereka.

E. Keterbatasan Sumber Daya

- Tantangan: Keterbatasan anggaran, khususnya di sektor publik atau di UMKM dapat membatasi pengadopsian teknologi canggih.
- Solusi: Mencari sumber pendanaan alternatif seperti subsidi pemerintah, program kredit lunak maupun kemitraan dengan penyedia teknologi.

4. Perkembangan kedepan

Mengingat pentingnya pengelolaan sumber daya yang efisien dalam gedung bertingkat tinggi, diharapkan akan terjadi evolusi dan pengaruh besar dalam dekade kedepan. Berikut adalah beberapa tren masa depan dan perkembangan yang mungkin terjadi dalam bidang ini:

A. Integrasi lebih lanjut dengan teknologi IoT

Teknologi Internet of Things (IoT) terus berkembang, memungkinkan pengumpulan data yang lebih luas dan detail dari berbagai sensor dan perangkat dalam gedung. Koneksi ini tidak hanya menghasilkan data *real-time* tetapi juga sistem yang dapat secara otomatis menyesuaikan konsumsi energi dan air berdasarkan data yang dianalisis oleh algoritma machine learning.

B. Artificial intelligence (AI) yang semakin canggih

Pengembangan kecerdasan buatan (AI) dan machine learning akan terus mengalami peningkatan dalam kemampuan untuk menganalisis data yang kompleks. AI yang lebih canggih ini akan lebih baik dalam memodelkan perilaku gedung dan penghuninya, memungkinkan pengelolaan sumber daya yang sangat presisi. Hal ini termasuk pengoptimalan penggunaan sumber daya berdasarkan prediksi cuaca, acara yang

dijadwalkan atau pola penggunaan yang telah berlalu (historis).

C. Platform manajemen gedung terpadu

Bisa jadi pengembangan dan adopsi platform manajemen gedung akan lebih terpadu, menggabungkan pengelolaan energi, air, keamanan dan layanan gedung lainnya dalam satu dashboard yang mudah digunakan.

D. Regulasi dan kebijakan yang lebih ketat

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan efisiensi sumber daya, pemerintah di berbagai negara mungkin akan mengimplementasikan regulasi yang lebih ketat mengenai penggunaan energi dan air di gedung bertingkat tinggi. Hal ini akan mendorong adopsi teknologi yang mendukung kepatuhan terhadap standar yang lebih tinggi dan mendorong inovasi.

E. Partisipasi masyarakat

Perkembangan kedepan juga akan melibatkan pengguna gedung secara lebih aktif dalam pengelolaan energi dan sumber daya. Melalui aplikasi mobile yang memberikan *feedback* tentang konsumsi energi individu atau menawarkan saran untuk pengurangan penggunaan air dan listrik.

F. Dampak perubahan iklim

Sebagai respons terhadap perubahan iklim, pengelolaan sumber daya di gedung bertingkat tinggi akan semakin mendapat perhatian sebagai bagian dari solusi global untuk mengurangi emisi karbon.

KESIMPULAN

Gemerlapnya gedung-gedung tinggi di Jakarta telah menjadi pemandangan yang biasa dan menghiasi lanskap perkotaan dengan keindahan arsitektur yang mengagumkan. Tak hanya sebagai pusat bisnis, gedung-gedung ini juga menjadi saksi bisu pertumbuhan dan dinamika kota Jakarta. Pertumbuhan vertikal yang pesat membawa konsekuensi yang tak dapat diabaikan. Semakin tinggi sebuah gedung, semakin besar pula kebutuhan akan sumber daya seperti listrik dan air. Gedung-gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, rumah sakit, bahkan tempat ibadah, kampus, dan sekolah, semua memerlukan infrastruktur yang memadai untuk memenuhi kebutuhan mereka. Dalam menghadapi tantangan ini, pemerintah Daerah Khusus Ibukota Jakarta (DKI Jakarta) dapat mengusulkan penggunaan akses Application Programming Interfaces (API) dari perusahaan listrik (PLN) dan penyedia air bersih (PAM/PDAM) di wilayah Jakarta. Melalui kolaborasi ini, pemerintah dapat mengakses dan memperbarui database secara real-time, terutama fokus pada gedung-gedung bertingkat empat atau lebih. Dengan akses terhadap database yang komprehensif maka metode-metode data mining dan machine learning dapat diterapkan, seperti misalnya : Metode clustering untuk mengelompokkan gedung-gedung berdasarkan karakteristiknya, klasifikasi untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi dan air, hingga prediksi untuk memahami perilaku dan kebutuhan masa depan gedung-gedung tersebut. Dari pemahaman yang mendalam terhadap perilaku gedung-gedung di wilayah DKI Jakarta, pemerintah dapat merumuskan kebijakan yang lebih efektif. Mulai dari peringatan bagi pengelola gedung yang tidak efisien dalam penggunaan sumber daya, hingga insentif bagi mereka yang berperan aktif dalam menjaga ketahanan energi dan air. Langkah ini bukan hanya sekadar upaya untuk menjaga ketahanan energi Jakarta, namun juga sebagai langkah konkret menuju kota yang lebih hijau dan berkelanjutan.

Dengan pengurangan konsumsi air tanah yang lambat, Jakarta dapat menjadi contoh bagi kota-kota lain dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan menjaga keberlanjutan perkotaan yang dinamis.

- Integrasi Application Programming Interfaces (API) dari PLN dan PAM/PDAM untuk memperoleh data *real-time* membantu pemanfaatan *Data Mining* dan *Machine Learning* untuk menganalisis dan mengoptimalkan konsumsi energi dan air di gedung bertingkat tinggi supaya manajemen sumber daya lebih efektif. Beberapa tantangan dan hambatan akan dijumpai seperti : kualitas data, integrasi teknologi, keamanan data serta resistensi pengguna.
- Tren Masa Depan : Potensi yang besar untuk berkembang dan memiliki dampak signifikan pada pengelolaan gedung bertingkat tinggi. Kebijakan serta peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat akan membentuk cara berinteraksi dengan infrastruktur urban yang lebih baik. Inovasi dalam teknologi dan AI yang lebih canggih, platform manajemen gedung terpadu, regulasi yang lebih ketat, dan keterlibatan pengguna yang lebih besar.
- Refeksi
 - ✓ Bagaimana data mining dan machine learning dapat lebih ditingkatkan untuk memprediksi dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya di gedung Anda?
 - ✓ Dengan mempertimbangkan API yang diintegrasikan dengan PLN dan PAM/PDAM, apa tantangan utama yang mungkin Anda hadapi dalam implementasinya dan bagaimana Anda berencana mengatasinya?
 - ✓ Apa implikasi dari manajemen sumber daya gedung yang lebih efisien terhadap tujuan keberlanjutan global dan bagaimana Anda dapat berkontribusi?

SARAN

Saran yang dapat diberikan kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta agar strategi dapat diimplementasikan. Pertama, pemerintah harus menerapkan dan memperketat regulasi mengenai standar bangunan ramah lingkungan yang mencakup efisiensi energi listrik, pengelolaan air dan pengurangan limbah konstruksi maupun operasional gedung. Kedua, dianjurkan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem data terpusat dengan menggunakan API yang mengintegrasikan data dari PLN dan PAM/PDAM agar memungkinkan akses ke data konsumsi energi listrik dan air secara *real-time* untuk monitoring dan pengambilan keputusan yang efektif. Ketiga, pemberian insentif kepada pemilik gedung yang melakukan retrofit agar memotivasi lebih banyak pemilik gedung untuk mengadopsi standar ramah lingkungan. Keempat, meluncurkan program edukasi dan kampanye kesadaran untuk meningkatkan pengetahuan dan keterlibatan masyarakat. Program ini dapat berupa workshop, seminar dan materi promosi yang menunjukkan manfaat efisiensi sumber daya. Kelima, berkolaborasi dengan akademisi dan sektor swasta untuk memanfaatkan inovasi teknologi terbaru dalam meningkatkan pengelolaan gedung. Proyek riset bersama dan pengembangan teknologi baru dapat memajukan sektor ini secara signifikan. Terakhir, investasi infrastruktur yang memadai akan mendukung implementasi teknologi yang efektif dan aman. Dengan langkah-langkah ini, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta akan dapat memajukan tujuan keberlanjutan, mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup warganya.

DAFTAR PUSTAKA

- Suryani Jamin, F. ., Sugito, E. ., Adhi Pramono, S. ., Aristanto, A., & Immamah, E. . (2024). Pelatihan Edukasi Peningkatan Kesadaran Sanitasi Lingkungan dalam Menghadapi Peningkatan Pemanasan Global Dunia. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(1), 1500-1508. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i1.3010>
- Anthony Jnr, B., Abbas Petersen, S., Ahlers, D., & Krogstie, J. (2020). API deployment for big data management towards sustainable energy presumption in smart cities-a layered architecture perspective. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(3), 263–289. <https://doi.org/10.1080/14786451.2019.1684287>
- Roccotelli, M., Rinaldi, A., Fanti, M. P., & Iannone, F. (2020). Building energy management for passive cooling based on stochastic occupants' behavior evaluation. *Energies*, 14(1), 138.
- Shi, H., & Chen, Q. (2021). Building energy management decision-making in the real world: A comparative study of HVAC cooling strategies. *Journal of Building Engineering*, 33, 101869.
- Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O., & García, F. S. (2021). A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. *Journal of Building Engineering*, 33, 101692.
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial intelligence evolution in smart buildings for energy efficiency. *Applied Sciences*, 11(2), 763.
- Li, Y., Rong, Y., Ahmad, U. M., Wang, X., Zuo, J., & Mao, G. (2021). A comprehensive review on green buildings research: bibliometric analysis during 1998–2018. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 46196-46214.
- Kopka, H., & Daly, P. W. Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques Ian H. Witten Eibe Frank Mark A. Hall.
- Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons.
- Mazlan, N., Ramli, N. A., Awalin, L., Ismail, M., Kassim, A., & Menon, A. (2020). A smart building energy management using internet of things (IoT) and machine learning. *Test. Eng. Manag*, 83, 8083-8090.
- Himeur, Y., Elnour, M., Fadli, F., Meskin, N., Petri, I., Rezgui, Y., ... & Amira, A. (2023). AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges and future perspectives. *Artificial Intelligence Review*, 56(6), 4929-5021.
- Suharsono, A., Lontoh, L., & Maulidia, M. (2020). Risalah Kebijakan Energi Indonesia.
- Downie, C. (2020). Strategies for Survival: The International Energy Agency's response to a new world. *Energy Policy*, 141, 111452.
- Kristl, Ž., Senior, C., & Temeljotov Salaj, A. (2020). Key challenges of climate change adaptation in the building sector. *Urbani izziv*, 31(1), 101-111.
- Arsita, S. A., Saputro, G. E., & Susanto, S. (2021). Perkembangan kebijakan energi nasional dan energi baru terbarukan Indonesia. *Jurnal Syntax Transformation*, 2(12), 1779-1788.



TEKNOLOGI JAKET BOAT: GERBANG MENUJU SURGA KEPULAUAN SERIBU DALAM GENGAMAN

**Primadi Candra Susanto^{1*}, Sarinah Sihombing²,
Irwan Chairuddin³, Euis Saribanon⁴**

^{1,2,3,4} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jakarta

e-mail: primstrisakti@gmail.com

PENDAHULUAN

Di tengah berbagai pesona yang dimiliki oleh Kepulauan Seribu, satu masalah yang terus menghambat potensi penuhnya adalah aksesibilitas. Pulau-pulau yang tersebar luas ini, yang seharusnya menjadi surga bagi para pelancong, seringkali sulit dijangkau karena terbatasnya infrastruktur transportasi (Mustapa *et al.*, 2023). Meskipun kapal laut tradisional telah lama menjadi pilihan utama untuk mencapai pulau-pulau tersebut, namun mereka tidak selalu andal dalam memberikan layanan yang cepat, nyaman, atau terjadwal dengan baik (Soares and Nunes, 2020). Keterbatasan ini juga terkait dengan pengaturan tiket, yang seringkali membingungkan dan tidak efisien. Wisatawan sering kali harus menghabiskan waktu berjam-jam untuk mendapatkan tiket kapal laut, terutama pada musim liburan atau akhir pekan. Kondisi ini tidak hanya mengganggu, tetapi juga dapat mengurangi kepuasan dan motivasi untuk berkunjung ke Kepulauan Seribu (Liu and Leung, 2018).

Dalam hal ini, Teknologi Jacket Boat muncul sebagai jawaban yang inovatif terhadap masalah aksesibilitas yang telah lama menghantui Kepulauan Seribu. Jacket Boat, sebuah konsep revolusioner dalam transportasi laut, menawarkan solusi yang lebih cepat, efisien, dan ramah lingkungan untuk menghubungkan pulau-pulau tersebut dengan daratan (Romadhon and Vikaliana, 2018). Namun, meskipun Teknologi Jacket Boat menawarkan solusi yang menarik, masih ada sejumlah tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah integrasi teknologi ini dengan sistem tiket online yang ada (Nugraha, 2016). Meskipun tiket online telah menjadi standar dalam industri pariwisata modern, menerapkannya secara efektif dalam konteks transportasi laut di Kepulauan Seribu masih menjadi pekerjaan yang rumit. Diperlukan sistem yang dapat mengakomodasi jumlah tiket yang besar, menjaga ketersediaan dan keakuratan informasi, serta memberikan pengalaman yang nyaman bagi pengguna (Widoyoko and Sulistiyowati, 2013).

Selain itu, Teknologi Jacket Boat juga harus mengatasi tantangan teknis yang terkait dengan kondisi perairan di sekitar Kepulauan Seribu. Gelombang laut, arus kuat, dan cuaca buruk dapat menjadi hambatan serius bagi operasi Jacket Boat, yang membutuhkan solusi teknis yang canggih dan dapat diandalkan (Hetharia *et al.*, 2021). Selain masalah teknis dan logistik, implementasi Teknologi Jacket Boat juga menghadapi tantangan dalam mengubah paradigma wisata bahari di Kepulauan Seribu. Selama bertahun-tahun, kapal laut tradisional telah menjadi pilihan utama bagi para wisatawan untuk menjelajahi keindahan pulau-pulau ini. Namun, adopsi Teknologi Jacket Boat membutuhkan pendekatan yang berbeda dan memerlukan kesadaran akan manfaatnya yang lebih luas (Loddé *et al.*, 2019).

Beberapa orang mungkin skeptis terhadap keamanan dan kenyamanan menggunakan Teknologi Jacket Boat, terutama jika mereka terbiasa dengan pengalaman perjalanan menggunakan kapal laut konvensional. Oleh karena itu, penting untuk mengedukasi masyarakat tentang teknologi ini dan menggarisbawahi keunggulan-keunggulannya, seperti kecepatan, kenyamanan, dan ramah lingkungan. Selain itu, adopsi Teknologi Jacket Boat juga menimbulkan pertanyaan tentang dampaknya terhadap industri kapal laut tradisional di Kepulauan Seribu. Meskipun Teknologi Jacket Boat menawarkan solusi yang lebih canggih, keberadaannya mungkin mengancam mata pencarian para nelayan dan pengusaha kapal laut konvensional. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi transisi yang adil dan berkelanjutan bagi mereka yang terpengaruh oleh perubahan ini (Sriram *et al.*, 2022).

Namun, meskipun tantangan-tantangan tersebut ada, penting untuk diingat bahwa Teknologi Jacket Boat membawa potensi besar dalam meningkatkan industri pariwisata bahari di

Kepulauan Seribu. Dengan memperluas jangkauan dan meningkatkan aksesibilitas, Teknologi Jacket Boat dapat membantu mendorong pertumbuhan ekonomi lokal, menciptakan lapangan kerja baru, dan meningkatkan pendapatan daerah. Dengan demikian, sambil mengatasi berbagai hambatan yang ada, Teknologi Jacket Boat dapat menjadi kekuatan pendorong yang kuat dalam mewujudkan visi Kepulauan Seribu sebagai destinasi wisata unggulan di Indonesia. Dengan kolaborasi antara pemerintah, pengusaha, dan masyarakat lokal, kita dapat bersama-sama membuka pintu menuju surga yang tersembunyi di Kepulauan Seribu dan menjadikannya lebih mudah dijangkau dalam genggaman kita (Hetharia *et al.*, 2021).

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah teknologi Jacket Boat telah mencapai tingkat kecanggihan yang mengesankan, membawa perubahan signifikan dalam cara orang berinteraksi dengan Kepulauan Seribu (Apriliansyah, 2023).

Berikut adalah gambaran tentang kemajuan terbaru dalam teknologi ini (Sinaga *et al.*, 2021):

1. Desain Ergonomis

Jaket Boat telah mengalami evolusi desain yang signifikan untuk memastikan kenyamanan dan keamanan penumpang. Bahan-bahan ringan dan tahan air digunakan untuk memastikan fleksibilitas dan perlindungan optimal terhadap cuaca buruk.

2. Teknologi Propulsi Canggih

Mesin dan sistem propulsi Jacket Boat telah ditingkatkan untuk meningkatkan kecepatan, efisiensi, dan keandalan. Sistem propulsi elektrik atau hibrida menjadi lebih umum, memberikan manfaat tambahan dalam hal keberlanjutan lingkungan.

3. Sistem Navigasi dan Keselamatan

Sensor dan perangkat navigasi canggih telah diperkenalkan untuk meningkatkan keamanan pelayaran. Ini termasuk sistem pencegahan tabrakan, deteksi cuaca buruk, dan pemantauan jarak dekat dengan kapal lain.

4. Integrasi Teknologi Informasi

Teknologi Jacket Boat semakin terhubung dengan sistem informasi digital, memungkinkan penumpang untuk melakukan reservasi, melacak perjalanan, dan memperoleh informasi wisata melalui aplikasi seluler atau platform online.

5. Pengalaman Pengguna Interaktif

Penumpang tidak hanya menikmati perjalanan yang nyaman, tetapi juga pengalaman yang interaktif dan mendidik. Layar LCD yang terintegrasi menyediakan informasi tentang lingkungan laut, spesies hewan, dan informasi wisata lainnya selama perjalanan.

6. Pengembangan Model Bisnis

Model bisnis inovatif telah muncul seiring dengan perkembangan Teknologi Jacket Boat. Ini termasuk kerjasama dengan hotel dan resort, paket liburan all-inclusive, dan layanan tambahan seperti penyewaan peralatan snorkeling atau diving.

7. Responsif terhadap Keberlanjutan

Semakin banyak perusahaan Teknologi Jacket Boat yang mengadopsi praktik ramah lingkungan, termasuk penggunaan energi terbarukan, pengurangan emisi karbon, dan program pemulihan lingkungan.

Dengan semua kemajuan ini, Teknologi Jacket Boat terus menjadi motor utama dalam membuka potensi Kepulauan Seribu sebagai destinasi wisata unggulan. Dengan terus berinovasi dan berkolaborasi, Teknologi Jacket Boat tidak hanya menjadi gerbang menuju surga Kepulauan Seribu, tetapi juga model untuk pengembangan pariwisata berkelanjutan di seluruh dunia. Aplikasi yang sudah ada dan dibangun saat ini belum maksimal dikarenakan setiap masyarakat memesan maka aplikasi yang ada tidak cepat menjawab, seperti menanyakan informasi pembelian tiket per hari di waktu bertanya pagi, maka dijawab sore.

PEMBAHASAN

Awal Mula Teknologi Jacket Boat

Terobosan Teknologi Jacket Boat dimulai dari sebuah impian sederhana untuk meningkatkan aksesibilitas dan memperluas potensi pariwisata di Kepulauan Seribu. Dalam rangka mengatasi tantangan yang dihadapi oleh destinasi wisata tersebut, sekelompok insinyur dan pengusaha berbakat bersatu untuk merancang solusi inovatif yang dapat mengubah paradigma transportasi laut di wilayah itu. Pada awalnya, ide Teknologi Jacket Boat muncul dari kesadaran akan ketidaknyamanan dan keterbatasan yang sering dialami oleh wisatawan saat melakukan perjalanan dengan kapal laut tradisional. Lama perjalanan yang panjang, jadwal yang tidak teratur, dan kondisi cuaca yang tidak dapat diprediksi sering kali menjadi hambatan utama bagi pengalaman wisata yang menyenangkan dan lancar (Ramu *et al.*, 2020).

Dengan semangat inovasi dan visi untuk menciptakan perubahan positif, tim pengembang mulai menggali berbagai konsep dan desain untuk menciptakan solusi yang lebih baik. Mereka meneliti berbagai teknologi maritim yang ada, mempelajari kebutuhan dan preferensi wisatawan, serta mengeksplorasi potensi penerapan teknologi modern dalam konteks transportasi laut. Pada saat itu, muncul ide untuk menggabungkan konsep jaket pelampung dengan teknologi propulsi, menciptakan suatu jenis peralatan yang dapat berfungsi sebagai jaket pelampung dan kapal kecil secara bersamaan. Ide ini dianggap sebagai langkah awal yang inovatif dan revolusioner dalam mengatasi masalah aksesibilitas di Kepulauan Seribu. Selanjutnya, tim pengembang mulai merancang prototipe pertama Teknologi Jacket Boat, menggabungkan prinsip-prinsip desain ergonomis, teknologi propulsi canggih, dan fitur-fitur keamanan yang mutakhir. Proses pengembangan ini melibatkan uji coba lapangan yang intensif, di mana prototipe tersebut diujikan dalam berbagai kondisi perairan dan cuaca untuk memastikan kinerja dan keandalannya.

Dengan berjalannya waktu, Teknologi Jacket Boat mulai mendapatkan perhatian dan pengakuan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri pariwisata, dan masyarakat umum. Keberhasilan prototipe pertama dalam mengatasi tantangan aksesibilitas di Kepulauan Seribu membuka jalan bagi pengembangan lebih lanjut dan penerapan luas teknologi ini dalam skala yang lebih besar. awal mula terobosan Teknologi Jacket Boat adalah hasil dari kombinasi antara visi yang kuat, semangat inovasi, dan kerja keras tim pengembang dalam menghadapi tantangan yang ada. Dengan langkah-langkah berani dan komitmen untuk menciptakan perubahan positif, Teknologi Jacket Boat menjadi salah satu terobosan terbesar dalam industri pariwisata bahari di Kepulauan Seribu. Berikut adalah gambar aplikasi Jacket Boat dari Dinas Perhubungan DKI Jakarta.



Gambar 1. Aplikasi Jacket Boat
Sumber: Dinas Perhubungan DKI Jakarta, 2024

Menggagas Impian: Membuat Pulau Seribu Lebih Aksesible

Pulau Seribu telah lama menjadi tujuan impian bagi banyak orang yang ingin menjelajahi keindahan alam Indonesia. Namun, realitas yang dihadapi adalah tantangan aksesibilitas yang signifikan yang sering membuat banyak orang enggan atau kesulitan untuk mengunjungi destinasi ini. Oleh karena itu, gagasan untuk membuat Pulau Seribu lebih mudah diakses menjadi sangat penting. Pada tahap awal, menggagas impian ini melibatkan pemahaman mendalam tentang hambatan-hambatan utama yang dihadapi oleh wisatawan dalam mencapai Pulau Seribu. Ini termasuk lamanya perjalanan dengan kapal laut tradisional, keterbatasan jadwal, serta ketidakpastian terkait cuaca dan kondisi laut. Dengan memahami tantangan ini, pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, pengusaha pariwisata, dan masyarakat lokal, dapat mulai mengembangkan strategi untuk mengatasi mereka.

Salah satu langkah pertama dalam menggagas impian ini adalah mengidentifikasi teknologi dan inovasi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan aksesibilitas Pulau Seribu. Teknologi seperti Teknologi Jacket Boat muncul sebagai solusi inovatif yang dapat mengubah paradigma transportasi laut di wilayah tersebut. Dengan memanfaatkan teknologi modern ini, perjalanan ke Pulau Seribu dapat menjadi lebih cepat, lebih efisien, dan lebih nyaman. Selain teknologi, upaya untuk membuat Pulau Seribu lebih aksesible juga melibatkan peningkatan infrastruktur transportasi dan fasilitas pendukung. Ini termasuk pengembangan pelabuhan yang lebih modern dan ramah wisatawan, peningkatan layanan kapal laut, dan pengembangan sistem informasi dan reservasi yang lebih efisien. Namun, upaya untuk membuat Pulau Seribu lebih aksesible tidak hanya tentang teknologi dan infrastruktur. Hal ini juga melibatkan pendekatan yang berkelanjutan dan berorientasi pada masyarakat. Ini termasuk melibatkan masyarakat lokal dalam proses pengembangan, memastikan bahwa manfaat ekonomi dari perkembangan pariwisata didistribusikan secara adil, dan memperhatikan dampak lingkungan dari peningkatan aksesibilitas.

Dengan menggagas impian untuk membuat Pulau Seribu lebih aksesible, kita dapat membuka pintu bagi lebih banyak orang untuk menikmati keindahan alam yang luar biasa yang ditawarkan oleh destinasi ini. Dengan kolaborasi antara pemerintah, pengusaha, dan masyarakat lokal, kita dapat mewujudkan visi Pulau Seribu yang lebih inklusif, berkelanjutan, dan dapat diakses oleh semua orang.

Desain dan Pengembangan Prototipe Pertama yang sudah ada

Langkah selanjutnya dalam mengubah impian menjadi kenyataan adalah merancang dan mengembangkan prototipe pertama Teknologi Jacket Boat. Desain dan pengembangan prototipe ini merupakan proses yang kompleks dan memerlukan kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu, termasuk teknik, desain, dan teknologi.

1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal dalam desain prototipe melibatkan analisis mendalam tentang kebutuhan pengguna dan persyaratan teknis. Ini melibatkan identifikasi fitur-fitur kunci yang dibutuhkan untuk memastikan kenyamanan, keamanan, dan kinerja optimal dari Teknologi Jacket Boat.

2. Desain Konseptual

Berdasarkan analisis kebutuhan, tim pengembang mulai merancang konsep-konsep awal untuk prototipe. Ini melibatkan pembuatan sketsa, diagram, dan model konseptual untuk mengilustrasikan bagaimana Teknologi Jacket Boat akan bekerja dan terlihat.

3. Pengembangan Prototipe

Setelah konsep-konsep awal disetujui, tim pengembang mulai bekerja pada pengembangan prototipe fisik pertama. Ini melibatkan pemilihan bahan, pembuatan komponen, dan perakitan prototipe yang sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

4. Uji Coba dan Evaluasi

Prototipe pertama kemudian diujikan dalam berbagai kondisi dan skenario untuk mengevaluasi kinerjanya. Ini termasuk uji coba di laboratorium, simulasi perjalanan laut, dan uji coba lapangan di perairan sebenarnya.

5. Pengoptimalan

Berdasarkan hasil uji coba dan umpan balik pengguna, prototipe tersebut kemudian dioptimalkan untuk meningkatkan kinerja, keamanan, dan kenyamanan. Perubahan dan penyesuaian dilakukan sesuai kebutuhan untuk memastikan prototipe mencapai standar yang diinginkan.

6. Presentasi dan Validasi

Setelah pengoptimalan selesai, prototipe dipresentasikan kepada berbagai pihak terkait, termasuk pemangku kepentingan industri, pemerintah, dan masyarakat umum, untuk mendapatkan validasi dan dukungan lebih lanjut.

Proses desain dan pengembangan prototipe pertama Teknologi Jacket Boat membutuhkan kerja keras, kolaborasi tim yang solid, dan komitmen untuk menciptakan solusi inovatif yang dapat mengatasi tantangan aksesibilitas di Kepulauan Seribu. Dengan berhasilnya prototipe pertama, langkah selanjutnya adalah menuju tahap produksi massal dan implementasi luas Teknologi Jacket Boat untuk meningkatkan aksesibilitas dan memperluas potensi pariwisata di wilayah tersebut.

Uji Coba Pertama: Tantangan dan Pembelajaran

Setelah desain dan pengembangan prototipe pertama Teknologi Jacket Boat selesai, langkah selanjutnya adalah mengujinya dalam kondisi nyata. Uji coba pertama ini menjadi tahap kritis dalam proses pengembangan, karena memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja sebenarnya dari Teknologi Jacket Boat dan mengidentifikasi tantangan yang mungkin timbul selama penggunaan praktis. Berikut adalah beberapa tantangan dan pembelajaran yang mungkin timbul selama uji coba pertama:

1. Kondisi Cuaca yang Tidak Terduga

Salah satu tantangan utama selama uji coba pertama adalah ketidakpastian cuaca dan kondisi laut yang mungkin dihadapi. Gelombang besar, angin kencang, atau cuaca buruk lainnya dapat mempengaruhi kinerja Teknologi Jacket Boat dan keamanan penumpang. Hal ini mengharuskan tim pengembang untuk mengambil langkah-langkah pencegahan dan rencana darurat yang tepat.

2. Kinerja Teknologi Propulsi

Selama uji coba pertama, kinerja teknologi propulsi dalam berbagai kondisi operasional diuji. Kemungkinan masalah seperti kekurangan daya, kegagalan sistem, atau ketidakstabilan dapat muncul, memerlukan analisis mendalam dan perbaikan yang cepat.

3. Kesesuaian dengan Kebutuhan Pengguna

Uji coba pertama juga memberikan kesempatan untuk mengumpulkan umpan balik dari pengguna tentang kenyamanan, keamanan, dan kegunaan Teknologi Jacket Boat. Ini dapat mengungkapkan kebutuhan atau preferensi pengguna yang belum terpenuhi, yang kemudian dapat dijadikan dasar untuk peningkatan dan pengembangan lebih lanjut.

4. Peraturan dan Kepatuhan

Selama uji coba pertama, penting untuk memastikan bahwa Teknologi Jacket Boat mematuhi semua peraturan dan standar keselamatan yang berlaku. Hal ini melibatkan kerja sama dengan badan regulasi dan pihak berwenang untuk memastikan bahwa semua aspek operasional memenuhi persyaratan hukum.

5. Komunikasi dan Edukasi

Selama uji coba pertama, penting untuk melakukan komunikasi yang efektif dengan semua pemangku kepentingan, termasuk pengguna, pemerintah, dan masyarakat lokal. Edukasi tentang Teknologi Jacket Boat, keuntungan penggunaannya, dan langkah-langkah keamanan yang diperlukan dapat membantu mengurangi kecemasan atau ketidakpastian yang mungkin timbul.

Dari tantangan-tantangan ini, tim pengembang memperoleh pembelajaran berharga yang dapat digunakan untuk meningkatkan desain, kinerja, dan keamanan Teknologi Jacket Boat di masa mendatang. Ini menjadi dasar untuk iterasi dan pengembangan lebih lanjut, memastikan

bahwa Teknologi Jacket Boat dapat menjadi solusi yang efektif dan dapat diandalkan dalam meningkatkan aksesibilitas dan memperluas potensi pariwisata di Kepulauan Seribu.

Manfaat Luar Biasa: Transformasi Kepulauan Seribu

Penerapan Teknologi Jacket Boat di Kepulauan Seribu tidak hanya menciptakan aksesibilitas yang lebih baik bagi wisatawan, tetapi juga membawa transformasi signifikan dalam berbagai aspek kehidupan di wilayah tersebut. Berikut adalah beberapa pembahasan tentang manfaat luar biasa yang terjadi akibat penggunaan Teknologi Jacket Boat:

1. Peningkatan Pariwisata

Salah satu manfaat paling langsung dari Teknologi Jacket Boat adalah peningkatan jumlah wisatawan yang mengunjungi Kepulauan Seribu. Aksesibilitas yang lebih baik dan pengalaman perjalanan yang lebih nyaman membuka pintu bagi lebih banyak orang untuk menikmati pesona alam dan kebudayaan di pulau-pulau tersebut.

2. Pertumbuhan Ekonomi Lokal

Transformasi pariwisata yang dihasilkan oleh Teknologi Jacket Boat juga berdampak positif pada pertumbuhan ekonomi lokal. Meningkatnya jumlah wisatawan membawa peluang baru bagi pengusaha lokal, mulai dari penyedia jasa transportasi hingga penyedia akomodasi, restoran, dan usaha kerajinan lokal.

3. Penciptaan Lapangan Kerja

Dengan pertumbuhan sektor pariwisata, Teknologi Jacket Boat juga menciptakan lapangan kerja baru bagi penduduk setempat. Hal ini terutama berdampak positif pada sektor-sektor terkait, seperti pariwisata, transportasi, dan layanan pelanggan.

4. Pemberdayaan Masyarakat

Penggunaan Teknologi Jacket Boat juga memberdayakan masyarakat lokal dengan memberikan kesempatan untuk terlibat dalam industri pariwisata. Ini menciptakan kesempatan bagi penduduk setempat untuk memiliki usaha kecil, meningkatkan pendapatan, dan meningkatkan kualitas hidup mereka.

5. Konservasi Lingkungan

Meskipun menghadirkan manfaat ekonomi yang signifikan, Teknologi Jacket Boat juga memperhatikan dampak lingkungan. Dengan menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan, seperti mesin propulsi yang lebih efisien dan penggunaan bahan-bahan daur ulang, Teknologi Jacket Boat berkontribusi pada pelestarian lingkungan di Kepulauan Seribu.

6. Pengembangan Infrastruktur

Transformasi pariwisata yang didorong oleh Teknologi Jacket Boat juga mendorong pengembangan infrastruktur yang lebih baik di Kepulauan Seribu. Ini termasuk peningkatan fasilitas pelabuhan, jalan, dan sarana publik lainnya yang memperkuat konektivitas dan kenyamanan bagi penduduk lokal dan wisatawan.

Dengan demikian, Teknologi Jacket Boat tidak hanya memberikan manfaat aksesibilitas yang langsung terasa, tetapi juga membawa transformasi positif dalam berbagai aspek kehidupan di Kepulauan Seribu. Dengan penerapan yang bijaksana dan berkelanjutan, Teknologi Jacket Boat memiliki potensi untuk menjadi katalisator yang memacu pertumbuhan ekonomi, pembangunan sosial, dan pelestarian lingkungan di wilayah tersebut.

Respons dan Dampak Masyarakat

Penggunaan Teknologi Jacket Boat di Kepulauan Seribu menghasilkan beragam respons dan dampak dari masyarakat setempat serta wisatawan. Berikut adalah beberapa aspek yang dapat dibahas terkait respons dan dampak tersebut.

1. Respons Positif

Sebagian besar masyarakat setempat dan wisatawan menanggapi penggunaan Teknologi Jacket Boat dengan respon yang positif. Mereka menghargai kemudahan akses yang disediakan oleh Teknologi Jacket Boat, serta kenyamanan dan keamanan yang ditawarkannya selama perjalanan.

2. Peningkatan Pendapatan

Penggunaan Teknologi Jacket Boat membawa dampak positif terhadap pendapatan masyarakat setempat. Dengan meningkatnya jumlah wisatawan yang berkunjung, peluang untuk berbisnis dalam sektor pariwisata, seperti penyedia jasa transportasi, akomodasi, dan makanan, juga meningkat, yang pada gilirannya meningkatkan pendapatan mereka.

3. Pemberdayaan Ekonomi Lokal

Penggunaan Teknologi Jacket Boat juga memberdayakan masyarakat setempat dengan memberikan kesempatan bagi mereka untuk terlibat dalam industri pariwisata. Ini menciptakan lapangan kerja baru dan menggerakkan roda perekonomian lokal.

4. Pelestarian Budaya

Meskipun dampak positifnya, ada juga kekhawatiran bahwa peningkatan pariwisata dapat membawa dampak negatif terhadap pelestarian budaya masyarakat setempat. Namun, dengan pendekatan yang bijaksana, penggunaan Teknologi Jacket Boat dapat membantu mempromosikan dan melestarikan budaya lokal melalui program-program pendidikan dan promosi.

5. Kesadaran Lingkungan

Respons masyarakat terhadap Teknologi Jacket Boat juga mencakup kesadaran lingkungan. Dengan menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan, seperti mesin propulsi yang efisien dan penggunaan bahan-bahan daur ulang, masyarakat dapat merasa lebih yakin bahwa pariwisata yang berkembang tidak merusak lingkungan alam mereka.

6. Penyesuaian Sosial

Penggunaan Teknologi Jacket Boat juga memengaruhi penyesuaian sosial masyarakat setempat terhadap perubahan yang terjadi. Ini melibatkan pengembangan keterampilan baru, peningkatan dalam layanan pelanggan, dan penyesuaian terhadap kebutuhan dan preferensi wisatawan yang beragam.

Dengan demikian, respons dan dampak masyarakat terhadap penggunaan Teknologi Jacket Boat sangat bervariasi tergantung pada konteks lokal dan kondisi spesifik di Kepulauan Seribu. Penting untuk terus memantau dan mengevaluasi dampaknya serta berkolaborasi dengan masyarakat setempat untuk memastikan bahwa penggunaan Teknologi Jacket Boat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang terlibat.

Masa Depan Teknologi Jacket Boat: Visi dan Harapan

Dengan kesuksesan yang telah dicapai dalam penggunaan Teknologi Jacket Boat di Kepulauan Seribu, visi dan harapan untuk masa depannya menjadi sangat penting. Berikut adalah beberapa pembahasan tentang visi dan harapan untuk perkembangan Teknologi Jacket Boat ke depan:

1. Peningkatan Aksesibilitas

Visi utama untuk masa depan Teknologi Jacket Boat adalah terus meningkatkan aksesibilitas ke Kepulauan Seribu. Ini melibatkan pengembangan teknologi lebih lanjut untuk meningkatkan kecepatan, keamanan, dan kenyamanan perjalanan, serta perluasan jaringan rute dan destinasi yang dapat dijangkau oleh Teknologi Jacket Boat.

2. Inovasi Berkelanjutan

Harapan utama adalah untuk terus mendorong inovasi dalam pengembangan Teknologi Jacket Boat. Ini termasuk penggunaan teknologi terbaru dalam desain kapal, sistem

propulsi, navigasi, dan keamanan, serta integrasi solusi berkelanjutan yang ramah lingkungan.

3. Pemberdayaan Ekonomi Lokal

Visi jangka panjang adalah untuk menggunakan Teknologi Jacket Boat sebagai alat untuk pemberdayaan ekonomi lokal di Kepulauan Seribu. Ini melibatkan pendekatan yang berkelanjutan dan berorientasi pada masyarakat dalam pengembangan pariwisata, serta dukungan untuk pengembangan usaha kecil dan menengah di sektor pariwisata.

4. Pelestarian Lingkungan

Harapan yang kuat adalah bahwa penggunaan Teknologi Jacket Boat akan berdampak positif pada pelestarian lingkungan di Kepulauan Seribu. Ini termasuk penggunaan teknologi ramah lingkungan, praktik pengelolaan yang berkelanjutan, serta kampanye kesadaran lingkungan untuk mempromosikan perilaku bertanggung jawab di antara wisatawan dan masyarakat setempat.

5. Pendidikan dan Pelatihan

Visi masa depan juga mencakup pendidikan dan pelatihan yang terus-menerus bagi masyarakat lokal dalam penggunaan dan manajemen Teknologi Jacket Boat. Ini melibatkan program-program pelatihan untuk pelaut lokal, pengusaha pariwisata, dan pemilik usaha kecil untuk memastikan keberlanjutan penggunaan Teknologi Jacket Boat dalam jangka panjang.

6. Kemitraan dan Kolaborasi

Harapan utama adalah untuk memperkuat kemitraan dan kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, industri, masyarakat lokal, dan organisasi non-pemerintah. Ini menciptakan kesempatan untuk berbagi pengetahuan, sumber daya, dan pengalaman dalam pengembangan dan implementasi Teknologi Jacket Boat.

KESIMPULAN

Meningkatnya jumlah kunjungan wisatawan ke Kepulauan Seribu dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2023, tercatat 404.845 wisatawan mengunjungi Kepulauan Seribu, meningkat 27,81% dibandingkan dengan tahun 2022. Pulau Seribu menyediakan berbagai macam aktivitas wisata yang menarik, seperti snorkeling, diving, memancing, kayaking, dan wisata bahari lainnya. Armada kapal dari Muara Angke ke Pulau Seribu diminati oleh wisatawan. Hal ini terlihat dari banyaknya kapal yang beroperasi di rute tersebut, baik kapal tradisional maupun kapal cepat. Waktu tempuh dari Pelabuhan Muara Angke ke Pulau Seribu juga bervariasi tergantung jenis kapalnya. Kapal tradisional biasanya membutuhkan waktu 2-3 jam untuk mencapai Pulau Seribu, sedangkan kapal cepat hanya membutuhkan waktu 1-1,5 jam. Wisatawan dapat membeli tiket kapal di loket pembelian tiket yang terdapat di Pelabuhan Muara Angke. Tiket juga dapat dibeli secara online melalui situs web agen perjalanan atau operator kapal. Pemerintah membuat aplikasi JakeT Boat untuk mempermudah penumpang memesan tiket kapal ke Pulau Seribu. Aplikasi ini diluncurkan pada tahun 2022 oleh Dinas Perhubungan (Dishub) DKI Jakarta. Berikut adalah cara memesan tiket kapal ke Pulau Seribu melalui aplikasi JakeT Boat: (1) Unduh aplikasi JakeT Boat di Google Play Store atau App Store. (2) Buat akun JakeT Boat dan verifikasi email pribadi. (3) Pilih tanggal keberangkatan, pelabuhan keberangkatan, dan pulau tujuan. (4) Pilih jenis kapal dan jumlah tiket yang ingin dibeli. (5) Isi data diri penumpang. (6) Lakukan pembayaran tiket. (6) Simpan e-tiket di aplikasi JakeT Boat. Aplikasi Jacket Boat merupakan solusi yang tepat bagi penumpang yang ingin memesan tiket kapal ke Pulau Seribu dengan mudah, cepat, dan aman. Bunga Rampai ini masuk kategori skema energi dan transportasi. Dengan mengadopsi rekomendasi kebijakan ini, diharapkan bahwa aksesibilitas pariwisata di Kepulauan Seribu dapat meningkat secara

signifikan, membuka pintu bagi pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, pemberdayaan masyarakat lokal, dan pelestarian lingkungan alam yang penting. Juga menjadi hal penting bahwa teknologi yang dibangun dengan aplikasi ini bisa mudah bagi wisatawan dan masyarakat untuk menggunakan, selain masih banyak keluhan – keluhan akan aplikasi Jaket Boat ini. Aplikasi dibuat untuk memudahkan maka, apabila adanya aplikasi bisa mempermudah semua lapisan masyarakat. Dengan mewujudkan visi dan harapan ini untuk masa depan Teknologi Jaket Boat, diharapkan bahwa Kepulauan Seribu akan terus menjadi destinasi pariwisata yang menarik, berkelanjutan, dan berdaya saing tinggi di tingkat global. Hal ini juga akan memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat dalam bentuk adanya teknologi yang mempermudah untuk keberlanjutan.

Terlepas dari penjelasan di atas maka penting juga teknologi yang dibangun dengan aplikasi ini bisa mudah bagi wisatawan dan masyarakat untuk menggunakan, selain masih banyak keluhan – keluhan akan aplikasi Jaket Boat ini. Aplikasi dibuat untuk memudahkan maka, apabila adanya aplikasi bisa mempermudah semua lapisan masyarakat. Dengan mewujudkan visi dan harapan ini untuk masa depan Teknologi Jaket Boat, diharapkan bahwa Kepulauan Seribu akan terus menjadi destinasi pariwisata yang menarik, berkelanjutan, dan berdaya saing tinggi di tingkat global. Hal ini juga akan memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat dalam bentuk adanya teknologi yang mempermudah untuk keberlanjutan.

SARAN

Kepulauan Seribu merupakan destinasi pariwisata alam yang memikat di Indonesia. Namun, aksesibilitas yang terbatas telah menjadi hambatan utama bagi pertumbuhan industri pariwisata di wilayah ini. Untuk mengatasi masalah ini, Teknologi Jaket Boat telah diperkenalkan sebagai solusi inovatif yang dapat meningkatkan aksesibilitas ke Pulau Seribu.

1. Pengembangan Infrastruktur

Pemerintah perlu mengalokasikan dana dan sumber daya untuk pengembangan infrastruktur yang mendukung penggunaan Teknologi Jaket Boat, termasuk pembangunan dan pemeliharaan pelabuhan, dermaga, dan fasilitas transportasi laut lainnya.

2. Regulasi dan Standar Keselamatan

Diperlukan pengembangan regulasi dan standar keselamatan yang jelas dan ketat untuk mengatur penggunaan Teknologi Jaket Boat. Hal ini mencakup persyaratan pelatihan dan sertifikasi untuk operator, serta penegakan hukum yang efektif terhadap pelanggaran keselamatan.

3. Pengembangan Keterampilan Lokal

Program pelatihan dan pengembangan keterampilan harus diselenggarakan untuk mendukung partisipasi masyarakat lokal dalam industri pariwisata, termasuk pelatihan untuk menjadi pelaut, pemandu wisata, dan penyedia layanan pariwisata lainnya.

4. Kampanye Kesadaran Lingkungan

Peningkatan penggunaan Teknologi Jaket Boat harus disertai dengan kampanye kesadaran lingkungan yang kuat untuk mempromosikan perilaku bertanggung jawab di antara pengguna dan pemangku kepentingan pariwisata lainnya.

5. Inovasi Berkelanjutan

Pemerintah dan industri pariwisata perlu terus mendorong inovasi dalam pengembangan Teknologi Jaket Boat, termasuk penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan

efisien dalam penggunaan energi.

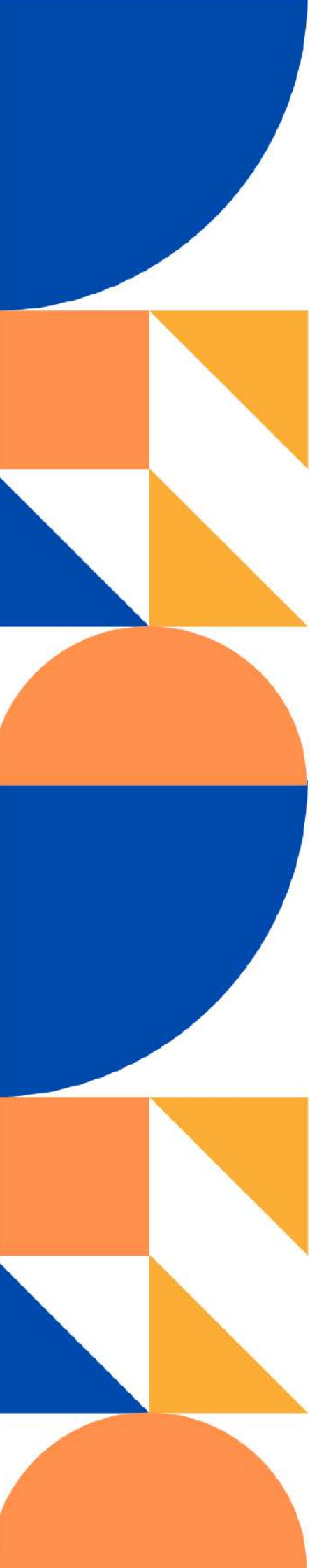
6. Pengembangan Kerjasama dan Kemitraan

Kerjasama yang erat antara pemerintah, industri pariwisata, masyarakat lokal, dan organisasi non-pemerintah penting untuk menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pengembangan dan implementasi Teknologi Jaket Boat secara berkelanjutan.

Dengan mengadopsi rekomendasi kebijakan ini, diharapkan bahwa aksesibilitas pariwisata di Kepulauan Seribu dapat meningkat secara signifikan, membuka pintu bagi pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, pemberdayaan masyarakat lokal, dan pelestarian lingkungan alam yang penting. Juga menjadi hal penting bahwa teknologi yang dibangun dengan aplikasi ini bisa mudah bagi wisatawan dan masyarakat untuk menggunakan, selain masih banyak keluhan – keluhan akan aplikasi Jaket Boat ini. Aplikasi dibuat untuk memudahkan maka, apabila adanya aplikasi bisa mempermudah semua lapisan masyarakat. Dengan mewujudkan visi dan harapan ini untuk masa depan Teknologi Jaket Boat, diharapkan bahwa Kepulauan Seribu akan terus menjadi destinasi pariwisata yang menarik, berkelanjutan, dan berdaya saing tinggi di tingkat global. Hal ini juga akan memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat dalam bentuk adanya teknologi yang mempermudah untuk keberlanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliansyah, B.A. (2023) 'Rancang Bangun Jaket Pelampung Terlacak Jarak Jauh Berbasis LoRa'.
- Hetharia, W. et al. (2021) 'Problems and technical solutions of capture fisheries in Eastern Indonesian waters', IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1052. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234296679>.
- Liu, T.-M. and Leung, K.-K. (2018) 'Volunteer tourism, endangered species conservation, and aboriginal culture shock', Biodiversity and Conservation, 28, pp. 115–129. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:254277831>.
- Loddé, B. et al. (2019) 'SEA-mulation: training for technical treatment related to emergency situations in maritime environment', Critical Care, 23.
- Mustapa, F. et al. (2023) 'Studi Ekologi dan Morfometrik Kepiting Kelapa (Birgus Latro L.): Studi Kasus di Desa Waonu, Pulau Kadatua, Sulawesi Tenggara', Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan [Preprint]. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:265188223>.
- Nugraha, R.A. (2016) 'HARMONIZATION OF THE AVIATION SECTOR WITHIN PRESIDENT JOKOWI'S MARITIME POLICY: A WAY TO PROMOTE PIONEER FLIGHTS', in. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113705396>.
- Ramu, P. et al. (2020) 'SEJARAH PERKEMBANGAN LALUAN PENARIKAN (DEVELOPMENT HISTORY OF WITHDRAWAL ROUTE)', in. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216167351>.
- Romadhon, Y. and Vikaliana, R. (2018) 'PELAYARAN RAKYAT DALAM PERSPEKTIF SISTEM LOGISTIK NASIONAL', Jurnal Logistik Indonesia [Preprint]. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:190458933>.
- Sinaga, O.S. et al. (2021) 'Kontribusi perceived usefulness, perceived ease of use dan perceived security terhadap behavioral intention to use aplikasi JAKET', Insight Management Journal [Preprint]. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259442772>.
- Soares, J. and Nunes, N.N. (2020) 'The character and uniqueness of Madeira's natural and cultural heritage as determining factors for sports tourist products', in. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226408242>.
- Sriram, G.Y. et al. (2022) 'MarineServe: An IoT-based AI-enabled Multi-Purpose Real-time Alerting System for Fishing Boats', Proceedings of the 2022 Fourteenth International Conference on Contemporary Computing [Preprint]. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:253110424>.
- Widoyoko, A. and Sulistiyowati, S.M.H. (2013) 'IMPLEMENTASI ASAS CABOTAGE PADA INPRES RI NO 5TAHUN 2005 TENTANG PEMBERDAYAAN INDUSTRIPELAYARAN NASIONAL DI INDONESIA', in. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:152933693>.



PENERAPAN PERANGKAT LUNAK BARU BERUPA *AUTOMATION TRAFFIC LIGHT* DAN IDENTIFIKASI LALU LINTAS DENGAN MENGUNAKAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)*

**Wiwiek Mardawiyah Daryanto^{1*}, Yoel Mego
Hastomo²**

^{1,2} Sekolah Tinggi Manajemen Ipmi Jakarta

e-mail: wiwiek.daryanto@ipmi.ac.id

PENDAHULUAN

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence* atau *AI*) merupakan teknologi yang dirancang untuk membuat sistem komputer mampu meniru kemampuan intelektual manusia. AI memungkinkan komputer untuk belajar dari pengalaman, mengidentifikasi pola, membuat keputusan, dan menyelesaikan tugas-tugas kompleks dengan cepat dan efisien (Ayub, 2023). Penggunaan AI dalam hal Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*) Sub-bidang AI yang berfokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan komputer belajar dari data dan pengalaman, dapat membantu untuk mempelajari secara menyeluruh untuk dijadikan Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*) menggunakan jaringan saraf secara mendalam (*deep neural networks*) untuk menganalisis data dengan lapisan kompleksitas yang tinggi (Athmaja, dkk. 2017). Dalam hal ini dua kemampuan diatas dapat dimaksimalkan menggunakan alat *Internet of Things (IoT)* dalam membantu mengawasi kelancaran lalu lintas perkotaan menuju ke *smart city*. "*Smart City*" adalah konsep kota yang menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk meningkatkan efisiensi operasional, membagikan informasi kepada publik, dan meningkatkan kualitas layanan pemerintah serta kesejahteraan warga (Nikhil & Sujith, 2019).

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah lampu lalu lintas telah menjadi bagian penting dari infrastruktur transportasi perkotaan selama beberapa dekade, mengatur pergerakan kendaraan dan pejalan kaki untuk menjamin keselamatan dan efisiensi. Namun, kemajuan teknologi *Artificial Intelligence (AI)* merevolusi cara kerja lampu lalu lintas. Penggunaan AI pada lampu lalu lintas memungkinkan sistem merespons kondisi lalu lintas yang berubah secara dinamis dengan lebih baik. Dengan menggunakan kombinasi dari LIDAR (*Light Detection and Ranging*) dan prosesor nya dapat membantu mengawasi kegiatan lalu lintas yang sedang terjadi di jalan raya dan membantu memberi keputusan lalu lintas terutama dalam persimpangan-persimpangan lampu lalu lintas di DKI Jakarta (Widiasaputra, dkk., 2022). Dalam hal ini AI dengan menggunakan machine learning (ML) mampu mempelajari beberapa hal:

1. Jumlah jalur yang ada di lingkup lampu lintas terkait,
2. Jumlah dan jarak antar mobil terkait yang ada di kisaran lampu lalu lintas,
3. Kepadatan lalu lintas atau pejalan kaki yang terdapat dalam lampu merah terkait,
4. Dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing pergantian rambu lalu lintas.

Kemampuan ML dan AI terkait dari teknologi LIDAR dikombinasikan dengan kamera CCTV yang terdapat di lampu lalu lintas terkait maka akan menimbulkan sebuah teknologi AI dari perekaman ML yang sudah didapat akan menjadi teknologi lampu lalu lintas terkait. Seperti metode yang telah dilakukan oleh Khushi (2017) yang melakukan kombinasi antara persimpangan menggunakan *matlab code* untuk menyatukan semua sisi interseksi untuk mengukur berapa lama lampu lalu lintas terkait. Konsep *Smart City* menghasilkan berbagai kehebatan dan keunggulan yang signifikan, meningkatkan kualitas hidup warga dan efisiensi operasional kota. Pengembangan ini merupakan salah satu konsep DKI Jakarta untuk menjadi *Smart City* dalam pengaturan lalu lintas.

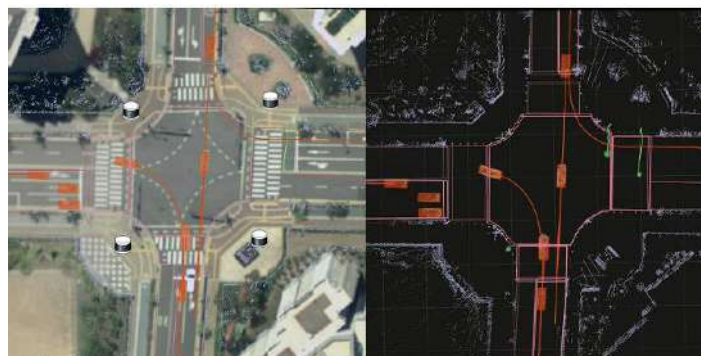
PEMBAHASAN

***Light Detection and Ranging (LIDAR)* dan Proses LIDAR**

Penggunaan LiDAR dapat dilakukan dalam banyak hal dalam proses pengambilan data secara mendetail hingga model 3D. LIDAR menurut IBM (2024) adalah teknologi penginderaan jauh yang menggunakan sinar laser untuk mengukur jarak dan pergerakan yang tepat di suatu lingkungan, secara *real time*. Menurut IBM (2024) LiDAR bekerja dengan prinsip yang sama dengan radar, yaitu "deteksi dan jangkauan radio" sistem lokasi yang sering digunakan oleh kapal dan pesawat terbang dan sonar, yaitu "navigasi sonik dan jangkauan" sistem digunakan oleh kapal selam. Ketiga teknologi tersebut memancarkan gelombang energi untuk mendeteksi dan melacak objek. Perbedaannya adalah radar menggunakan gelombang mikro dan sonar menggunakan gelombang suara, sedangkan LIDAR menggunakan cahaya yang dipantulkan, yang dapat mengukur jarak dengan lebih cepat, dengan ketepatan yang lebih besar dan resolusi yang lebih tinggi daripada radar atau sonar. Dalam hal ini sistem LIDAR dapat dikombinasikan dengan proses unit yang dapat mengakuisisi data terkait lalu lintas dan memprosesnya dengan menggunakan sistem *geofencing*. Menurut Microsoft (2024) *Geofence* adalah parameter virtual di sekitar lokasi tertentu. *Geofencing* memungkinkan pengguna untuk menggambar zona di tempat kerja, lokasi pelanggan, dan area yang aman. Manusia dapat mengkonfigurasi sistem untuk memicu berbagai tindakan saat geofence dilewati oleh orang atau kendaraan lengkap.

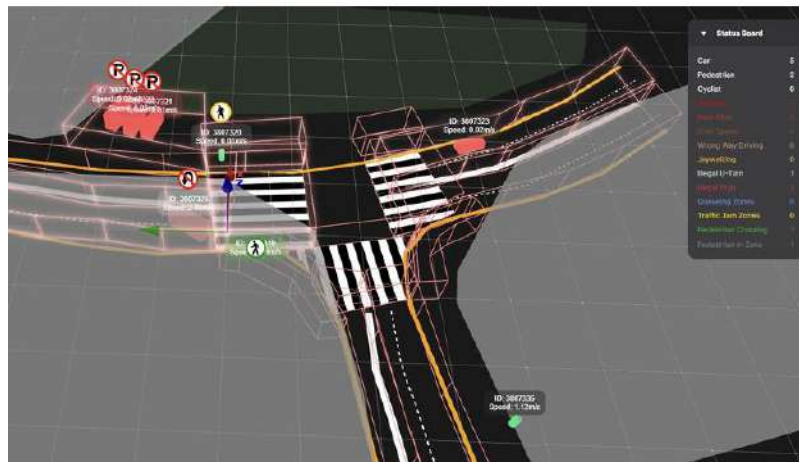
Implementasi Teknologi

Kombinasi antara LIDAR dan Unit Prosesornya dapat dilakukan dengan penggunaan *dashboard* yang terdapat di ruang kontrol terpusat yang dimiliki pihak terkait, dimana dengan menggunakan *geofencing* dapat dibatasi sehingga dapat diketahui potensi lalu lintas yang terjadi di lokasi masing-masing lampu lintas yang diimplementasikan di kawasan terkait (Nugroho & Puspasari, 2018).



Gambar 1.1 Kombinasi antara LIDAR dan Kamera Lalu Lintas.

Pada Gambar 1.1 dapat dilihat bagaimana kombinasi data *LIDar* dan kamera yang digunakan dapat menjadi acuan dan *Geofence* menjadi batasan-batasan sejauh mana parameter keputusan bisa diambil.



Gambar 1.2. Kemampuan Perangkat Lunak dengan Parameter yang Lebih Banyak

Gambar 1.2 menunjukkan kemampuan lebih maju bagi perangkat lunak terkait, dimana machine learning sudah dapat dilakukan untuk menganalisa lingkungan sekitar daerah yang terimplementasi. Dengan menggunakan data-data yang dipelajari oleh perangkat lunak tersebut maka kedepannya bisa dilakukan pengembangan sistem lalu-lintas (Daryanto,2023). Dalam dasbor perangkat lunak terkait dihasilkan parameter-parameter untuk penentuan sampai sejauh mana *machine learning* dapat mempelajari potensi lalu lintas untuk keputusan kapan dan kondisi seperti apa yang terbaik untuk menentukan berapa lama lampu merah seharusnya menyala, berapa banyak pelanggaran lalu lintas yang terjadi di sekitar lokasi implementasi, serta pengawasan secara lebih mendetail dan histori terjadinya kecelakaan lalu lintas di daerah tersebut untuk mencegah kejadian lalu lintas yang terjadi berikutnya. Dengan demikian maka teknologi terkait dapat membantu pengawasan lalu lintas dan membawa DKI Jakarta menjadi Kota Pintar dengan penggunaan teknologi AI untuk pengawasan lalu lintasnya. "Smart City" adalah konsep kota yang menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk meningkatkan efisiensi operasional, membagikan informasi dengan publik, dan meningkatkan kualitas layanan pemerintah serta kesejahteraan warga (Meksumphun & Kerdvibulvech, 2024). Dengan memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup, konsep *Smart City* berpotensi untuk menghadirkan lingkungan yang lebih aman, sehat, dan berkelanjutan bagi para penghuninya. Pengembangan terkait telah dilakukan di kota Essenbach, Bavaria, Jerman. Menurut Anna Ellis (2024) kota tersebut sudah melakukan uji coba, dan sangat terbantu dalam menjaga ketertiban yang ada di wilayah terkait. Dengan Indonesia yang menempati posisi 30 di Dunia dalam tingkat kemacetan dan No 9 di Asia (Tom Tom World Traffic Index, 2023),hal ini merupakan solusi yang dibutuhkan dalam menjaga kepadatan lalu lintas yang terjadi di Indonesia

Tantangan

Kondisi jalan raya di DKI Jakarta menjadi salah satu tantangan terberat yang terjadi pada saat ini. Kondisi lalu lintas di DKI Jakarta di persimpangan jalan masih rawan dan banyak pelanggaran lalu lintas, sehingga sulit untuk pengimplementasian teknologi ini. Selain itu banyak kendaraan yang masih melakukan pelanggaran marka jalan akan memengaruhi kondisi pengawasan lalu-lintas. Keamanan IOT nya itu sendiri juga menjadi tantangan kemungkinan IOT terkait untuk dicuri menjadi ancaman tersendiri yang mungkin terjadi (Fiqri, A.A, 2022). Nilai Investasi dan waktu pengembangan juga dibutuhkan cukup besar dan lama agar semua sistem dapat diimplementasikan secara menyeluruh. Proyek seperti ini juga membutuhkan kerja sama

dari berbagai instansi terkait baik dari Kepolisian lalu lintas dan pemda Jakarta dalam pengembangannya. Jaringan internet di daerah terkait juga sangat dibutuhkan untuk kelancaran data terkait. Kesadaran Publik untuk meningkatkan kesadaran tentang manfaat dan penggunaan teknologi pintar melalui kampanye informasi dan program edukasi sangat diperlukan.

Tren Masa Datang

Pengembangan sistem otomasi lalu-lintas ini akan meringankan warga kota yang bersangkutan. Kontrol otomasi yang dikembangkan ini akan menjadi tren yang akan terus berkembang. Bahkan di masa yang akan datang, pengembangan produk ini bisa akan terus berlangsung yang dikombinasikan dengan teknologi lainnya akan menjadi suatu sistem *smart city*. Dasbor lampu lalu lintas diatas akan hanya menjadi bagian dari modul-modul lain yang lebih besar di masa yang akan datang agar DKI Jakarta menjadi kota pintar yang diidamkan banyak orang.

KESIMPULAN .

Lampu lalu lintas telah menjadi bagian penting dari infrastruktur transportasi perkotaan selama beberapa dekade, mengatur pergerakan kendaraan dan pejalan kaki untuk menjamin keselamatan dan efisiensi. Namun, kemajuan teknologi Artificial Intelligence (AI) merevolusi cara kerja lampu lalu lintas. Penggunaan AI pada lampu lalu lintas memungkinkan sistem merespons kondisi lalu lintas yang berubah secara dinamis dengan lebih baik. Penelitian ini menerapkan teknik kuantitatif dan kualitatif dalam menilai kelayakan pembuatan produk perangkat lunak baru berupa Automation Traffic Light (ATL); dan mengidentifikasi lalu lintas dengan menggunakan AI. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi suatu pengembangan kota, sebagai keputusan strategis apakah proyek tersebut layak untuk diinvestasikan dan diluncurkan di DKI Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai apakah perangkat lunak baru berupa ATL dan identifikasi lalu lintas dengan menggunakan AI layak dari segi kebutuhan masyarakat DKI Jakarta. Proyek ini sangat penting untuk pengembangan kondisi lalu lintas di Jakarta karena diharapkan dapat membantu efektifitas dan efisiensi lalu lintas kota Jakarta. Proyek ini akan dievaluasi dengan melakukan studi kasus dan penilaian strategis menggunakan analisis SWOT dan Porter's Five Forces. Proyek ini juga akan menerapkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) nomor 9 yaitu Industry, Innovation And Infrastructure dan nomor 11 yaitu Sustainable Cities and Communities, sebagai variabel lain untuk memutuskan kelayakan proyek dari sisi efisiensi dan lingkungan hidup. Hasil penelitian menunjukkan perusahaan dapat melanjutkan pembuatan Dasbor ATL berdasarkan hasil studi tersebut.

Dalam perangkat lunak terkait dalam studi ini, jika machine learning sudah dapat dilakukan untuk menganalisa lingkungan sekitar daerah menggunakan data-data yang dipelajari oleh perangkat lunak tersebut maka kedepannya dapat dilakukan pengembangan sistem lalu-lintas. Sistem tersebut disajikan dalam dasbor perangkat lunak terkait yang menghasilkan parameter-parameter untuk penentuan sampai sejauh mana *machine learning* dapat mempelajari potensi lalu lintas untuk pengambilan keputusan kapan dan kondisi seperti apa yang terbaik untuk menentukan kebijakan terukur pada saat kejadian (*Real Time*). Terlepas dari permasalahan yang dihadapi pengembangan teknologi yang semakin sulit terbendung penulis merasa pengembangan ini akan terjadi pada waktunya dimana dalam hal ini jika dikembangkan lebih lanjut sistem otomasi ini akan banyak meringankan banyak pihak pengguna teknologi terkait. Kontrol otomasi yang dimiliki ini akan menjadi tren yang akan

terus berkembang bahkan kedepannya pengembangan produk ini bisa akan terus berkembang atau dikombinasikan dengan teknologi lainnya. Proyek ini juga akan menerapkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) nomor 9 yaitu *Industry, Innovation And Infrastructure* dan nomor 11 yaitu *Sustainable Cities and Communities*, sebagai variabel lain untuk memutuskan kelayakan proyek dari sisi efisiensi dan lingkungan hidup (PSPPR, 2023).

Beberapa hal yang dapat diharapkan dengan adanya Dasbor Aplikasi terlampir adalah :

1. Sistem Manajemen Lalu Lintas Adaptif

- Sensor Lalu Lintas: Sensor yang dipasang di jalanan dapat mengukur volume kendaraan, kecepatan, dan pola lalu lintas secara real-time.
- Lampu Lalu Lintas Pintar: Menggunakan data dari sensor untuk mengatur durasi lampu lalu lintas secara dinamis, mengurangi kemacetan dan meningkatkan aliran lalu lintas.

2. Pengawasan Lalu Lintas dan Keamanan

- Kamera CCTV Pintar: Kamera yang dilengkapi dengan teknologi analitik video dapat mendeteksi pelanggaran lalu lintas, seperti melanggar lampu merah atau kecepatan berlebih, dan secara otomatis mengirimkan informasi ke pusat pengendalian.
- Sistem Peringatan Dini: Sistem yang dapat mendeteksi kondisi lalu lintas yang berbahaya dan memberikan peringatan dini kepada pengemudi melalui papan informasi elektronik atau aplikasi mobile.

3. Pengumpulan Data dan Analisis

- Big Data dan Analitik: Data yang dikumpulkan dari berbagai sensor lalu lintas dianalisis untuk memahami pola lalu lintas, mengidentifikasi masalah, dan merencanakan perbaikan infrastruktur jangka panjang.
- Prediksi Lalu Lintas: Algoritma pembelajaran mesin digunakan untuk memprediksi kondisi lalu lintas di masa depan berdasarkan data historis dan real-time, memungkinkan perencanaan yang lebih baik dan pengelolaan lalu lintas yang lebih efisien.

Dengan mengintegrasikan IoT dalam pengelolaan lalu lintas, kota-kota dapat mengatasi tantangan transportasi modern secara lebih efektif, menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih efisien, aman, dan nyaman bagi penduduknya.

Berikut adalah analisis SWOT berdasarkan kebijakan diatas:

- *Strenght* (Kekuatan) : teknologi terkait dapat membantu pengawasan lalu lintas dan membawa DKI Jakarta menjadi Kota Pintar dengan penggunaan teknologi AI untuk pengawasan lalu lintasnya.
- *Weakness* (Kelemahan) : Butuh biaya serta kesiapan SDM yang mampu beradaptasi dengan kemampuan teknologi yang tinggi.
- *Oppurtunity* (Kesempatan) : Menjadi salah satu kota per-contohan yang menerapkan atomasi lalu lintas
- *Threat* (Ancaman) : Keamanan IOT nya itu sendiri juga menjadi tantangan dimana kemungkinan IOT terkait untuk di curi juga menjadi ancaman tersendiri yang mungkin terjadi.

SARAN

Kajian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi DKI Jakarta untuk melakukan pengembangan teknologi terpadu dalam hal integrasi lalu lintas. Beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk mencapai tujuan kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan Terpadu

- a) Visi dan Strategi yang Jelas: Tentukan visi jangka panjang dan strategi yang jelas untuk pengembangan Smart City. Libatkan berbagai pemangku kepentingan termasuk pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan warga.
- b) Peta Jalan yang Terperinci: Buat peta jalan yang mencakup tahapan implementasi, target pencapaian, dan indikator kinerja utama (KPI) untuk mengukur kemajuan.

2. Penguatan Infrastruktur TIK

- a) Jaringan Internet Berkecepatan Tinggi: Pastikan tersedia jaringan internet berkecepatan tinggi dan dapat diandalkan sebagai dasar untuk semua aplikasi Smart City tidak hanya untuk pengembangan lalu lintas.
- b) Penerapan IoT: Implementasikan jaringan sensor IoT untuk pengumpulan data real-time yang mendukung manajemen kota yang lebih efisien.

3. Keamanan dan Privasi

- a) Keamanan Siber: Investasikan dalam sistem keamanan siber yang kuat untuk melindungi data dan infrastruktur kota dari ancaman digital.
- b) Privasi Data: Kembangkan kebijakan privasi yang transparan dan jamin bahwa data warga dikelola dengan aman dan sesuai dengan regulasi privasi.

4. Partisipasi Warga dan Keterlibatan Komunitas

- a) Platform Partisipatif: Buat platform digital yang memungkinkan warga untuk memberikan masukan, berpartisipasi dalam pengambilan keputusan, dan mendapatkan informasi mengenai proyek-proyek kota.
- b) Pendidikan dan Kesadaran: Tingkatkan literasi digital di kalangan warga dan sediakan program edukasi untuk mempromosikan penggunaan teknologi pintar.

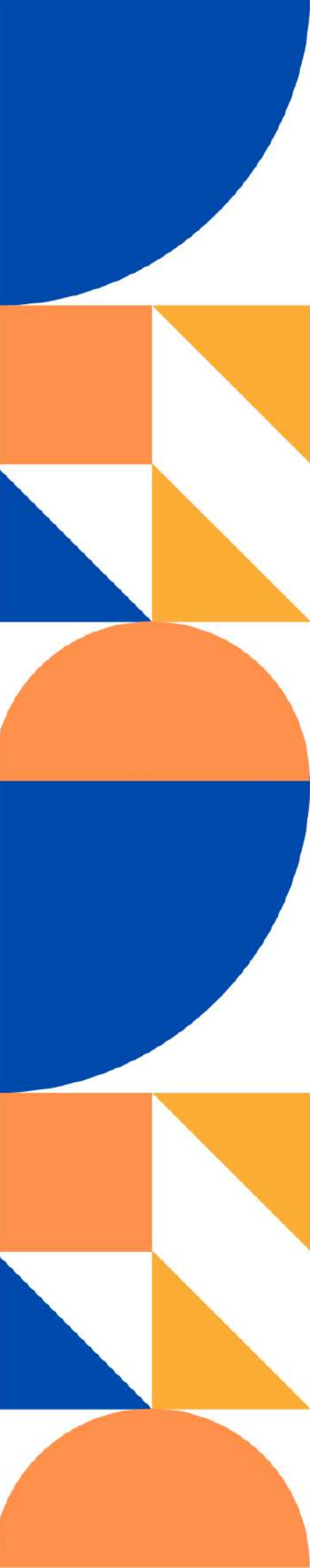
5. Kerja Sama dan Kolaborasi

- a) Kemitraan Publik-Swasta: Dorong kemitraan antara pemerintah dan sektor swasta untuk mendanai dan mengembangkan inisiatif Smart City dalam hal ini kebijakan lalu lintas yang baik sebagai tolak ukur parameter bagi sistem Dasbor terkait.
- b) Kolaborasi Antar Kota: Belajar dari pengalaman kota lain yang telah berhasil mengimplementasikan proyek Smart City dan berbagi pengetahuan serta praktik terbaik.

Dengan kebijakan diatas maka diharapkan implementasi sistem LIDAR untuk lalu lintas dapat membantu menjadi bahan dari integrasi kebutuhan DKI Jakarta dalam pengembangannya menuju *smart city*.

DAFTAR PUSTAKA

- TomTom.com, 'Tom Tom World Traffic Index', 20. [Online]. Available: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>
- Athmaja, S., Hanumanthappa, M., & Kavitha, V. (2017). A survey of machine learning algorithms for big data analytics. 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), 1–4.
- Ayub Ismail. Moh. 2023 . Apa Itu AI (Artificial Intelligence): Pengertian, Kelebihan, Dan Kekurangannya
- Daryanto, W.M. (2023). Peranan Akuntansi Manajemen dan Pengendalian terhadap Pengambilan Keputusan Organisasi di Era Disrupsi Teknologi. *Orasi Ilmiah Pengukuhan Guru Besar*.
- IBM. 2024 . What Is Lidar?. <https://www.ibm.com/topics/lidar#:~:text=IBM,an%20environment%2C%20in%20real%20time.>
- Microsoft. 2024. Geofencing untuk aplikasi Field Service mobile. <https://learn.microsoft.com/id-id/dynamics365/field-service/mobile-powerapp-geofence>.
- Anna Ellis. 2024. *Revolutionising roads: Essenbach leads with 'traffic lights of the future'*. <https://euroweeklynews.com/2024/04/10/revolutionising-roads-essenbach-leads-with-traffic-lights-of-the-future/>
- Fiqri, A.A. (2022). Dishub DKI Jakarta Akan Pakai Artificial Intelligence untuk Urai Kemacetan. <https://www.inews.id/news/megapolitan/dishub-dki-jakarta-akan-pakai-artificial-intelligence-untuk-urai-kemacetan> [Diakses pada 6 Juni 2024].
- Khushi. (2017). Smart Control of Traffic Light System Using Image Processing. 2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (CTCEEC). doi:10.1109/ctceec.2017.8454966
- Meksumphun, K. & Kerdvibulvech, C. (2024). Exploring Motivations for Social Games in Virtual Reality for Smart Cities. *Journal of Smart Cities and Society*, 3(1): 63-80.
- Nikhil A.S & Sujith K.M. (2019). Introducing Artificial Intelligence in Traffic Management for a Sustainable Urban Development. *Proceedings of the 4th Kerala Technological Congress*, 2: 431-438.
- Nugroho, H & Puspasari, F. (2018). Analisis Pemanfaatan Dan Ketelitian Lidar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Indonesia Journal of Geospatial* 7(1).
- Pusat Studi Perencanaan Pembangunan Regional (PSPPR). (2023). Tujuan Pembangunan Nasional. <https://psppr.ugm.ac.id/> [Diakses pada 6 Juni 2024].
- Widiasaputra, P.M., Bawa, I. K. A., dkk. (2022) Pengembangan Sistem Lidar Pendeteksi Jarak Aman Berkendara. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 6(2): 109-199.



POINT TO POINT AUTONOMOUS DRONE MENGUNAKAN MODUL 5G SEBAGAI SOLUSI LOGISTIK KOTA PINTAR

**Radix Rascalia^{1*}, Muhammad Hanif Abdulfattah²,
Prabowo Larasakti³**

^{1,2,3} Politeknik Astra Cikarang

e-mail : radix.rascalia@polytechnic.astra.ac.id

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang terdiri dari lebih dari 17.000 pulau, memiliki keberagaman geografi yang kompleks, melibatkan rentang yang luas dari pegunungan hingga dataran rendah. Sementara itu, dinamika demografi juga menandai Indonesia sebagai negara yang padat penduduk, khususnya di daerah perkotaan. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara padat penduduk di dunia, dengan lebih dari 270 juta jiwa yang dimana sebanyak 56,7% penduduknya tinggal di wilayah perkotaan pada tahun 2020 dan diperkirakan akan terus meningkat menjadi 66,6% pada tahun 2035. Dengan pertumbuhan populasi yang pesat khususnya di wilayah perkotaan tentu menjadi pendorong utama meningkatnya permintaan akan barang dan jasa. Fenomena ini, menimbulkan tekanan besar pada sistem logistik yang beroperasi di wilayah perkotaan.

Sistem logistik adalah bagian dari manajemen rantai pasokan yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian aliran barang, layanan, dan informasi dari titik asal hingga konsumen dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Siahaya, 2012). Elemen transportasi dalam sistem logistik memainkan peran penting untuk memastikan pengiriman barang atau layanan yang efisien dan tepat waktu. Namun, terdapat berbagai hambatan dalam transportasi logistik di wilayah perkotaan, seperti kemacetan lalu lintas, keterbatasan infrastruktur, dan sulitnya mengakses beberapa area perkotaan. Hambatan ini memperlambat pergerakan barang dan mengganggu operasional sistem logistik secara keseluruhan. Pada tahun 2023, peringkat Indonesia dalam Logistics Performance Index (LPI) menurun signifikan dari posisi ke-45 menjadi ke-63 dari 139 negara. Penurunan terbesar terjadi pada Timeliness Score (Ketepatan Waktu Pengiriman), yang berkurang sebanyak 0,4 *point*.

Data dari TomTom Traffic Index 2023, meliputi data yang diambil dari 387 kota di 55 negara di dunia, Jakarta menduduki peringkat ke-30 termacet, dengan waktu tempuh rata-rata 23 menit 20 detik untuk jarak 10 kilometer. Hal ini berkorelasi dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor, seperti yang disampaikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Jakarta, pada tahun 2022 tumbuh sebesar 17,21 persen, menjadi 17,30 juta kendaraan bermotor.

Pertumbuhan jumlah penduduk di kota Jakarta selaku Ibukota Indonesia terus meningkat. Peningkatan jumlah penduduk di Jakarta tidak terlepas dari pertumbuhan ekonomi dan sosial yang terjadi di Indonesia umumnya dan Jakarta khususnya yang merupakan pusat ekonomi di negeri ini. Pertumbuhan penduduk ini berdampak juga pada kondisi transportasi, karena mengakibatkan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor di jalanan Jakarta. Peningkatan jumlah kendaraan, di samping terbatasnya penambahan panjang ruas jalan di Jakarta, menyebabkan tingkat kemacetan di Jakarta turut meningkat. Dalam jam sibuk, tingkat kemacetan di Jakarta menjadi sebuah tantangan dan hambatan dalam transportasi baik orang maupun barang. Tingkat kemacetan yang tinggi berakibat pada inefisiensi dari segi waktu dan biaya (sebagian besar karena konsumsi bahan bakar yang tinggi), di samping juga dampak negatif pada lingkungan akibat polusi udara yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor bakar. Distribusi logistik atau pengiriman barang di wilayah kota Jakarta seringkali mengalami keterlambatan yang diakibatkan oleh kendaraan logistik terjebak kemacetan. Tentunya keterlambatan pengiriman barang yang penting (*mission critical*), seperti labu darah untuk pasien rumah sakit, suku cadang atau perangkat untuk perawatan mesin di sebuah industri, misalnya, menjadi hal yang perlu diselesaikan. Sementara itu di bidang lain, dalam kaitannya dengan berkembangnya Jakarta sebagai kota pintar, seperti teknologi komunikasi dengan adanya jaringan 5G, serta teknologi wahana drone *open source*, dapat menjadi sebuah

alternatif solusi untuk permasalahan tersebut. Wahana drone secara sukses dapat digunakan untuk mengirimkan paket berukuran kecil dan ringan, mengurangi dampak lingkungan dan sosial, sekaligus menghasilkan keuntungan untuk penyedia jasa logistik (Borghetti, et al., 2022).

Dalam mengatasi tantangan ini, perkembangan teknologi menghadirkan solusi revolusioner yaitu penggunaan drone dalam sistem logistik. Drone, pesawat nirawak yang dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan komputer atau *remote control* oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, yang bisa digunakan untuk membawa muatan (Indreswari, 2016). Kini drone telah dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti GPS, kamera, sensor jarak sehingga dapat bermanuver di lingkungan yang kompleks. Integrasi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan drone untuk terhubung dengan perangkat dan infrastruktur serta mengoptimalkan pengumpulan dan analisis data secara *real-time*.

Dengan mengembangkan sistem navigasi dan kontrol pada drone yang terintegrasi dengan IoT, dapat memungkinkan drone untuk mengakses informasi *real-time* tentang kondisi lalu lintas, cuaca, dan bahkan pemantauan lingkungan perkotaan. Hal ini memungkinkan drone untuk menentukan rute terbaik dalam menghindari kemacetan serta merespon secara dinamis terhadap perubahan kondisi di lapangan. Dengan demikian, melalui pengembangan sistem navigasi dan kontrol yang terintegrasi dengan IoT, drone dapat menjadi alat logistik yang lebih cerdas dan efisien, menjawab tantangan perkotaan dengan solusi yang revolusioner.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah penggunaan drone otonom dalam sistem logistik kota pintar menawarkan solusi yang canggih dan efisien untuk mengatasi tantangan logistik perkotaan di Indonesia. Drone modern dilengkapi dengan teknologi LiDAR (Light Detection and Ranging), modul 5G, dan sistem pendaratan presisi. LiDAR memungkinkan drone untuk memetakan lingkungan sekitarnya dengan akurasi tinggi menggunakan laser untuk mengukur jarak dan membuat peta 3D. Hal ini memungkinkan drone menghindari rintangan dan terbang dengan aman di lingkungan yang kompleks seperti perkotaan yang padat dengan bangunan dan infrastruktur lainnya.

Modul 5G menyediakan komunikasi ultra cepat dengan latensi rendah dan bandwidth tinggi, memungkinkan drone untuk berkomunikasi secara *real-time* dengan pusat kontrol dan infrastruktur kota pintar. Ini memastikan monitoring kondisi operasional secara *live*, termasuk status baterai, kondisi cuaca, dan keamanan penerbangan, sehingga drone dapat dikendalikan dengan presisi tinggi dan merespons perubahan kondisi lingkungan dengan cepat. Penggunaan jaringan 5G memungkinkan drone dilengkapi kamera beresolusi tinggi yang dapat dipantau dari stasiun darat sehingga misi penerbangan drone dapat terus dipantau dengan baik. Selain itu, sistem pendaratan presisi menggunakan berbagai sensor dan teknologi visual untuk memastikan bahwa drone dapat mendarat dengan aman dan tepat, bahkan di ruang terbatas atau area yang sulit diakses.

Integrasi teknologi ini memberikan berbagai manfaat signifikan dalam operasi logistik. Pemanfaatan wahana drone berbasis *open source*, dilengkapi modul 5G, dan aplikasi responsif berbasis web untuk mengirimkan rencana terbang dan pemantauan dari stasiun darat (*ground station*), sebagai *point to point logistic drone* untuk pengiriman barang berukuran kecil dan ringan. Penggunaan drone mengurangi waktu pengiriman secara signifikan dibandingkan metode logistik konvensional dengan menghindari kemacetan lalu lintas dan menjangkau area yang sulit diakses oleh kendaraan darat. Ini juga membantu mengurangi kemacetan dan emisi karbon dengan mengurangi jumlah kendaraan logistik di jalan raya. Sistem ini dilengkapi

dengan fitur keamanan canggih untuk melindungi barang yang dikirim serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi penerbangan dan standar keselamatan. Dengan kemampuan monitoring dan kontrol real-time, risiko keterlambatan dan kerugian dapat diminimalkan, menjadikan teknologi ini sebagai pilar utama dalam evolusi logistik urban di masa depan.

PEMBAHASAN

Konsep dan Teori Dasar

Drone adalah istilah populer untuk wahana terbang nirawak yang sanggup terbang hingga beberapa kilometer untuk menjalankan misi tertentu, seperti pengintaian, pengiriman amunisi, survey jarak jauh, dan misi lainnya. Dalam beberapa tahun terakhir terjadi peningkatan dalam pengembangan drone yang ramah manusia dan dapat terbang secara otonomi. Peningkatan ini didukung oleh miniaturisasi dan pengurangan biaya komponen elektronik (prosesor, sensor, baterai, dan modul komunikasi nirkabel), yang sebagian besar didorong oleh industri perangkat elektronik portabel. Peningkatan ini memungkinkan pembuatan prototipe dan drone komersial berukuran kecil (biasanya kurang dari 1kg) dengan kisaran harga ponsel pintar (Floreano & Wood, 2015).

Dalam prakteknya, drone logistik digunakan dalam empat sektor (Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021), meliputi:

1. Ritel dan e-commerce,
2. Layanan pos dan pengiriman paket,
3. Pengiriman makanan dan minuman,
4. Layanan kesehatan dan kedaruratan.

Sejak pengumuman terkenal pertama Amazon Prime mengembangkan armada drone untuk skala kecil pengiriman paket, beberapa perusahaan (DHL, Google, UPS, dan beberapa lainnya) telah mengembangkan teknologi lebih lanjut dan beradaptasi dengan berbagai peraturan untuk dapat membawa potensi drone ke bidang logistik perkotaan. Penting untuk disebutkan, bahwa dari kombinasi kemajuan teknologi dan ekonomi, masih menempatkan drone untuk pengiriman paket kecil dalam tahap validasi konsep. Sedangkan permohonan perdata lainnya, seperti layanan inspeksi atau pertanian, ditempatkan selangkah lebih maju (dalam pertumbuhan produk), dan fotografi/videografi sudah berada dalam fase pertumbuhan pasar. Dalam kasus Swiss, Kantor Penerbangan Sipil Federal (FOCA) telah bekerja selama bertahun-tahun untuk menawarkan kesempatan bagi drone untuk beroperasi dengan cara yang aman. Di lokasi lain, peraturan telah diadaptasi atau pengecualian khusus telah diberikan untuk memungkinkan pengujian dilakukan (Roca-Riu & Menendez, 2019).

Pengiriman barang atau logistik dalam kota terdiri dari berbagai konsep. Salah satu konsepnya adalah pengiriman dilakukan secara tiga tahap. Pada tahap satu, penyedia logistik mengirimkan barang ke pusat logistik di pinggiran kota. Tahap dua, pengiriman gabungan dilakukan dari pusat logistik ke terminal kota di dalam zona pengiriman. Tahap tiga, setelah konsolidasi mikro arus, pengiriman akhir ke pelanggan dilakukan dengan drone. Konsep logistik dalam kota yang menggabungkan berbagai model konsolidasi dan drone pada tahap akhir pengiriman dapat menjadi solusi yang berkelanjutan (Tadic, et al., 2022).

Aplikasi dan Strategi Praktis

Sistem Drone Logistik Otonom merupakan sebuah aplikasi yang menggabungkan sistem manajemen, navigasi, dan kontrol berbasis IoT untuk mengoptimalkan drone dalam operasi logistik. Aplikasi ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan waktu pengiriman barang dengan memanfaatkan teknologi terkini. Salah satu fitur utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk menampilkan rute pengiriman tercepat berdasarkan titik tertentu menggunakan peta digital. Dengan demikian, operator dapat dengan mudah merencanakan dan mengatur rute pengiriman yang optimal untuk memenuhi kebutuhan logistik secara tepat waktu.

Tak hanya itu, kontrol pada drone dalam Sistem Drone Logistik Otonom dilengkapi dengan teknologi LiDAR dan precision landing. Teknologi LiDAR digunakan untuk memetakan lingkungan sekitar dengan akurasi tinggi menggunakan laser, sehingga drone dapat mengidentifikasi rintangan dan menghindarinya secara efektif selama perjalanan. Hal ini memastikan keamanan dan keandalan drone dalam mengatasi tantangan navigasi di lingkungan perkotaan yang kompleks, termasuk bangunan, pohon, dan kendaraan lainnya yang dapat menjadi hambatan.

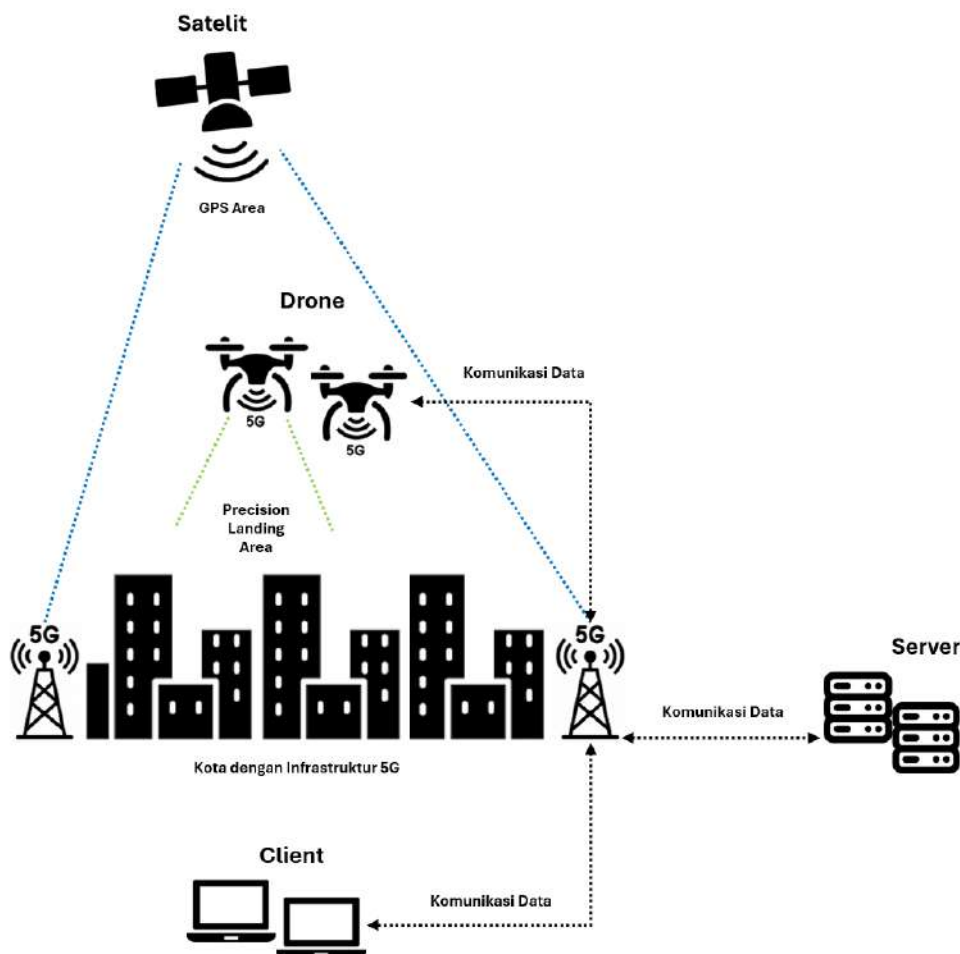
Selain itu, fitur *precision landing* memungkinkan drone untuk mendarat dengan akurasi yang tinggi di lokasi yang ditentukan dengan tepat. Teknologi ini menggunakan sensor dan algoritma khusus untuk memastikan bahwa drone dapat mendarat dengan aman dan stabil, bahkan dalam kondisi cuaca atau lingkungan yang tidak bersahabat. Dengan *precision landing*, drone dapat melakukan pengiriman barang dengan presisi yang tinggi, sehingga meminimalkan risiko kerusakan atau kehilangan saat proses pengiriman. Penggunaan kamera untuk mengenali lingkungan dan precision landing, memungkinkan kesuksesan pengiriman logistik perkotaan menggunakan wahana drone. Selain itu, kamera resolusi tinggi yang didukung jaringan 5G dapat memberikan kemudahan dalam pemantauan wahana drone dari jarak jauh.

Dalam pengembangan Otonom Drone Logistik, pendekatan metodologi yang digunakan adalah sistem prototipe. Metodologi ini merupakan bagian dari kumpulan pendekatan pengembangan aplikasi yang cepat (Rapid Application Development/RAD). Pendekatan sistem prototipe memungkinkan analisis, desain, dan implementasi sistem dilakukan secara simultan, menghasilkan versi awal yang sederhana dari sistem yang direncanakan untuk dievaluasi oleh pengguna. Pilihan menggunakan pendekatan sistem prototipe dipilih setelah melalui proses diskusi yang mendalam, termasuk perbandingan dengan metode lain seperti pemrograman ekstrim dan pendekatan prototipe sekali pakai. Pendekatan sistem prototipe dianggap paling sesuai untuk pengembangan Otonom Drone Logistik dengan alasan-alasan tertentu yang mendukung kebutuhan proyek.

1. Dalam tahap pengembangan Otonom Drone Logistik, kebutuhan dan gambaran awal sistem masih kurang jelas. Dengan menggunakan pendekatan prototipe, tim pengembang dapat dengan cepat membuat versi awal dari sistem untuk memberikan gambaran yang lebih jelas kepada pengguna dan mengumpulkan umpan balik untuk iterasi selanjutnya.
2. Pembangunan sistem menggunakan teknologi yang sudah dikenal dan dikuasai oleh pengembang. Dengan demikian, pendekatan ini memungkinkan pengembang untuk fokus pada pengembangan fitur-fitur baru dan inovatif tanpa harus mempelajari teknologi baru secara mendalam, sehingga mempercepat proses pengembangan.
3. Kompleksitas dalam hal teknologi dan permintaan penggunaan cukup sulit sehingga diperlukannya iteratif feedback dan percobaan secara berulang. Pendekatan sistem

prototipe memungkinkan pengembang untuk secara fleksibel menyesuaikan fitur-fitur dan fungsionalitas sistem berdasarkan umpan balik yang diterima dari pengguna selama tahap pengembangan.

Penggunaan Otonom Drone Logistik dapat dilakukan melalui berbagai aplikasi dan strategi praktis, Salah satu aplikasi praktisnya adalah integrasi dengan penyedia jasa logistik lokal. Dengan menggunakan teknologi 5G, drone dapat melakukan pengiriman barang secara otomatis dan cepat antar lokasi dalam kota, mempercepat proses distribusi barang dan mengurangi kemacetan lalu lintas. Sistem ini didukung oleh teknologi navigasi dan kontrol yang canggih, serta sensor LiDAR yang dapat menjaga drone dari rintangan atau hambatan di sekitarnya. Hal ini memungkinkan drone untuk menghindari rintangan dengan presisi tinggi, sehingga mencapai tujuan dengan akurasi yang maksimal. Pemantauan dan pengendalian drone dapat diakses di mana saja dan kapanpun melalui platform logistik, sehingga memberikan informasi yang akurat mengenai status pengiriman dan keadaan sekitar secara real-time kepada penyedia jasa logistik dan pelanggan. Dengan menerapkan aplikasi dan strategi praktis ini, integrasi otonom drone logistik menggunakan modul 5G dan sensor Lidar dapat menjadi solusi yang inovatif dan efektif dalam meningkatkan efisiensi logistik dalam inisiatif kota pintar.



Gambar 4 Ilustrasi Rancangan Sistem

Tantangan dan Potensi Hambatan

Tantangan dan potensi hambatan yang mungkin dihadapi dalam implementasi otonom drone logistik dalam kota perlu diperhatikan secara serius. Salah satu tantangannya adalah regulasi dan keamanan udara. Penggunaan drone dalam lingkungan perkotaan harus mematuhi berbagai peraturan dan regulasi penerbangan yang ada untuk menghindari tabrakan dengan pesawat udara lainnya atau bahaya bagi masyarakat. Selain itu, penting untuk memastikan keamanan data dan privasi dalam penggunaan teknologi 5G untuk pengiriman barang, mengingat sensitivitas informasi yang dikirim dan diterima melalui jaringan tersebut. Potensi hambatan lainnya adalah teknis, seperti ketahanan dan daya tahan drone dalam kondisi cuaca yang ekstrem atau lingkungan yang tidak terduga. Memastikan bahwa drone dapat beroperasi secara optimal dalam berbagai kondisi akan menjadi tantangan tersendiri. Dengan memperhatikan tantangan dan potensi hambatan ini, pihak terkait dapat mengembangkan solusi yang sesuai dan mengoptimalkan manfaat dari penggunaan otonom drone logistik dalam konteks kota pintar.

Tren Masa Depan dan Perkembangan

Di masa depan, pengembangan sistem pengiriman barang menggunakan drone otonom dengan modul 5G sebagai solusi pintar logistik kota pintar akan semakin mengintegrasikan kecerdasan buatan (AI) bersama dengan *edge computing* dan algoritma jalur langsung. Pemanfaatan AI akan memungkinkan drone untuk mengambil keputusan yang lebih cerdas dan adaptif dalam proses pengiriman barang. AI dapat digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan oleh drone secara *real-time*, seperti kondisi lalu lintas udara, cuaca, dan informasi lingkungan lainnya. Dengan demikian, drone dapat mengoptimalkan rutenya secara dinamis, menghindari rute yang padat atau berbahaya, dan memilih jalur yang paling efisien berdasarkan kondisi saat ini. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk mengembangkan sistem pemandu virtual yang cerdas untuk pengguna. Sistem ini dapat memberikan informasi tambahan tentang status pengiriman, perkiraan waktu kedatangan, dan respon *real-time* terhadap pertanyaan atau permintaan pengguna. Selain itu, AI dapat memberikan rekomendasi personalisasi berdasarkan preferensi pengguna, seperti opsi pengiriman yang lebih cepat atau lebih hemat biaya.

Dengan mengintegrasikan AI bersama dengan *edge computing* dan algoritma jalur langsung, sistem pengiriman barang menggunakan drone otonom dengan modul 5G akan menjadi lebih efisien, adaptif, dan responsif terhadap kebutuhan logistik kota pintar di masa depan. Ini akan membawa kemajuan signifikan dalam pengiriman barang dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik.

KESIMPULAN

Perkembangan teknologi 5G membuat drone memiliki potensi untuk merevolusi industri logistik dengan memungkinkan pengiriman barang yang lebih cepat, efisien, aman dan hemat biaya. Dengan menggunakan jaringan 5G, latensi komunikasi sistem navigasi dan kontrol pada drone akan berkurang secara signifikan sehingga pertukaran data yang terjadi antara drone dan sistem navigasi dapat berjalan secara real time. Hal ini memungkinkan drone untuk dapat melakukan manuver pada lingkungan yang kompleks, menghindari rintangan, serta dapat melakukan pendaratan dengan aman dan presisi di area yang telah ditentukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah point to point autonomous drone menggunakan modul 5G yang terintegrasi dengan sistem navigasi dan kontrol. Proses pengembangan autonomous drone mengikuti metodologi pengembangan prototype serta

memanfaatkan teknologi internet of things (IoT), sensor kamera, LiDAR, dan modul 5G. Metodologi pengembangan prototype memberikan pendekatan yang berfokus pada prototype awal dan feedback yang cepat, memastikan fungsionalitas produk sesuai dengan hasil uji coba dan feedback yang diterima. Dengan teknologi IoT yang terintegrasi bersama 5G, drone dapat beroperasi secara otonom dan dipantau secara jarak jauh dengan menggunakan jaringan internet 5G. Hal ini berguna untuk mempermudah pengendalian drone pada aktivitas logistik dengan cakupan wilayah area yang luas. Pengujian autonomous drone dilakukan menggunakan metode prototyping untuk memastikan hasil yang konsisten serta memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai. Hasil penelitian ini menjadi prototype awal bagi perkembangan lebih lanjut dalam implementasi drone 5G dalam industri logistik, sehingga dapat membawa perubahan positif dalam pengiriman barang dan manajemen rantai pasokan.

Pemanfaatan wahana nirawak drone yang diintegrasikan dengan LiDAR dan jaringan 5G untuk meningkatkan pengendalian dan pemantauan wahana dapat menjadi solusi sistem logistik perkotaan sebagai bagian dari sebuah kota pintar. Pemanfaatan ruang udara terbuka yang tersedia saat ini dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya logistik perkotaan karena menghindari dan mengurangi tingkat kemacetan suatu kota. Penggunaan teknologi hijau, karena menggunakan energi ramah lingkungan juga mengurangi tingkat polusi yang disebabkan oleh kemacetan dan penggunaan wahana yang berbahan bakar fosil. Penggunaan wahana drone untuk logistik perkotaan dapat digunakan oleh penyedia layanan umum, maupun layanan privat di sebuah organisasi yang memiliki beberapa tempat di lokasi terpisah dalam suatu kota. Namun penggunaan sistem drone logistik ini perlu diatur oleh pemerintah karena memiliki resiko terhadap manusia jika terjadi kesalahan dalam operasionalnya.

SARAN

Penggunaan drone di wilayah perkotaan memiliki risiko yang signifikan terkait keselamatan orang dan komponen lainnya. Oleh karena itu, diperlukan regulasi yang ketat untuk produk drone logistik dan operasionalnya di wilayah Jakarta. Regulasi ini harus mencakup ukuran drone, kelayakan terbang, lokasi terbang, rute terbang, dan operator penyedia layanan, karena semua ini memiliki risiko potensial yang dapat membahayakan manusia. Drone berukuran lebih kecil dengan kecepatan operasi yang lebih rendah relatif lebih aman. Selain itu, jangkauan dan penyebaran infrastruktur jaringan 5G sangat diperlukan untuk operasional dan pemantauan drone logistik. Mengingat risiko kecelakaan yang dapat ditimbulkan, pemantauan yang baik menjadi faktor penting. Jakarta perlu memperluas infrastruktur jaringan 5G sebelum mengimplementasikan drone logistik sebagai bagian dari inisiatif kota pintar yang direncanakan.

Pemerintah pusat dan daerah sebagai regulator perlu mempersiapkan regulasi terkait operasional drone logistik. Regulasi ini harus mencakup:

- Spesifikasi, ukuran, kecepatan, dan sertifikasi drone logistik.
- Faktor keselamatan yang harus dipenuhi oleh drone logistik.
- Wilayah terbang/operasional drone logistik.
- Standarisasi operator yang berhak mengoperasikan layanan drone logistik.

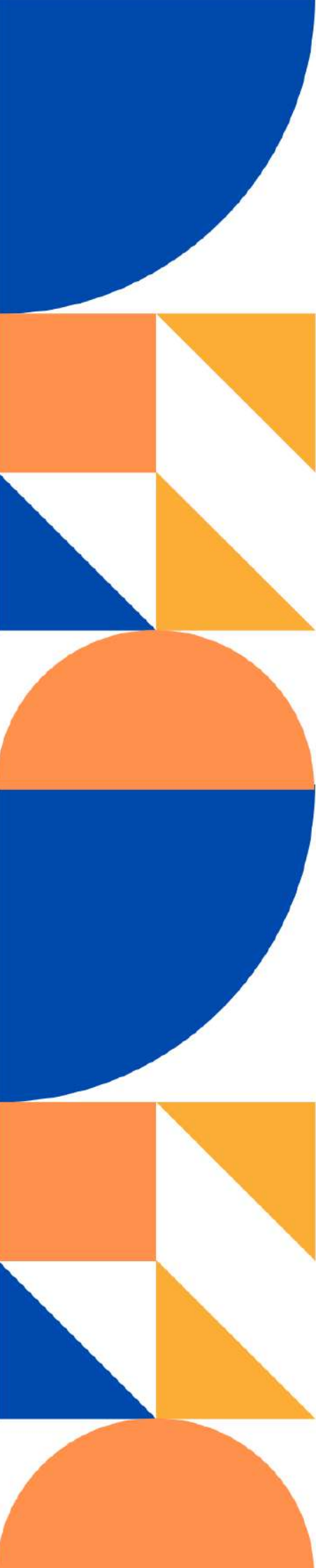
Berikut adalah langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam implementasi drone logistik berdasarkan regulasi yang ada:

- Menambahkan *fail-safe design* untuk memastikan keselamatan manusia dan lingkungan ketika terjadi kegagalan operasional.
- Melakukan tahap pengujian, termasuk pengujian faktor keselamatan yang ditetapkan regulator.
- Mengikuti sertifikasi sesuai standar regulator.
- memproduksi perangkat drone logistik untuk operasional.
- *Maintenance & services*.

Dengan regulasi dan langkah-langkah ini, implementasi drone logistik di Jakarta dapat dilakukan secara aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Borghetti, F., Caballini, C., Carboni, A., Grossato, G., Maja, R., Barabino, B. The Use of Drones for Last-Mile Delivery: A Numerical Case Study in Milan, Italy. (2022). <https://doi.org/10.3390/su14031766>.
- Badan Pusat Statistik (BPS) DKI Jakarta, 2023. Statistik Daerah Provinsi DKI Jakarta 2023.
- Badan Pusat Statistik (BPS) 2020, Persentase Penduduk Daerah Perkotaan Hasil Proyeksi Penduduk menurut Provinsi Tahun 2015–2035. URL : <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTI3NiMx/persentase-penduduk-daerah-perkotaan-hasil-proyeksi-penduduk-menurut-provinsi--2015---2035.html>
- Dennis, A., Wixom, B. H., & Roth, R. M. 2019. Systems Analysis and Design (Seventh Edition). Wiley.
- Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. 2021. Systems Analysis & Design an Object-Oriented Approach with UML (Sixth Edition). Wiley.
- Despa, M. L. 2014. Comparative study on software development methodology. Database Systems Journal, 5(3).
- Floreano, D., Wood, R. Science, technology and the future of small autonomous drones. Nature 521, 460–466 (2015). <https://doi.org/10.1038/nature14542>.
- Garg, T., Gupta, S., Obaidat, M.S. *et al.* Drones as a service (DaaS) for 5G networks and blockchain-assisted IoT-based smart city infrastructure. *Cluster Comput* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10586-024-04354-1>
- Habiba, A. F. C., & Prasetyia, F. (2022). Analisis Pengaruh Penerapan E-commerce Terhadap Pendapatan UMKM di Masa Pandemi (Studi Kasus Sektor Kuliner di Kota Malang). *Journal of Development Economic and Social Studies*, 1(3), 408-420.
- Hidayati, I. (2021). Urbanisasi dan Dampak Sosial di Kota Besar: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial*, 7(2), 212-221.
- Indreswari, S. 2016, Peran drone/unmanned aerial vehicle (UAV) buatan STTKD dalam Dunia Penerbangan. URL : <https://www.researchgate.net/publication/343552688> Peran Drone Unmanned Aerial Vehicle UAV Buatan STTKD dalam Dunia Penerbangan .
- Moshref-Javadi, MM., Winkenbach, M. Applications and Research avenues for drone-based models in logistics: A classification and review, Expert Systems with Applications, Volume 177, 2021, 114854, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114854> .
- Pahlevi, R., Nahry, N., Sutanto, S. Logistics Distribution System Planning Using Drone Case Study In Jakarta. International Journal of Technology Management and Information System, [S.I.], v. 4, n. 2, p. 1-12, june 2022. ISSN 2710-6268
- Roca-Riu, M., Menendez, M. Logistic deliveries with drones State of the art of practice and research. (2019). <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000342823>.
- Siahaya, W. 2012, Manajemen Pengadaan = Procurement Management, ALFABETA, Indonesia.
- Tadić, S., Kovač, M. i Čokorilo, O. (2021). The Application of Drones in City Logistics Concepts. Promet - Traffic&Transportation, 33 (3), 451-462. <https://doi.org/10.7307/ptt.v33i3.3721>
- TomTom[Internet]. 2023. TOMTOM TRAFFIC INDEX Ranking 2023; Available from: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>



STRATEGI PENURUNAN BEBAN BIAYA LISTRIK SEKTOR PENDIDIKAN MELALUI IMPLEMENTASI PROGRAM MANAJEMEN ENERGI SEKOLAH (MES) BERKELANJUTAN

**Reza Abdu Rahman^{1*}, Adi Wahyu Pribadi²,
Aulia Keiko Hubbansyah³**

^{1,2,3} Universitas Pancasila Jakarta

e-mail: reza.a@univpancasila.ac.id

PENDAHULUAN

Manajemen energi listrik di sektor bangunan sekolah sangat sedikit diperhatikan oleh pemangku kebijakan dan pengambil keputusan. Pernyataan tersebut dapat dibuktikan dengan pertanyaan berikut:

1. Dari total biaya listrik yang dibayarkan sekolah ke penyedia tenaga listrik, adakah audit terkait pemakaian tersebut?
2. Adakah perhitungan biaya listrik/kapita tiap warga sekolah?
3. Adakah batas atas biaya pemakaian listrik untuk sekolah pada tiap bulan?
4. Adakah asesmen efektivitas pemakaian energi listrik di bangunan sekolah?

Mengacu kepada data di dapodik, total sekolah (jenjang Taman Kanak sampai Sekolah Luar Biasa) di wilayah DKI Jakarta mencapai 8.856 Sekolah, dengan proporsi 22,67% berstatus sekolah Negeri (2.007 unit) dan 77,33% berstatus sekolah Swasta (6.849)¹. Manajemen energi listrik yang optimal tentunya akan memberikan dampak positif bagi seluruh pihak, terkhusus untuk Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI Jakarta dan juga masyarakat luas. Kita dapat belajar contoh program sistematis yang dilakukan melalui program Educa–RUE (*Rational Use of Energy*) di wilayah Eropa dengan satu tujuan spesifik yakni meningkatkan efisiensi energi pada sektor bangunan (Desideri, Leonardi, Arcioni, & Sdringola, 2012).

Program Educa–RUE yang dilakukan antara tahun 2008–2010 merupakan tindak lanjut dari Program besar yang dicetuskan pada tahun 1997 oleh *International Energy Agency* (IEA) (Erhorn et al., 2008). Keseluruhan tujuan tersebut mengarah kepada target besar untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada sektor bangunan, lebih spesifik lagi pada sektor bangunan pendidikan. Penetapan target pada sektor bangunan pendidikan dikarenakan kemudahan dalam memprediksi pola penggunaan energi, jumlah populasi dan juga kategori beban. Permasalahan yang dihadapi pada waktu tersebut adalah penerapan manajemen energi jarang dilakukan dan kurang dianggap penting. Penyebab utamanya adalah kurangnya pengetahuan dan pemahaman dari pemangku kepentingan dan pengambil keputusan terkait tindakan manajemen energi tersebut (Uzair & Ali Abbas Kazmi, 2023).

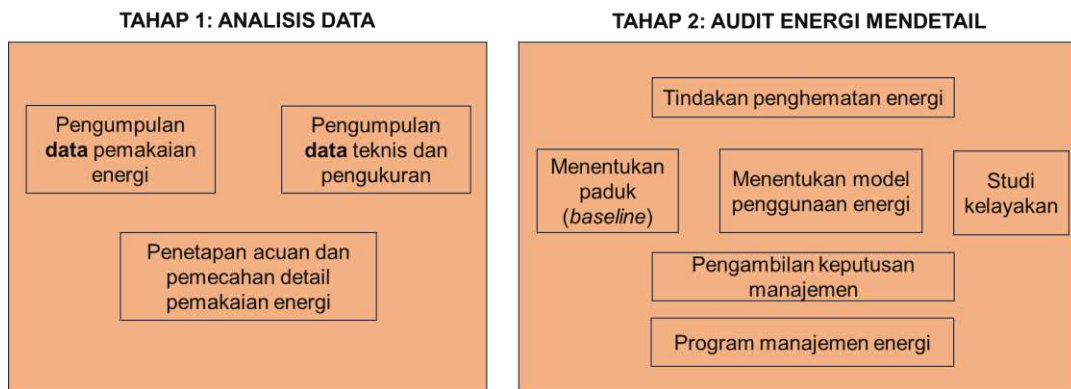
Pola permasalahan yang telah terjadi lebih dari 20 Tahun silam di wilayah Eropa dapat dijadikan refleksi untuk segera memulai proses manajemen energi di lingkungan sekolah. Permasalahan tersebut yang melandasi tiga pertanyaan di awal pembukaan pada bagian buku ini. Kami melihat sekolah di bawah Pemprov DKI Jakarta sangat ideal untuk dijadikan *role model* dari program manajemen energi sekolah (MES) terstruktur dan berkelanjutan, dengan pertimbangan:

1. Ketersediaan data pokok (jumlah siswa, guru, luas bangunan, dll) yang sangat baik di bawah pengelolaan Dinas Pendidikan Pemprov DKI Jakarta dan juga data di tingkat pusat;
2. Akses dan infrastruktur energi yang sudah baik untuk bangunan sekolah di wilayah DKI Jakarta;
3. Pelaporan penggunaan anggaran operasional sekolah yang sudah terintegrasi sehingga dapat dengan mudah untuk melakukan pemantauan berkelanjutan.

Keunggulan tersebut memberikan banyak kemudahan dalam proses inisiasi program MES di lingkungan Pemprov DKI Jakarta. Kesuksesan penerapan program MES di tingkat Provinsi DKI

¹ Sumber: <https://dapo.kemdikbud.go.id/sp/1/010000> (diakses pada Minggu, 12 Mei 2024)

Jakarta diharapkan dapat dijadikan rujukan untuk penerapan program skala besar secara nasional. Hal ini sejalan dengan program pemerintah pusat untuk mencapai *Target Net Zero Emission* di Tahun 2060 yang tentunya perlu didukung oleh semua elemen pemerintahan (Pemerintah Provinsi dan Pemerintah Daerah), masyarakat, akademisi dan industri.



Gambar 5. Metodologi pengumpulan dan analisis data untuk inisiasi program MES

Arah spesifik program MES yang dibahas pada bagian buku ini ditujukan untuk level Sekolah Dasar Negeri (SDN) yang berjumlah 1.305 Sekolah di bawah Pemprov DKI Jakarta². Pemilihan sekolah dasar didasari pada pertimbangan proses audit energi yang lebih mudah dikarenakan: Intervensi pengguna dari peserta didik lebih kecil, sehingga proses pemetaan pola pemakaian energi menjadi lebih mudah.

Karakteristik beban listrik yang lebih beragam dikarenakan tidak adanya perlengkapan laboratorium yang kompleks seperti di tingkat pendidikan menengah atas/kejuruan.

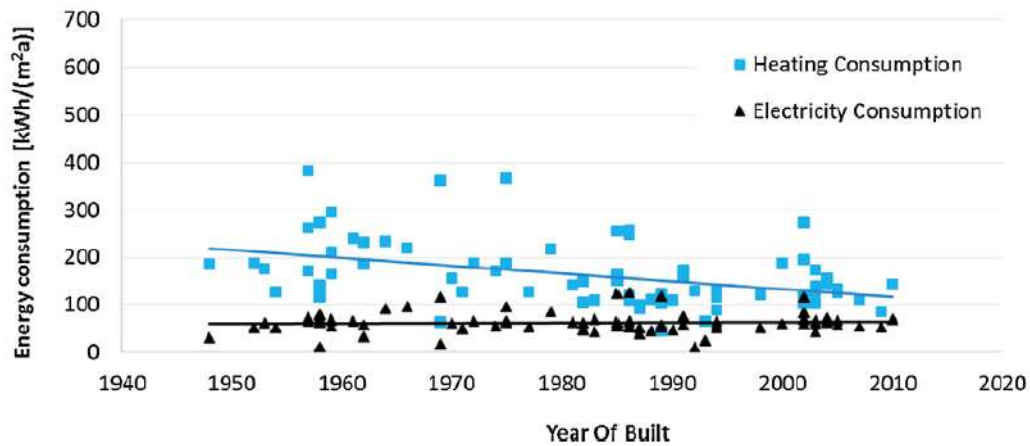
Inisiasi program MES diarahkan berdasarkan pedoman DOE/CS/69105—5 yang dengan jelas menyatakan program MES harus dilakukan dengan **penganggaran seminim mungkin** (America, 1989). Panduan tersebut kemudian diturunkan menjadi langkah spesifik seperti disajikan pada Gambar 1 (AlFaris, Juaidi, & Manzano-Agugliaro, 2016).

Program MES akan selalu dimulai dengan pengambilan data (Tahap 1 pada Gambar 1). Hal ini merupakan pokok paling penting sebelum sampai ke tahap berikutnya yang akan banyak melibatkan komponen lebih detail, termasuk peluang penerapan *narrow reactive machine artificial intelligence* (NRM-AI) sebagai alat bantu manajemen energi (Thu, Nong, Simshauser, & Hoang, 2024). Data pemakaian energi akan dapat dengan mudah dikumpulkan berdasarkan laporan biaya pengeluaran listrik (baik dalam satuan Rupiah maupun kWh), kemudian data jumlah warga sekolah dapat dengan mudah diperoleh berdasarkan laporan kehadiran siswa, kehadiran guru dan tenaga kependidikan serta tamu. Keseluruhan data tersebut akan digunakan untuk proses penetapan paduk (*baseline*). Anggaran yang dapat dihemat kemudian dapat dipertimbangkan untuk investasi pada penerapan energi bersih seperti panel surya di bangunan sekolah, yang pada akhirnya akan memberikan dampak positif yang lebih luas, baik secara regional maupun nasional. Pokok ide tersebut yang akan kami bahas secara khusus pada bagian buku ini.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah banyak Negara yang memperhatikan terkait dengan efisiensi pemanfaatan energi di bangunan sekolah seperti contoh studi kasus yang dilakukan oleh T. Sekki dkk. di Finlandia (Sekki, Airaksinen, & Saari, 2015). Faktor utama yang

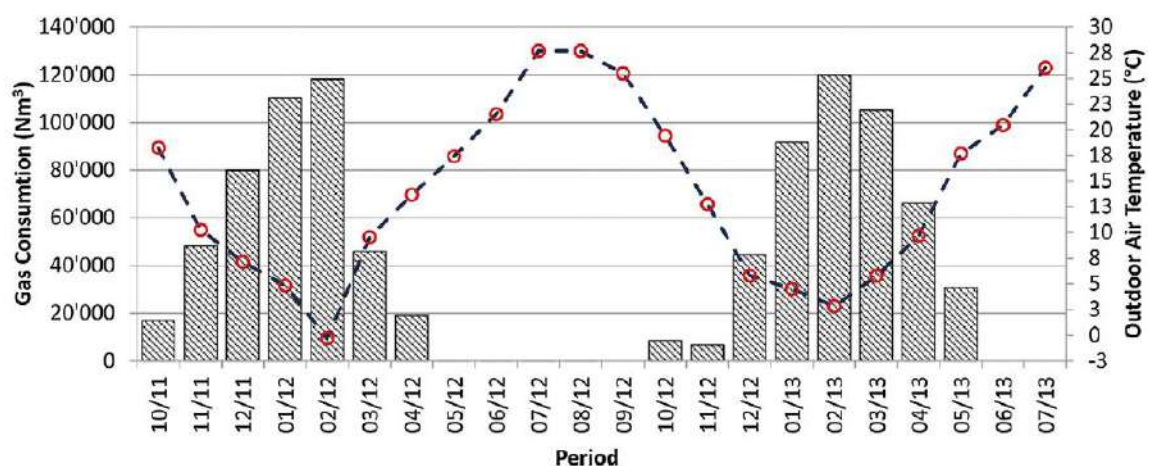
² Sumber: <https://dapo.kemdikbud.go.id/sp/1/010000> (diakses pada Minggu, 12 Mei 2024)

mendorong kegiatan tersebut adalah regulasi yang semakin ketat terkait permintaan efisiensi energi. Kepemilikan data yang baik memberikan nilai perbandingan yang lebih spesifik di mana terdapat data primer terkait tagihan listrik yang digunakan antara tahun 1981 – 2000 dan pengumpulan data spesifik di tahun 2012. Model konsumsi harian juga dilaporkan secara otomatis berdasarkan database sistem di sana. Data yang terkumpul dengan baik dapat dengan mudah dipetakan seperti contoh Gambar 2.



Gambar 6. Konsumsi energi listrik dan pemanas pada sekolah responden di Kota Espoo, Finlandia (Sekki et al., 2015)

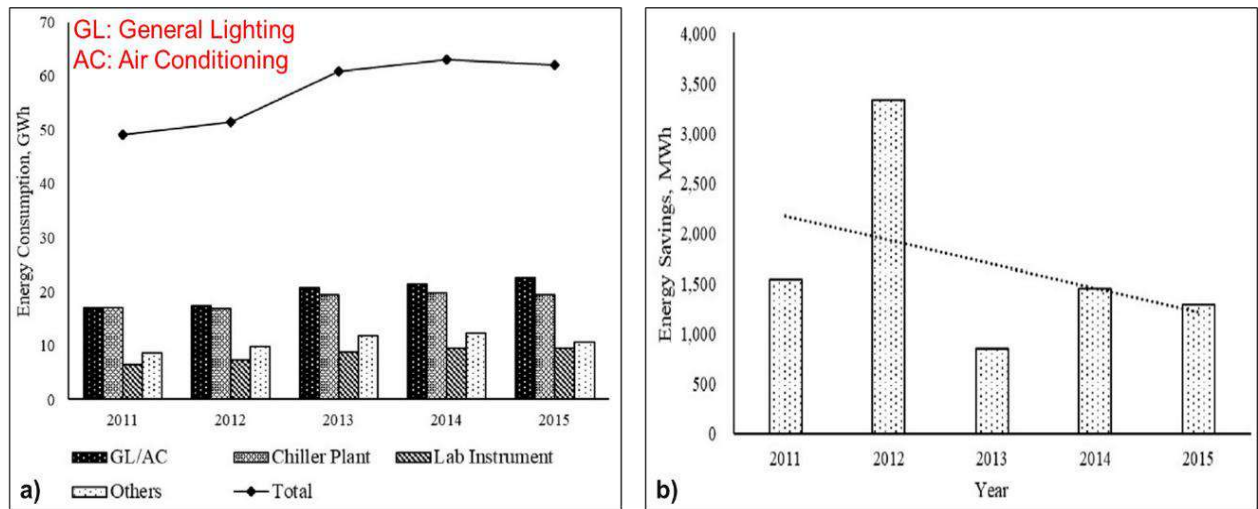
Penguatan aspek regulasi menuntut bangunan sekolah untuk memperbaiki pola konsumsi energi. G. Semprini dkk melakukan studi terkait manajemen energi di bangunan dan institusi pendidikan di Bologna, Italia (Semprini et al., 2016). Tindakan tersebut merupakan langkah spesifik untuk mencapai target *European Directive 2010/31*. Studi dilakukan secara ekstensif antara Tahun 2011–2013 dengan memperhatikan aspek konsumsi gas dan juga korelasinya dengan suhu udara sekitar. Pengumpulan data yang baik memperlihatkan pola penggunaan yang jelas terkait hubungan konsumsi gas untuk pemanasan dan kondisi udara sekitar (Gambar 3).



Gambar 7. Pola konsumsi gas untuk pemanas dengan suhu udara sekitar pada bangunan sekolah di Bologna, Italia (Semprini et al., 2016)

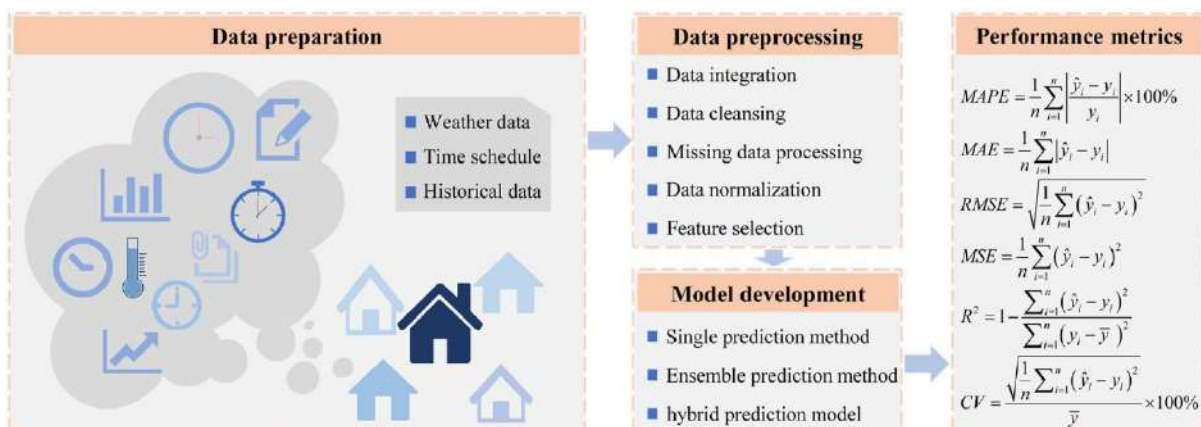
Pendataan konsumsi energi listrik yang baik akan memberikan tolok ukur yang spesifik terkait dengan target dan capaian dari program MES. J. Yeo dkk memberikan estimasi yang spesifik berdasarkan aspek penguatan data pola konsumsi energi pada sektor bangunan sekolah di

Hong Kong (Yeo, Wang, An, & Zhang, 2019). Gambar 4a menunjukkan data awal pemakaian energi akhir di sisi pengguna. Penerapan manajemen energi yang dilakukan mampu memberikan penghematan tahunan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4b.



Gambar 8. a) Konsumsi energi pada sisi pengguna, dan b) Penghematan energi tahunan pada sektor terkait (Yeo et al., 2019)

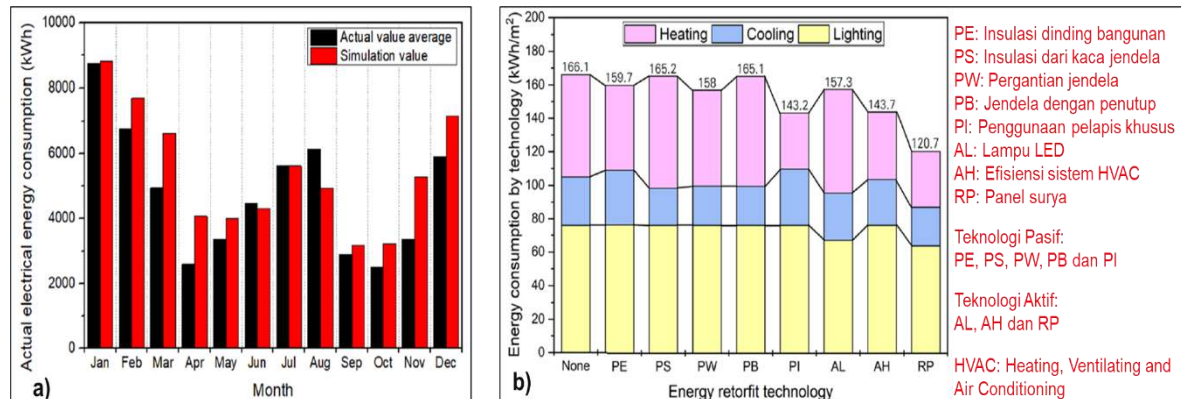
Pengumpulan data yang detail dapat memberikan arah perbaikan pola yang lebih optimal. Metode ini yang dijadikan landasan oleh W. Cao dkk untuk memprediksi pola konsumsi energi di bangunan sekolah (Cao et al., 2023). Proses prediksi yang diperlihatkan pada Gambar 5 menunjukkan dua kegiatan awal yang dilakukan fokus pada aspek pengumpulan dan pengelolaan data. Hal ini sejalan dengan aspek penting dari fungsi MES (Gambar 1) pada Tahap 1 dengan kegiatan utama sebatas pada pengumpulan data. Detail data tersebut kemudian dijadikan basis dalam penentuan pola konsumsi, strategi optimasi dan pemantauan berkala untuk pertimbangan audit energi (dan keuangan) terkait dengan beban biaya listrik sekolah.



Gambar 9. Metode prediksi konsumsi energi listrik bangunan (Cao et al., 2023)

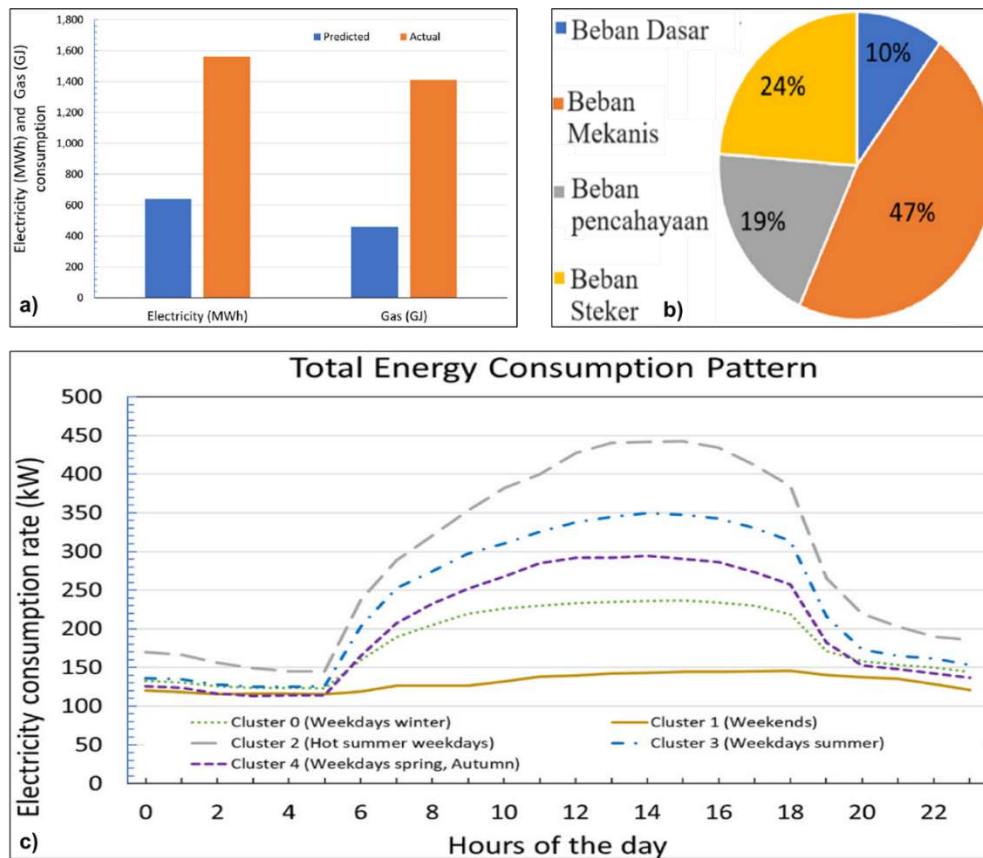
Pemodelan lanjutan berdasarkan landasan data yang sangat detail memungkinkan opsi penerapan teknologi yang lebih sesuai untuk mendukung perbaikan pola pemakaian. H. Park dkk melakukan perbandingan konsumsi energi berdasarkan data aktual dan simulasi (Gambar

6a) (Park, Park, Kim, & Chang, 2024). Data ini kemudian dijadikan landasan dalam penentuan ragam teknologi untuk penghematan pola konsumsi. Gambar 6b menunjukkan opsi ragam teknologi yang mungkin diterapkan, baik secara pasif dan aktif. Terlihat bahwa masing-masing model berkontribusi pada penurunan konsumsi energi yang berarti ada peluang penghematan tinggi dari tingkat pemakaian energi bangunan sekolah.



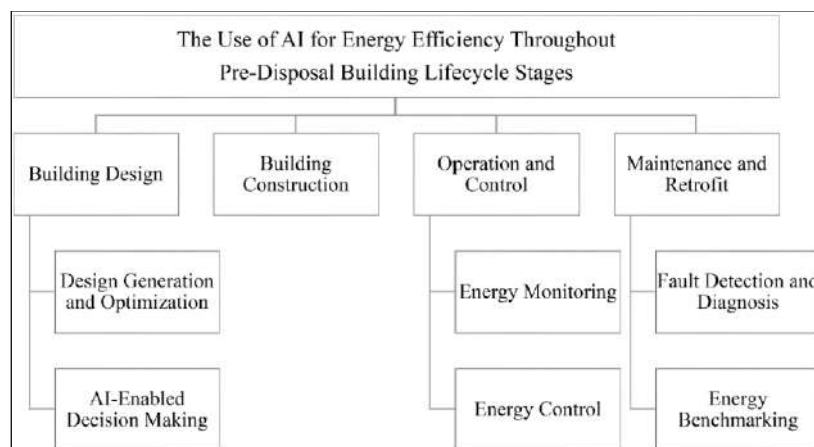
Gambar 10. a) Analisis perbandingan konsumsi energi bangunan (simulasi dan aktual), dan b) Konsumsi dan rerata penghematan energi dengan berbagai model teknologi (Park et al., 2024)

Pentingnya pengumpulan data untuk program MES akan membawa dampak langsung pada aspek penghematan dan arah kebijakan. M. Alam dan M.R. Devjani menggunakan prinsip *data mining* untuk pengumpulan data pada program MES di Australia (Alam & Devjani, 2021). Proses *data mining* yang dilakukan terdiri dari pengumpulan data, *pre-processing*, analisis dan interpretasi data. Hasil yang sangat detail diperlihatkan mulai dari jumlah konsumsi energi (Gambar 7a) yang dapat dibandingkan antara model prediksi dan aktual. Selanjutnya, pemetaan beban konsumsi secara detail yang terbagi ke dalam empat kategori beban (Gambar 7b). Hasil akhirnya adalah pola pemakaian energi pada tiap kondisi (Gambar 7c). Keseluruhan hasil ini akan memberikan arah kebijakan spesifik untuk proses MES dan juga pemantauan pemakaian anggaran energi di tingkat sekolah.



Gambar 11. a) Perolehan data konsumsi energi, b) Pembagian beban konsumsi energi, dan c) Pola pemakaian energi (Alam & Devjani, 2021)

Kemajuan teknologi memungkinkan integrasi yang lebih baik berdasarkan data yang diperoleh melalui *data mining* dan pembentukan struktur hirarki manajemen. R.O. Yussuf dan O.S. Asfour menyajikan diagram penerapan *artificial intelligence* (AI) dalam proses peningkatan efisiensi pemakaian energi di sektor bangunan. Gambar 8 memberikan pembagian dengan jelas sehingga arah spesifik penerapan AI dapat ditunjukkan untuk kondisi bangunan yang sudah ada (*existing*) dengan tujuan operasi dan kendali yang selanjutnya diarahkan untuk aspek perbaikan dan penambahan teknologi (*retrofit*). Seluruh aspek saling terintegrasi sehingga tujuan spesifik dapat dengan mudah dirumuskan oleh pemangku kebijakan dan pengambil keputusan terkait dengan program MES.



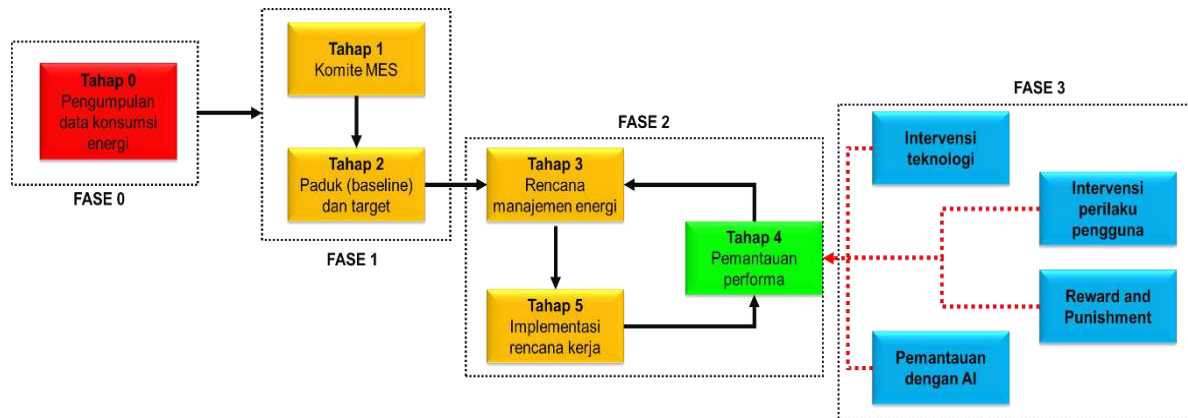
Gambar 12. Penerapan *artificial intelligence* (AI) pada proses optimasi konsumsi energi listrik sektor bangunan (Yussuf & Asfour, 2024)

Alur berpikir program MES dibuat secara sistematis yang dimulai dari pengumpulan data, analisis, penerapan manajemen cerdas dengan alat bantu AI. Kondisi di DKI Jakarta pada prinsipnya sangat ideal karena iklim tropis membuat konsumsi energi pemanasan tidak ada. Konsumsi energi untuk pemanas ruangan berkontribusi tinggi pada banyak bangunan di iklim dingin (Barbhuiya & Barbhuiya, 2013). Perbaikan pola pemakaian energi melalui penerapan MES secara tidak langsung akan menurunkan konsentrasi CO₂ yang pada akhirnya akan membawa dampak baik untuk kesehatan dan tumbuh kembang peserta didik (Franco & Leccese, 2020). Hal ini juga sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) pada bidang energi (Zhang et al., 2024) dan ekonomi-energi (Liao, Xiao, Li, Zhang, & Peng, 2024). Dengan demikian, penerapan MES pada jangka panjang akan memberikan kontribusi positif meliputi aspek kesehatan (SDGs–3), pendidikan (SDGs–4), energi bersih (SDGs–7), pertumbuhan ekonomi (SDGs–8), infrastruktur kota yang berkelanjutan (SDGs–11), dan pola konsumsi yang bertanggung jawab (SDGs–12).

Pengembangan lanjutan dari program MES dilakukan dengan berbagai strategi berkelanjutan. Beberapa strategi sebagai tindak lanjut program meliputi:

1. Membangun kesadaran di instansi pendidikan dengan target akhir perubahan perilaku dari warga sekolah.
2. Pengaturan beban konsumsi energi (khususnya untuk pendinginan) dengan menyesuaikan jadwal kelas dan memperhatikan aspek okupansi kelas.
3. Analisis hubungan antara kebijakan (*policy*) energi dan sekolah yang cenderung tidak terlihat memiliki dampak besar pada konsumsi dan penggunaan anggaran terkait energi yang tidak terkendali, sehingga penting untuk memberikan batasan dan kebijakan strategis untuk memperhatikan aspek konsumsi energi di tingkat pendidikan.
4. Penguatan efisiensi pemakaian energi dari data asesmen energi tiap jam sebagai bentuk laporan untuk analisis berpotensi digunakan untuk memberikan intervensi tindakan pasif pada pola pemakaian yang sesuai di bangunan sekolah.
5. Terakhir, integrasi beban pendinginan di bangunan sekolah diatur secara sistematis dengan sistem *cloud* berdasarkan prinsip model kendali prediktif yang melibatkan NRM–AI.

Rangkuman strategi tersebut mengindikasikan dengan kuat bahwa program MES merupakan hal penting yang mutlak harus dilakukan guna menghadirkan fungsi pemakaian energi dan juga efisiensi anggaran yang baik. Lebih lanjut, strategi tersebut merupakan implementasi lanjutan dari keseluruhan kegiatan jangka panjang pada program MES yang tentunya melibatkan banyak pemangku kepentingan dan juga pengambil keputusan.



Gambar 13. Tahapan implementasi berkelanjutan untuk program MES

Paparan dari ragam studi yang telah dilakukan dapat dirumuskan secara spesifik untuk memberikan arah program MES yang lebih jelas. Pola ini kami sajikan pada Gambar 9 sebagai petunjuk dasar untuk penerapan MES. Sebagai tambahan, tahapan ini kami rumuskan sebagai tindak lanjut pada acuan pertimbangan dan standar pola manajemen energi (Mischos, Dalagdi, & Vrakas, 2023) serta tren fungsi pemantauan dan pengembangan berkelanjutan pada Fase 3. Kegiatan MES melibatkan banyak personel dan juga program jangka panjang, sehingga aspek perencanaan akan menjadi penting untuk ditentukan oleh pemangku kebijakan dan pengambil keputusan terkait dengan program ini.

PEMBAHASAN

Fase 0 – Pengumpulan Data Konsumsi Energi

Mengacu kepada Gambar 9 terkait tahap implementasi program MES, fase 0 fokus pada aspek pengumpulan data. Pengumpulan data yang dilakukan harus dibuat sesederhana mungkin tanpa menimbulkan biaya tambahan selama proses ini, dengan informasi dasar meliputi:

1. Tanggal dan hari pencatatan (misalnya Selasa, 02 Januari 2025).
2. Catatan kWh meter dari meteran listrik sekolah saat pengisian data dilakukan.
3. Total konsumsi energi (merupakan selisih kWh meter hari sekarang dengan hari sebelumnya).
4. Catatan khusus yang relevan dengan kondisi kegiatan sekolah seperti:
 - Kegiatan belajar mengajar (KBM) normal
 - Hari libur
 - Ada kegiatan KBM dan acara tertentu
 - Pekan ujian

Pada bagian akhir catatan, total konsumsi dapat dengan mudah diperoleh berdasarkan jumlah total kolom 4. Pencatatan dilakukan tiap akhir waktu (misalnya pukul 16:00) untuk memberikan acuan konsumsi di hari tersebut, sedangkan pencatatan kedua dilakukan pada waktu yang sama di hari berikutnya. Penggunaan data rekapitulasi sebaiknya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pengolah data (misalnya: *spreadsheet*, *Ms. Excel*) untuk kemudahan dalam proses perhitungan. Hari pertama pencatatan ditulis dengan 0 (nol) karena tidak ada acuan pembandingan awal. Sebenarnya, pihak pemangku kebijakan dan pengambil keputusan sudah dapat melihat dengan jelas terkait dengan pemakaian energi di sekolah tersebut jika terjadi keanehan nilai konsumsi harian.

Proses pendataan awal merupakan tahapan paling penting pada program MES. Proses ini dapat dilakukan dengan mudah tanpa menuntut adanya keahlian khusus. Pemangku kebijakan

dan pengambil keputusan dapat mulai mempertimbangkan mekanisme pendataan dan pelaporan ini, termasuk juga menyediakan format baku pendataan. Langkah berikutnya dapat dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Pemangku kebijakan dan pengambil keputusan memberikan penugasan khusus ke dinas terkait dengan proses pendataan ini.
2. Dinas terkait memberikan penugasan ke tingkat sekolah dan sekolah memberikan penugasan ke operator sekolah/penjaga keamanan/petugas lainnya terkait kegiatan pencatatan.
3. Sekolah diwajibkan untuk melakukan pengisian dataan harian berdasarkan model isian yang telah disepakati.
4. Dinas terkait, pemangku kebijakan dan pengambil keputusan melakukan telaah data bulanan/mingguan berdasarkan laporan tersebut.

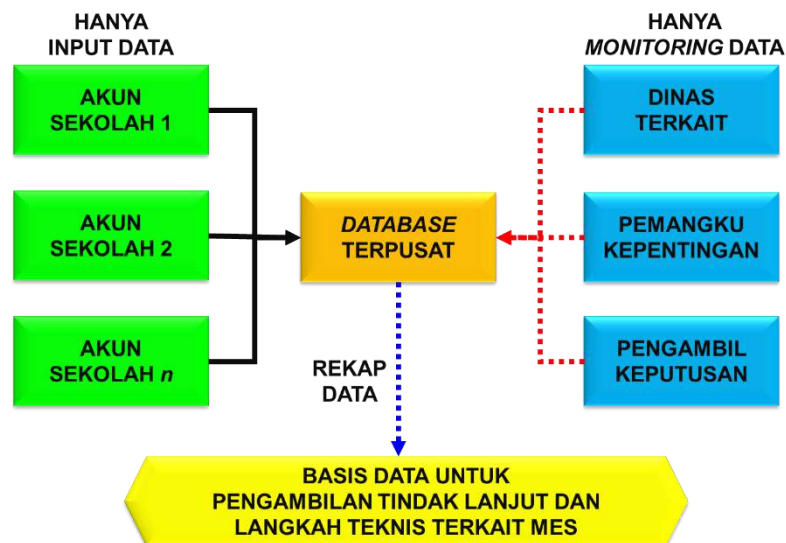
Program MES merupakan kegiatan jangka panjang sehingga aspek-aspek pengumpulan, pelaporan dan analisis data menjadi penting. Proses pengumpulan data idealnya dilakukan setahun penuh (12 Bulan) untuk melihat pola pemakaian energi di tingkat sekolah. Data ini dapat dianalisis untuk memulai Fase 1 dari program MES.

Fase 0 – Rekapitulasi dan Monitoring Data Awal

Program MES awal difokuskan untuk sekolah dasar yang berjumlah 1.305 Sekolah di bawah pemprov DKI Jakarta. Isian data awal merupakan aspek paling kritis dari program MES dan efisiensi pemakaian energi bangunan (Carriço de Lima Montenegro Duarte, Ramos Zemerio, Dias Barreto de Souza, de Lima Tostes, & Holanda Bezerra, 2021). Untuk memberikan kemudahan dalam proses rekapitulasi dan monitoring data awal, pembuatan *database* sederhana yang terintegrasi dapat diinisiasi pada tahap awal dengan mengacu kepada Gambar 14.

Detail bagian dari Gambar 14 adalah:

1. *Database* difungsikan hanya untuk pengisian data dan monitoring saja, sehingga dapat dibuat menjadi sangat sederhana.
2. Tiap sekolah sasaran (misalnya Sekolah Dasar Negeri) diberikan akun khusus yang hanya dapat melakukan input data. Sekolah wajib melakukan pengisian tiap hari nya sehingga data yang diperoleh bersifat *real time*.
3. Dinas terkait, pihak pemangku kepentingan dan pihak pengambil keputusan hanya diberikan akses untuk *monitoring* data. Hal ini bertujuan menghindari adanya potensi konflik kepentingan terkait dengan modifikasi data dan lain sebagainya.
4. Rekap data dari *database* digunakan sebagai basis data untuk memulai program MES dan tindak lanjut terkait detail teknis tahap berikutnya (**FASE 1**).



Gambar 14. Tahapan implementasi berkelanjutan untuk program MES

Fase 1 – Tahap 1: Pembentukan Komite MES

Pemangku kepentingan dan pengambil keputusan telah memperoleh data profil penggunaan energi di tingkat sekolah. Keseluruhan data tersebut digunakan sebagai landasan awal dalam proses pembentukan komite Manajemen Energi Sekolah (MES). Komite MES sendiri merupakan unsur gabungan yang terdiri dari:

1. Pemangku kepentingan di tingkat pemerintah daerah.
2. Pengambil keputusan di tingkat pemerintah daerah dan provinsi.
3. Kepala sekolah di unit sekolah sasaran.
4. *External auditor* dan *expert* – sebagai *advisor* untuk penentuan arah kebijakan terkait pembacaan data dan juga model analisis detail terkait dengan manajemen energi.

Kegiatan MES merupakan program yang bersifat kontinu dan *multiyear*. Hal ini penting untuk diperhatikan khususnya pada pemangku kepentingan dan juga pengambil keputusan untuk memberikan landasan hukum dan panduan teknis terkait dengan detail program ini (Ji & Huang, 2022). Selanjutnya, komite MES dibentuk dan disahkan berdasarkan aturan dan regulasi yang berlaku untuk memberikan jaminan kelancaran dari pelaksanaan program ini.

Fase 1 – Tahap 2: Penentuan paduk (*baseline*) dan target konsumsi energi

Seluruh program terkait dengan manajemen energi, baik di tingkat industri, swasta maupun rumah tinggal, pasti membutuhkan paduk sebagai acuan untuk menentukan potensi penghematan energi (Sudarsan & Chithra, 2024). Data yang telah diperoleh pada kegiatan fase 0 dianalisis lebih mendalam oleh tim komite MES, khususnya dari *external auditor*. Data tersebut memberikan gambaran terkait dengan pola konsumsi energi secara umum di tingkat sekolah. Detail data konsumsi energi di tingkat sekolah perlu diperkuat dengan diadakannya audit energi. Audit energi akan memberikan detail terkait dengan:

1. Beban–beban listrik yang ada di sekolah.
2. Klasifikasi beban listrik di sekolah yang lebih detail seperti:
 - a. Beban kecil dengan pemakaian kontinu seperti kamera pengawas dan lemari pendingin.
 - b. Beban besar dengan pemakaian kontinu seperti penyejuk ruangan untuk peladen (*server*).

- c. Beban besar dengan pemakaian waktu tertentu seperti penyejuk ruangan untuk kelas.
 - d. Beban besar dengan pemakaian berselang seperti *lift*.
3. Memperhatikan kondisi iklim di Indonesia dan wilayah Jakarta berdasarkan laporan iklim dari laporan berikut (World Bank Group, 2017) menunjukkan potensi beban tertinggi adalah penyejuk ruangan. Dengan demikian, detail audit terkait dengan suhu ruangan, sirkulasi udara, kendali kelembaban dan selubung dinding bangunan penting untuk diperhatikan secara mendalam.

Hasil audit kemudian dianalisis dan dikompilasi berdasarkan laporan pemakaian pada fase 0. Hasilnya adalah pemberian nilai estimasi pemakaian energi spesifik per kapita per hari untuk tiap sekolah. Dari data tersebut, penentuan paduk pemakaian akan lebih mudah. Penentuan paduk sendiri dibuat bertahap dengan target berikut:

1. Target awal penurunan konsumsi sebesar 5%/kapita. Target ini dapat dilakukan untuk dua tahun program.
2. Target menengah penurunan konsumsi sebesar 10%/bangunan sekolah. Target ini dapat dilakukan untuk tahun ketiga – kelima program.
3. Target lanjutan penurunan konsumsi sebesar 20%/bangunan sekolah, yang dapat dicapai setelah tahun keenam program berjalan.

Penetapan target tersebut memberikan nilai rasional dari keberlanjutan program. Segala bentuk penghematan energi akan membawa dampak positif pada pemakaian anggaran belanja daerah yang kemudian dapat direlokasikan untuk perbaikan sirkulasi udara, kelembaban ruangan dan selubung bangunan sehingga konsumsi energi dari penyejuk ruangan akan turun secara drastis. Aspek *heating, ventilating and air conditioning* (HVAC) merupakan salah satu beban pemakaian listrik utama di tingkat bangunan, termasuk sekolah (Cho, Heo, & Moon, 2023; Ni, Chong, & Chou, 2024; Y. Wang et al., 2015). Target *ultimate* dari keseluruhan program ini pada akhirnya adalah pemakaian energi bersih bersumber dari matahari dikarenakan puncak beban pemakaian di sekolah saat siang hari yang dibarengi dengan puncak suplai energi dari matahari (R.A. Rahman, et al., 2022).

Fase 2 – Perencanaan, Pelaksanaan dan Pemantauan Program MES

Fase 2 merupakan detail lanjutan yang merangkum keseluruhan garis besar program yang terdiri dari aspek perencanaan, pelaksanaan dan pemantauan program MES. Detail aspek ini kami rangkum sebagai berikut:

1. Perencanaan manajemen energi (Tahap 3 pada Fase 2)
Kegiatan ini akan banyak melibatkan pemangku kepentingan, pengambil keputusan dan juga eksternal auditor untuk menentukan tujuan besar dari program MES guna mencapai target penurunan konsumsi energi. Perencanaan perlu dibuat secara sistematis yang harus diselesaikan melalui kegiatan *focus group discussion* (FGD) untuk dokumen teknis pelaksanaan dan juga landasan hukum/regulasi terkait dengan program ini.
2. Pelaksanaan program MES (Tahap 5 pada Fase 2)
Dokumen perencanaan yang telah disusun kemudian diimplementasikan. Implementasi ini akan memberikan gambaran lebih detail terkait dengan karakteristik konsumsi pemakaian energi berjalan saat program dilaksanakan, yang kemudian dapat dibandingkan berdasarkan karakteristik konsumsi pada kondisi sebelum program dilaksanakan dan acuan paduk yang ditetapkan.

3. Pemantauan program MES (Tahap 4 pada Fase 2)

Pemantauan merupakan tahap 4, yang bersifat tahap *antara* perencanaan dan implementasi. Pemantauan ini yang akan menjadi kunci terpenting terkait dengan ketercapaian target program dan aspek tindak lanjut dari pencapaian tersebut yang kemudian dirumuskan lebih detail pada Fase 3.

Fase 3 – Intervensi dan Penerapan Teknologi Lanjutan

Tujuan besar dari program MES adalah peningkatan efektivitas pemakaian, penurunan konsumsi dan pemantauan dari potensi kerugian energi di tingkat sekolah. Tujuan besar ini akan dapat tercapai melalui serangkaian program dasar yang kemudian disisipkan terkait dengan intervensi pada tahap pemantauan program. Bentuk intervensi ini meliputi:

1. Intervensi teknologi

Intervensi teknologi untuk memberikan dampak keberlanjutan program dan juga pencapaian tujuan besar dari MES. Intervensi teknologi secara umum meliputi:

- Penggunaan komponen beban listrik dengan efisiensi yang lebih tinggi (misalnya *Air Conditioning Inverter*, *smart HVAC*, dll).
- Penggunaan sumber energi bersih untuk beban kecil dan kontinu ataupun beban besar waktu tertentu sehingga menekan beban pemakaian listrik konvensional dari jaringan utama.
- Perbaikan aspek kenyamanan termal (*thermal comfort*) dan selubung dinding bangunan, termasuk juga aspek kelembaban dan sirkulasi udara sehingga beban pendinginan menjadi lebih rendah.
- Penggunaan *smart lighting system* (sistem pencahayaan pintar) dan lampu penerangan tipe *light emitting diode* (LED) yang memiliki efisiensi tinggi.

2. Intervensi perilaku pengguna

Perubahan perilaku konsumsi energi dari manusia merupakan aspek paling utama dari seluruh program manajemen dan penghematan energi (Du & Pan, 2023; Kumar, Caggiano, Shwom, Felder, & Andrews, 2023; Zhou, Wang, Li, Ding, & Yang, 2024). Aspek ini harus dimasukkan dalam program MES dengan harapan adanya transisi perilaku dari tiap individu yang ada di sekolah. Keuntungannya adalah sekolah merupakan lembaga pendidikan sehingga langkah transisi perilaku diharapkan menjadi lebih mudah. Tentunya perubahan perilaku harus didorong melalui pembentukan kebiasaan jangka panjang sehingga kegiatan yang awalnya dirasa janggal, lama kelamaan menjadi kebiasaan dan dapat dibawa ke luar dari sekolah (misalnya penghematan di rumah masing-masing). Dengan demikian, sekolah dan pemangku kepentingan perlu memperhatikan program-program khusus terkait:

- Pembentukan kebiasaan sadar energi.
- Pembentukan kebiasaan cermat energi.
- Pembentukan kebiasaan hemat energi.

Pembentukan kebiasaan merupakan program panjang yang perlu dilakukan secara konsisten dan menyeluruh dari seluruh pihak yang ada. Harapannya adalah perbaikan dari sisi teknologi dan perubahan perilaku konsumsi energi sehingga program MES dapat tercapai secara maksimal dan menyeluruh.

3. *Reward and Punishment*

Aspek *reward and punishment* (penghargaan dan ganjaran) banyak diterapkan pada aspek program efisiensi dan transisi energi (Gamma, Mai, Cometta, & Looock, 2021; Gao, Cai, He, Liu, & Liu, 2023; H. Wang, Zhao, Khan, & Sun, 2024). Hal ini harus diberikan perhatian

husus, karena pihak–pihak yang serius dalam program MES memberikan kontribusi penting terkait dengan peningkatan efisiensi energi dan penurunan emisi karbon tidak langsung sehingga layak mendapatkan penghargaan (Jiali, Ting, & Maqbool, 2023). Sebaliknya, pihak yang tidak serius pada program ini secara tidak langsung menganggap pemborosan energi sebagai hal yang biasa dan tidak menunjukkan adanya kepedulian terkait dengan emisi karbon untuk lingkungan dan kesehatan.

Bentuk *reward and punishment* dapat diatur secara spesifik berdasarkan kajian yang sesuai. Harapannya adalah hal ini akan memberikan motivasi tambahan untuk seluruh pihak yang serius pada program MES dan memberikan peringatan bagi pihak yang menganggap program ini tidak penting.

4. Pemantauan dengan *Artificial Intelligence* (AI)

Teknologi AI menjadi alat bantu utama untuk menjamin keberlangsungan program ini secara kontinu setelah tercapainya fungsi implementasi pada fase 2. Penggunaan AI dan seluruh komponen terlibat telah banyak digunakan untuk manajemen energi bangunan skala besar (R. Wang et al., 2024), penentuan indeks pemakaian dan pola konsumsi (Zeng, Abedin, Zhou, & Lu, 2024), dan penyesuaian tingkat permintaan energi di sisi konsumen (C. Li, Zhang, Li, & Hao, 2024).

Konsep AI pada manajemen energi juga mendukung transformasi Jakarta menjadi *smart city*. Meskipun penerapan pemantauan dengan AI dilakukan pada bagian akhir proses, namun aspek ini tetap penting diperhatikan mengacu kepada potensi berdasarkan data pemakaian energi, antara lain:

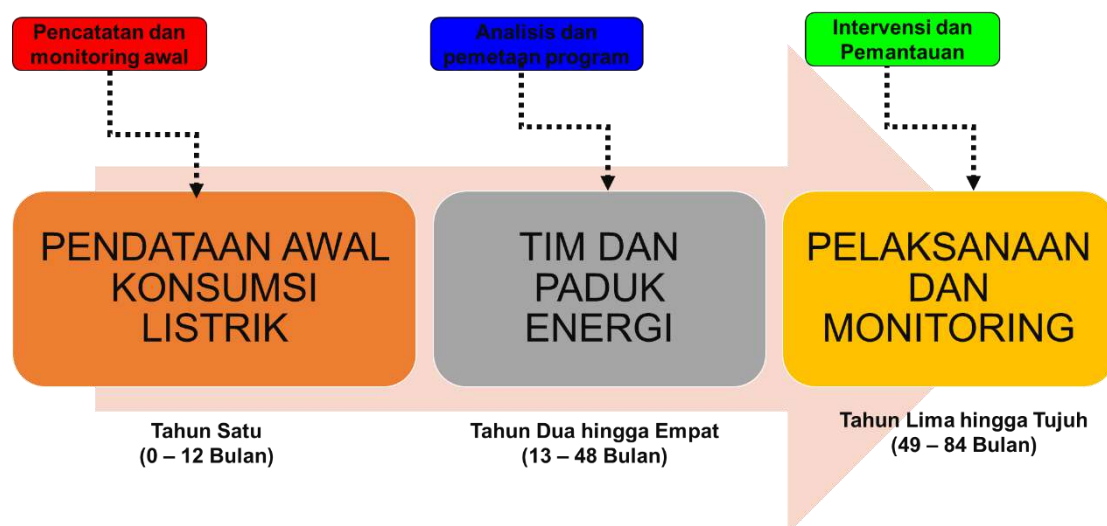
- a. Kendali daya listrik dan juga potensi fluktuasi penggunaan, sehingga memberikan kemudahan dalam proses intervensi teknologi (Utama, Meske, Schneider, & Ulbrich, 2022).
- b. Rekam jejak penghematan dan proses kendali beban listrik, menyesuaikan bentuk logika kendali dan pola operasi beban listrik di sekolah menjadi lebih baik berdasarkan karakteristik beban dan kondisi lingkungan menjadi lebih optimal (J. Li, Herdem, Nathwani, & Wen, 2023).
- c. Fungsi manajemen yang berjalan simultan sehingga penyesuaian maupun otomasi perangkat energi dan kondisi sekolah dapat dijalankan dengan baik berdasarkan target spesifik pemakaian dan pola penggunaan energi (Fiorotti et al., 2023).

KESIMPULAN

Beban biaya listrik (BBL) merupakan biaya pokok operasional sekolah yang jarang diperhatikan terkait dengan efektivitas penggunaannya. Manajemen energi sekolah (MES) mutlak diperlukan untuk menurunkan BBL serta menjamin keefektifan pemakaian energi. Tingkat infrastruktur energi pada bangunan sekolah di lingkungan provinsi DKI Jakarta sudah optimal, sehingga penekanan manajemen energi difokuskan pada sektor manusia untuk membangun budaya sadar energi yang diperkuat dengan teknologi sederhana berbasis narrow reactive machine artificial intelligence (NRM–AI) sebagai intervensi lanjutan pada program MES. Penekanan utama dari keseluruhan proses ini ditujukan pada manusia bukan pada alat bantu. Dengan demikian, keseluruhan biaya proses dapat dibuat menjadi lebih sederhana tanpa menuntut adanya kebergantungan yang tinggi pada perlengkapan manajemen dan penambahan infrastruktur yang kompleks. Sebagai pilot project, program MES dapat difokuskan untuk

jenjang sekolah dasar di bawah Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang berjumlah 1.305. Pendataan awal merupakan aspek paling penting dari program MES dengan harapan untuk melihat pola dan audit konsumsi untuk menghilangkan potensi dari penyalahgunaan konsumsi listrik di sekolah yang tidak sesuai peruntukannya. Buku ini memberikan gambaran yang komprehensif mulai dari tahap persiapan, pemetaan energi pada bangunan sekolah, program jangka pendek dan panjang untuk menjamin keberlanjutan dan kebermanfaatan program. Potensi penghematan diharapkan dapat mencapai 15%/tahun untuk tiap bangunan sekolah dasar. Biaya energi yang dihemat dapat kemudian digunakan untuk penerapan sumber energi bersih (seperti panel surya) yang mana sejalan dengan program pemerintah pusat untuk transisi energi bersih. Penerapan metode yang ditawarkan dapat dijadikan sebagai contoh ideal untuk proses pengimbasan pada seluruh bangunan sekolah dasar di lingkungan provinsi DKI Jakarta, yang kemudian dapat dikembangkan pada jenjang yang lebih tinggi dan juga bangunan pemerintahan lainnya. Lebih lanjut, program ini diharapkan menjadi role model ideal untuk pembentukan kebijakan nasional terkait dengan manajemen energi listrik pada sektor pendidikan khususnya dan mendukung sepenuhnya terkait dengan target net zero emission pada tahun 2060.

Gambar 11 memperlihatkan perspektif program MES secara ringkas sebagai bagian dari kesimpulan bagian ini. Aspek paling kritis adalah segera memulai pendataan konsumsi energi dengan harapan untuk menutup adanya potensi kerugian akibat penyalahgunaan energi listrik dari bangunan sekolah dan juga sebagai data awal sebelum masuk ke aspek paduk energi. Ketika momentum ini sudah terbentuk, maka langkah berikutnya dari program MES akan terbentuk dengan sendirinya dan dapat bergulir dengan baik.



Gambar 15. Ringkasan proses program MES

Tahapan intervensi lanjutan dengan *artificial intelligence* secara langsung mendukung transformasi Jakarta menjadi *smart city*. Program MES sendiri sejalan dengan transisi energi nasional dan pencapaian target tujuan pembangunan berkelanjutan. Program MES memberikan dampak luas yang tidak hanya terbatas pada bangunan sekolah dasar, namun juga dapat meningkat ke jenjang sekolah yang lebih tinggi, bangunan pemerintahan lainnya dan juga sangat mungkin diaplikasikan pada wilayah lain. Dengan demikian, penerapan program MES awal di DKI Jakarta dapat dijadikan *role model* ideal untuk proses efisiensi pemakaian dan konsumsi energi secara nasional.

SARAN

Sebagai kota metropolitan terbesar di Indonesia, Jakarta memiliki peran penting dalam menetapkan standar pengelolaan energi di tingkat nasional. Dalam konteks ini, seperti telah dijelaskan pada uraian sebelumnya, sekolah-sekolah di Jakarta memiliki potensi besar untuk menjadi agen perubahan dalam mengelola energi dengan lebih efisien dan bertanggung jawab. Jakarta menjadi garda terdepan untuk mencapai target *net zero emission* Indonesia di tahun 2060, yang telah dinyatakan oleh Presiden Joko Widodo pada forum Konferensi Perubahan Iklim PBB (COP26) tahun 2021 di Glasgow³.

Salah satu langkah utama yang diusulkan dalam tulisan ini adalah mendorong efektivitas penggunaan listrik di sekolah melalui program terstruktur (MES) dengan Sekolah Dasar (SD) di bawah koordinasi Pemerintah DKI Jakarta sebagai *pilot project*-nya. Upaya penggunaan listrik secara efektif sedikitnya memberikan dua manfaat positif, yakni *pertama*, berkurangnya beban biaya listrik (BBL) sekolah. Karenanya, sekolah dapat mengalokasikan lebih banyak sumber daya untuk meningkatkan fasilitas dan program pendidikan, seperti pembelian sarana dan prasarana penunjang pendidikan, atau penyelenggaraan pelatihan kompetensi guru; *Kedua*, membangun kesadaran dari seluruh komponen *civitas* sekolah, mulai dari guru, komite, hingga –yang terpenting– siswa tentang pentingnya efisiensi energi. Pengenalan perilaku hemat energi sedari dini sangat penting dalam rangka manajemen talenta energi. Apalagi, umumnya sekolah dasar belum memasukkan pelajaran tentang hemat energi secara serius di dalam proses belajar. Kalaupun sudah, mungkin hanya menganggapnya sebagai tambahan, tidak termasuk inti dari pembelajaran. Mengingat perubahan perilaku konsumsi energi adalah aspek yang paling utama dari seluruh program MES, maka kebiasaan hemat energi sudah harus dimulai dari sekolah dasar dengan tidak hanya mengajarkan saja, tetapi juga menerapkannya secara langsung di sekolah.

Persoalannya, Peraturan Daerah (Perda) DKI Jakarta yang mengatur tentang penyelenggaraan proses pendidikan, antara lain Perda No. 8 tahun 2006 tentang Sistem Pendidikan, dan Perda No. 7 tahun 2010 tentang Bangunan Gedung, masih belum secara spesifik mengatur pelaksanaan manajemen energi sekolah. Maka dari itu, rekomendasi utama dari tulisan ini adalah mendorong Pemerintah Provinsi DKI Jakarta merevisi, atau bahkan menyusun Perda tentang Manajemen Energi Sekolah (MES). Di dalamnya berbagai klausul yang diusulkan dalam tulisan ini, seperti prosedur pengumpulan data dan energi, pembentukan komite MES, pemantauan kinerja, model intervensi, hingga skema *reward and punishment* dapat diatur dengan rinci.

Perda MES akan menjadi landasan hukum yang kuat bagi implementasi program MES. Hal ini sangat penting dalam memastikan bahwa setiap langkah yang diambil oleh Pemprov memiliki landasan yang sah di mata hukum, sehingga dapat dilaksanakan dengan penuh kepastian. Selain itu, dengan adanya Perda, Pemprov DKI dapat mengatur pendanaan dan anggaran yang diperlukan untuk implementasi program kerja MES. Dengan adanya Perda, Pemprov DKI memiliki wewenang untuk menegakkan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan dalam program kerja MES, sehingga dapat menciptakan disiplin dan kepatuhan dalam pelaksanaannya. Hal ini membantu dan menjaga agar program kerja berjalan dengan lancar, tanpa terganggu oleh pelanggaran-pelanggaran yang dapat menghambat pencapaian tujuan.

³ <https://setkab.go.id/presiden-jokowi-sampaikan-komitmen-indonesia-dalam-penanganan-perubahan-iklim-di-cop26/> (diakses pada Minggu, 12 Mei 2024)

Termasuk di dalam Perda MES, Pemprov DKI dapat memasukkan klausul tentang standar desain bangunan sekolah. Sampai saat ini, Jakarta belum memiliki standar desain yang spesifik untuk bangunan sekolah. Pemprov DKI baru mengatur secara umum teknis gedung hijau pada Pergub No. 60 tahun 2022 tentang Bangunan Gedung Hijau. Pemerintah DKI Jakarta sudah memulai dengan merenovasi sejumlah bangunan SD Negeri dengan model *net zero carbon* dan *green building*. Hanya saja cakupannya masih sangat terbatas, yakni baru empat unit sekolah. Saat ini ada 233 bangunan gedung sekolah di Jakarta yang memerlukan rehabilitasi. Pembangunan gedung sekolah dengan model *net zero* dan *green building* harus masuk sebagai salah satu klausul dalam Perda MES.

Di tataran operasional, tindak lanjut dari hasil pendataan dan audit MES, Pemprov DKI dapat menyusun pemeringkatan atau klasterisasi sekolah berdasarkan skor efisiensi energinya. Sekolah-sekolah yang memperoleh peringkat tinggi, atau masuk dalam klaster unggul, dalam pemanfaatan energi akan mendapatkan sertifikasi dan tambahan insentif dari Pemprov berupa kenaikan dana Bantuan Operasional Satuan Pendidikan Negeri (BOSP) dan dana program rehabilitasi fasilitas pendidikan yang dibayarkan melalui APBD. Sementara, sekolah-sekolah yang nilainya masih rendah, dapat memperoleh asistensi dari tim satuan tugas MES yang dibentuk oleh komite MES Pemprov.

Karenanya penilaian sekolah perlu diperluas, tidak lagi cukup hanya berfokus pada capaian prestasi akademik dan non-akademik siswa, tetapi juga mencakup efisiensi energi. Kota Jakarta dapat menjadi *pioneer* dalam mengintegrasikan efisiensi energi sebagai salah satu komponen dalam penilaian sekolah. Dengan memasukan unsur efisiensi energi dalam penilaian kinerja sekolah, maka dapat menciptakan kesadaran lingkungan yang holistik di antara seluruh *civitas* sekolah, mulai dari siswa, guru, staf, hingga komite sekolah. Integrasi efisiensi energi dalam penilaian kinerja sekolah juga membuka pintu untuk pembelajaran berkelanjutan tentang energi dan lingkungan. Melalui proyek-proyek praktis, siswa dapat belajar secara langsung tentang dampak penggunaan energi terhadap lingkungan dan cara untuk mengurangi jejak karbon melalui perilaku hemat konsumsi energi.

Terkait hal di atas, Pemprov DKI Jakarta perlu memperhatikan sedikitnya tiga hal dalam upaya pemeringkatan dan pengintegrasian MES ke dalam penilaian kinerja sekolah. *Pertama*, pembentukan standar penilaian yang komprehensif. Untuk itu, Pemprov bekerja sama dengan lembaga pendidikan dan pakar lingkungan dan energi mengembangkan standar penilaian efisiensi energi sekolah. Standar penilaian ini harus memperhitungkan aspek penggunaan energi, keberlanjutan infrastruktur, dan upaya pengurangan jejak karbon. *Kedua*, pelatihan dan pendidikan. Seluruh *civitas* sekolah perlu mendapat pelatihan tentang praktik-praktik efisiensi energi dan cara mengintegrasikannya dalam proses pembelajaran di sekolah. Dan, *ketiga*, perlu evaluasi terus-menerus atas kinerja energi sekolah untuk memastikan bahwa praktik-praktik efisiensi energi terus ditingkatkan. Pemprov dapat menggunakan instrumen AI untuk mengoptimalkan proses evaluasi kinerja energi sekolah.

Dorongan kebijakan dan operasional yang dilakukan Pemprov dapat memunculkan praktik-praktik baik dari sekolah-sekolah dalam upaya mereka melakukan program MES. Sebagai contoh, di Malaysia, muncul praktik baik dimana sekolah-sekolah secara sadar dan mandiri melakukan evaluasi penggunaan energi di tiap kelas. Kelas yang memperoleh nilai tertinggi akan diberikan hadiah oleh sekolah dan mendapatkan *energy efficiency icon*. Karenanya, tiap kelas akan berusaha melakukan yang terbaik untuk memperoleh poin tertinggi dengan memperhatikan daftar periksa (*checklist*) yang disediakan oleh manajemen sekolah. Tidak

hanya itu, sekolah juga mengadakan '*program kesadaran tentang hemat energi dan cara hidup berkelanjutan*' dan pembentukan '*tim gugus tugas hijau*' yang bertugas memastikan semua aturan dan kebijakan mengenai MES dijalankan (Ahamad et al., 2022).

Di Kuwait, sekolah-sekolah berupaya mengatur pemakaian lampu dan peralatan dengan seefisien mungkin. Hasilnya, sekolah bisa mengurangi penggunaan energi sebesar 6,5%. Bahkan, dengan mengganti jenis lampu saja, sekolah dapat mengurangi penggunaan energi sebesar 2,3%. Sekolah yang menjalankan keduanya, yakni menghemat penggunaan energi dan mengganti peralatan ke alat ramah energi, mampu menurunkan konsumsi energi hingga 53% (Marrone et al., 2018). Di Iran, praktik baik yang sekolah lakukan adalah memasang insulasi pada dinding dan atap, serta mengganti sistem jendela. Hasilnya, konsumsi energi sekolah turun sebesar 44,1% (Tahsildoost & Zomorodian, 2015).

Sekolah-sekolah dengan nilai efisiensi energi yang tinggi dan segala praktik baik yang dijalankannya, dapat menjadi mentor dan contoh bagi sekolah-sekolah lain. Dengan mengatur program *mentor-mentee*, sekolah yang lebih maju dapat memberikan bimbingan dan dukungan teknis kepada sekolah-sekolah yang masih berkembang dalam hal efisiensi energi, sehingga tercipta kemitraan antar sekolah. Dalam jangka panjang, diharapkan akan makin memperkuat ekosistem konservasi energi di Jakarta, yang diinisiasi salah satunya oleh sekolah-sekolah di Jakarta.

Penyusunan Perda mengenai MES dan turunan operasionalnya ke dalam bentuk pemeringkatan sekolah berdasarkan skor efisiensi energinya adalah langkah penting dalam mendukung upaya pembentukan kesadaran energi di DKI Jakarta, yang diharapkan dapat menjadi garda terdepan dan *role model* bagi daerah lain dalam pemanfaatan energi. Dengan adanya regulasi yang jelas dan sistem pemeringkatan yang transparan, diharapkan akan terjadi peningkatan kesadaran, kepatuhan, dan kinerja efisiensi energi di sekolah-sekolah, sehingga dapat memberikan kontribusi yang berarti terhadap keberlanjutan lingkungan dan masa depan yang lebih baik bagi Jakarta.

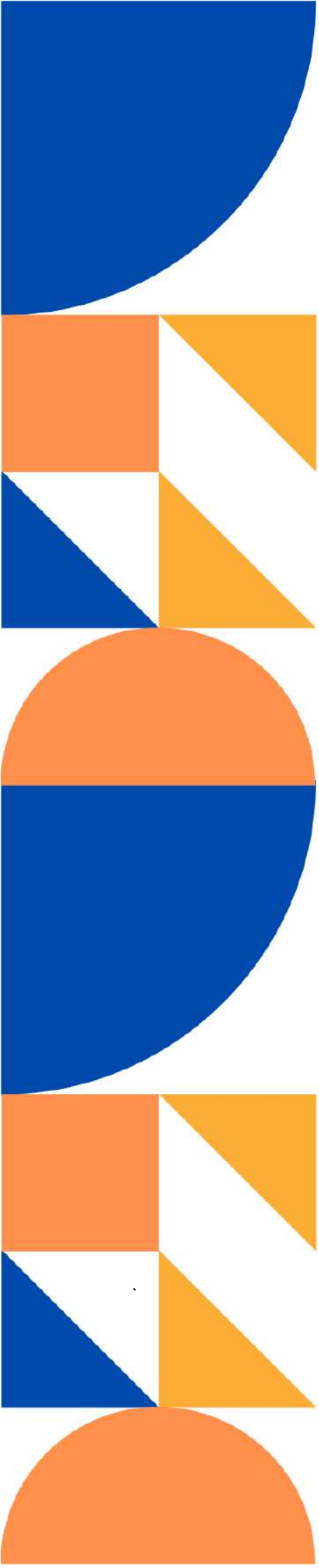
DAFTAR PUSTAKA

- Ahamad, A. H., Abidin, N. I. A., Zakaria, R., Aminudin, E., Khan, J. S., Sahamir, S. R., ... Mohd Yusoff, M. F. (2022). School Building Energy Assessment Using Lean Energy Management Strategies. *Frontiers in Built Environment*, 7(February), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.679579>
- Alam, M., & Devjani, M. R. (2021). Analyzing energy consumption patterns of an educational building through data mining. *Journal of Building Engineering*, 44(April), 103385. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103385>
- AlFaris, F., Juaidi, A., & Manzano-Agugliaro, F. (2016). Improvement of efficiency through an energy management program as a sustainable practice in schools. *Journal of Cleaner Production*, 135, 794–805. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.172>
- America, D. of E. U. S. of. (1989). Identifying Low Cost Energy Improvements for School Buildings.
- Barbhuiya, S., & Barbhuiya, S. (2013). Thermal comfort and energy consumption in a UK educational building. *Building and Environment*, 68, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.06.002>
- Cao, W., Yu, J., Chao, M., Wang, J., Yang, S., Zhou, M., & Wang, M. (2023). Short-term energy consumption prediction method for educational buildings based on model integration. *Energy*, 283(August), 128580. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128580>
- Carriço de Lima Montenegro Duarte, J. G., Ramos Zemerio, B., Dias Barreto de Souza, A. C., de Lima Tostes, M. E., & Holanda Bezerra, U. (2021). Building Information Modeling approach to optimize energy efficiency in educational buildings. *Journal of Building Engineering*, 43(April). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102587>
- Cho, J., Heo, Y., & Moon, J. W. (2023). An intelligent HVAC control strategy for supplying comfortable and energy-efficient school environment. *Advanced Engineering Informatics*, 55(February), 101895. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101895>
- Desideri, U., Leonardi, D., Arcioni, L., & Sdringola, P. (2012). European project Educa-RUE: An example of energy efficiency paths in educational buildings. *Applied Energy*, 97, 384–395. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.009>
- Du, J., & Pan, W. (2023). Behavioral energy efficiency with environment sensors: A case in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 299(July), 113590. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113590>
- Erhorn, H., Mroz, T., Mørck, O., Schmidt, F., Schoff, L., & Thomsen, K. E. (2008). The Energy Concept Adviser-A tool to improve energy efficiency in educational buildings. *Energy and Buildings*, 40(4), 419–428. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.008>
- Fathi, A., Salehi, M., Mohammadi, M., Rahimof, Y., & Hajjaligol, P. (2021). Cooling/heating load management in educational buildings through course scheduling. *Journal of Building Engineering*, 41(March), 102405. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102405>
- Fiorotti, R., Rocha, H. R. O., Coutinho, C. R., Rueda-Medina, A. C., Nardoto, A. F., & Fardin, J. F. (2023). A novel strategy for simultaneous active/reactive power design and management using artificial intelligence techniques. *Energy Conversion and Management*, 294(August), 117565. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117565>
- Franco, A., & Leccese, F. (2020). Measurement of CO2 concentration for occupancy estimation in educational buildings with energy efficiency purposes. *Journal of Building Engineering*, 32(August 2019), 101714. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101714>
- Gamma, K., Mai, R., Cometta, C., & Loock, M. (2021). Engaging customers in demand response programs: The role of reward and punishment in customer adoption in Switzerland. *Energy Research and Social Science*, 74(January), 101927. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101927>

- Gao, H., Cai, W., He, S., Liu, C., & Liu, J. (2023). Stackelberg game based energy sharing for zero-carbon community considering reward and punishment of carbon emission. *Energy*, 277(February), 127629. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127629>
- Heydari, A. H., Khoshkhoo, R. H., Zahedi, R., & Noorollahi, Y. (2024). Demand side management optimization and energy labeling of multi-purpose buildings. *Journal of Building Engineering*, 88(December 2023), 109143. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109143>
- Jaouaf, S., Bensaad, B., & Habib, M. (2024). Passive strategies for energy-efficient educational facilities: Insights from a mediterranean primary school. *Energy Reports*, 11(December 2023), 3653–3683. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.03.040>
- Ji, L., & Huang, X. (2022). Analysis of social governance in energy-oriented cities based on artificial intelligence. *Energy Reports*, 8, 11151–11160. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.08.206>
- Jiali, M., Ting, L., & Maqbool, A. (2023). Environmental higher education-renewable energy consumption nexus in China: pathways toward carbon neutrality. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(46), 102260–102270. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29261-7>
- Khani, A., Khakzand, M., & Faizi, M. (2022). Multi-objective optimization for energy consumption, visual and thermal comfort performance of educational building (case study: Qeshm Island, Iran). *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 54(October), 102872. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102872>
- Kumar, P., Caggiano, H., Shwom, R., Felder, F. A., & Andrews, C. J. (2023). Saving from home! How income, efficiency, and curtailment behaviors shape energy consumption dynamics in US households? *Energy*, 271(February), 126988. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126988>
- Lait, J. (2023). Invisible energy policy and schools: how energy issues feature in the policies and documents of a UK secondary school. *Energy Efficiency*, 16(6), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10124-6>
- Li, C., Zhang, Y., Li, X., & Hao, Y. (2024). Artificial intelligence, household financial fragility and energy resources consumption: Impacts of digital disruption from a demand-based perspective. *Resources Policy*, 88(December 2023), 104469. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104469>
- Li, J., Herdem, M. S., Nathwani, J., & Wen, J. Z. (2023). Methods and applications for Artificial Intelligence, Big Data, Internet of Things, and Blockchain in smart energy management. *Energy and AI*, 11(October 2022), 100208. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100208>
- Liao, W., Xiao, F., Li, Y., Zhang, H., & Peng, J. (2024). A comparative study of demand-side energy management strategies for building integrated photovoltaics-battery and electric vehicles (EVs) in diversified building communities. *Applied Energy*, 361(November 2023), 122881. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122881>
- Marrone, P., Gori, P., Asdrubali, F., Evangelisti, L., Calcagnini, L., & Grazieschi, G. (2018). Energy benchmarking in educational buildings through cluster analysis of energy retrofitting. *Energies*, 11(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en11030649>
- Mischos, S., Dalagdi, E., & Vrakas, D. (2023). Intelligent energy management systems: a review. In *Artificial Intelligence Review* (Vol. 56). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10441-3>
- Ni, H. P., Chong, W. O., & Chou, J. S. (2024). Optimizing HVAC systems for semiconductor fabrication: A data-intensive framework for energy efficiency and sustainability. *Journal of Building Engineering*, Vol. 89, p. 109397. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109397>
- Park, H., Park, J., Kim, S., & Chang, S. J. (2024). Energy retrofit technology for modern and contemporary educational historical buildings considering preservation and utilization

- aspects. *Energy Reports*, 11(December 2023), 3995–4007. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.03.057>
- Pietrapertosa, F., Tancredi, M., Salvia, M., Proto, M., Pepe, A., Giordano, M., ... Cosmi, C. (2021). An educational awareness program to reduce energy consumption in schools. *Journal of Cleaner Production*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123949>
- Rahman, R. A., Setiawan, D., Wiyono, A., Anggrainy, R., & Yuseva, D. S. (2022). Teknologi Concentrated Solar Power - Referensi Perkembangan Teknologi Photo-Thermal Conversion sebagai Alternatif Sumber Energi Baru Terbarukan.
- Sekki, T., Airaksinen, M., & Saari, A. (2015). Measured energy consumption of educational buildings in a Finnish city. *Energy and Buildings*, 87, 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.032>
- Semprini, G., Marinosci, C., Ferrante, A., Predari, G., Mochi, G., Garai, M., & Gulli, R. (2016). Energy management in public institutional and educational buildings: The case of the school of engineering and architecture in Bologna. *Energy and Buildings*, 126(2016), 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.009>
- Sudarsan, A., & Chithra, K. (2024). The role of energy management in transition towards green cities: a review. *Environment, Development and Sustainability*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04830-z>
- Taheri, S., Amiri, A. J., & Razban, A. (2024). Real-world implementation of a cloud-based MPC for HVAC control in educational buildings. *Energy Conversion and Management*, 305(November 2023). <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118270>
- Tahsildoost, M., & Zomorodian, Z. S. (2015). Energy retrofit techniques: An experimental study of two typical school buildings in Tehran. *Energy and Buildings*, 104, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.079>
- Thu, H., Nong, D., Simshauser, P., & Hoang, G. (2024). Artificial intelligence (AI) development in the Vietnam ' s energy and economic systems: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 438(January), 140692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140692>
- Utama, C., Meske, C., Schneider, J., & Ulbrich, C. (2022). Reactive power control in photovoltaic systems through (explainable) artificial intelligence. *Applied Energy*, 328(September). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120004>
- Uzair, M., & Ali Abbas Kazmi, S. (2023). A multi-criteria decision model to support sustainable building energy management system with intelligent automation. *Energy and Buildings*, 301(November), 113687. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113687>
- Wang, H., Zhao, A., Khan, M. Q., & Sun, W. (2024). Optimal operation of energy hub considering reward-punishment ladder carbon trading and electrothermal demand coupling. *Energy*, 286(October 2023), 129571. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129571>
- Wang, R., Rayhana, R., Gholami, M., Herrera, O. E., Liu, Z., & Mérida, W. (2024). Multi-task deep learning for large-scale buildings energy management. *Energy and Buildings*, 307(October 2023), 113964. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113964>
- Wang, Y., Kuckelkorn, J., Zhao, F. Y., Liu, D., Kirschbaum, A., & Zhang, J. L. (2015). Evaluation on classroom thermal comfort and energy performance of passive school building by optimizing HVAC control systems. *Building and Environment*, 89, 86–106. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.023>
- World Bank Group. (2017). Solar Resource and Photovoltaic Potential of Indonesia. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/729411496240730378/Solar-resource-and-photovoltaic-potential-of-Indonesia>
- Yeo, J., Wang, Y., An, A. K., & Zhang, L. (2019). Estimation of energy efficiency for educational buildings in Hong Kong. *Journal of Cleaner Production*, 235, 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.339>

- Yussuf, R. O., & Asfour, O. S. (2024). Applications of artificial intelligence for energy efficiency throughout the building lifecycle: An overview. *Energy and Buildings*, 305(January), 113903. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113903>
- Zafaranchi, M., & Sozer, H. (2024). Enhancing energy efficiency through hourly assessments of passive interventions in educational-office buildings: A case study in a Mediterranean climate. *Energy Reports*, 11(December 2023), 423–441. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.12.016>
- Zeng, H., Abedin, M. Z., Zhou, X., & Lu, R. (2024). Measuring the extreme linkages and time-frequency co-movements among artificial intelligence and clean energy indices. *International Review of Financial Analysis*, 92(January), 103073. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103073>
- Zhang, B., Xu, W., Peng, L., Li, Y., Zhang, W., & Wang, Z. (2024). Nature-inspired interfacial engineering for energy harvesting. *Nature Reviews Electrical Engineering*, 1(April), 218–233. <https://doi.org/10.1038/s44287-024-00029-6>
- Zhao, H. (2023). Intelligent management of industrial building energy saving based on artificial intelligence. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56(February), 103087. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103087>
- Zhou, Y., Wang, Y., Li, C., Ding, L., & Yang, Z. (2024). Energy-efficiency oriented occupancy space optimization in buildings: a data-driven approach based on multi-sensor fusion considering behavior-environment integration. *Energy*, 131396. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131396>



SISTEM PENERANGAN ADAPTIF UNTUK HEMAT ENERGI PADA RUANG GEDUNG MENGUNAKAN MACHINE LEARNING

**Robby Kurniawan Harahap^{1*}, Antonius Irianto
Sukowati², Widyastuti³,
Raden Ayu Sekar Ciptaning Anindya⁴**

^{1,3,4} Universitas Gunadarma Depok

² Universitas Cendekia Abditama Tangerang

e-mail: robby_kurniawan@staff.gunadarma.ac.id

PENDAHULUAN

Sistem pencahayaan pada ruangan-ruangan gedung, terutama di kawasan padat penduduk seperti Jakarta, memegang peranan penting dalam upaya penghematan energi. Karena meningkatnya fokus pada pengurangan polusi dan peningkatan efisiensi energi, terdapat peningkatan kebutuhan untuk menyediakan pedoman pencahayaan hemat energi dan langkah-langkah inovatif untuk mengevaluasi efisiensi energi sistem pencahayaan (Leccese et al., 2017). Sistem pencahayaan yang efektif sangat penting tidak hanya untuk memberikan penerangan pada suatu area tetapi juga untuk mengurangi penggunaan energi dan meminimalkan kehilangan energi. Penelitian telah menunjukkan perlunya penggunaan sistem pencahayaan cerdas (smart lighting) terdistribusi untuk mengurangi penggunaan energi di berbagai lingkungan. Hal ini menyoroti perlunya teknik desain yang meminimalkan pemborosan energi dengan mengoptimalkan sistem pencahayaan (Hajjaj et al., 2020). Dengan menerapkan penyesuaian atau penambahan untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi konsumsi energi pada sistem penerangan umum, kemajuan besar dapat dicapai menuju keberlanjutan dan konservasi energi, khususnya di wilayah perkotaan padat penduduk seperti Jakarta (Rabaza et al., 2018)

Di tengah gejolak ini, sistem penerangan cerdas menjadi solusi. Namun selain penerangan cerdas untuk penghematan energi, sistem penerangan adaptif muncul sebagai salah satu solusi yang menjanjikan. Pada penulisan ini akan menjelaskan secara komprehensif tentang konsep sistem penerangan adaptif dalam konteks bangunan gedung di perkotaan, dengan fokus pada pengurangan konsumsi energi dan dukungan terhadap visi *smart city*. Teknologi kecerdasan buatan (AI) memainkan peran kunci dalam pengembangan sistem ini, khususnya melalui konsep Teachable Machine. Melalui kemampuan belajar dan beradaptasi dengan pola-pola aktivitas manusia di sekitar ruang gedung, sistem ini diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan lampu secara signifikan dengan mempertimbangkan logika fuzzy (fuzzy logic) sebagai pengambil keputusan dalam menentukan pencahayaan yang tepat (Eriyadi et al., 2021; Ramadhani et al., 2022; Syafitri et al., 2022). Penggunaan fuzzy logic akan membantu sistem untuk mengambil keputusan yang lebih fleksibel dan dapat menangani ketidakpastian serta kompleksitas dari data yang ada, sehingga memungkinkan adaptasi yang lebih baik terhadap berbagai kondisi lingkungan dan preferensi pengguna.

Integrasi antara machine learning dan fuzzy logic dalam sistem penerangan adaptif juga memiliki beberapa kelebihan yang signifikan. Pertama, machine learning memungkinkan sistem untuk belajar dari data historis dan pengalaman untuk mengidentifikasi pola-pola kompleks dalam perilaku pengguna dan kondisi lingkungan. Kedua, integrasi machine learning dan fuzzy logic dapat meningkatkan kemampuan sistem untuk menyesuaikan diri dan beradaptasi dengan perubahan yang dinamis dalam lingkungan dan kebutuhan pengguna. Ketiga, integrasi ini juga dapat meningkatkan efisiensi sistem dalam mengoptimalkan penggunaan energi.

Dalam pembahasan ini, tujuan yang akan dicapai yaitu penjelasan rancangan konsep integrasi machine learning teachable machine dengan logika fuzzy sebagai sistem penerangan adaptif yang dapat digunakan pada bangunan gedung perkantoran. Selain itu penjelasan bagaimana kamera sebagai sensor Internet of Things (IoT) digunakan untuk mendeteksi kehadiran manusia secara real-time yang menjadi penentu penggunaan lampu. Selain itu, akan menjelaskan peran platform pengendali mikrokontroler dalam mengoordinasikan pengoprasian lampu untuk meningkatkan efisiensi energi. Namun, pembahasan tidak hanya akan mencakup aspek teknis implementasi. Selain konsep, pada bab ini akan dijelaskan peluang-peluang

analisis mendalam tentang potensi pengurangan konsumsi energi yang dapat dicapai melalui sistem penerangan adaptif ini. Melalui pendekatan ini, diharapkan konsep ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi jejak karbon gedung-gedung perkotaan khususnya kota Jakarta.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah pada bangunan seperti gedung perkantoran modern saat ini telah banyak menggunakan desain bangunan hijau (Green Building), dimana konsep bangunan yang dirancang untuk menjadi bangunan ramah lingkungan namun juga efisien terhadap penggunaan energi listrik (Kim et al., 2020). Di Indonesia dengan iklim cuaca atau musim yang terdiri dari dua yaitu musim panas dan hujan, meskipun demikian dalam satu tahun rata-rata kondisi siang hari dalam kondisi langit cerah lebih dominan dibandingkan durasi siang hari dalam kondisi langit mendung. Maka hal tersebut menjadi dasar dalam desain gedung-gedung modern. Namun demikian, terdapat masalah tingkat pencahayaan, dimana jumlah tingkat cahaya yang akan terdistribusi ke ruangan melalui permukaan jendela akan berkurang secara eksponensial bergantung pada jarak dari jendela (Ramadhani et al., 2022). Hal tersebut memiliki makna bahwa cahaya yang terdistribusi dalam suatu ruangan hanyalah sebagian cahaya yang masuk melalui permukaan jendela.

Menanggapi tantangan tersebut, Dalam beberapa tahun terakhir konsep *smart city* telah mendapatkan perhatian yang signifikan, dengan fokus pada pengintegrasian teknologi IoT untuk meningkatkan berbagai aspek kehidupan perkotaan. Salah satu bidang utama yang menjadi perhatian dalam *smart city* adalah pengelolaan energi dimana salah satu penerapannya adalah sistem *smart lighting*. Sistem ini memainkan peran penting dalam membangun ruang, terutama di kota-kota padat penduduk seperti Jakarta. Sistem *smart lighting* tidak hanya tentang penerangan tetapi juga tentang efisiensi energi, kelestarian lingkungan, dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan (Cheng et al., 2020). Keterkaitan sistem pencahayaan dengan *smart city* merupakan aspek penting dalam pembangunan perkotaan. Dengan menggabungkan solusi *smart lighting*, kota dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi polusi cahaya, dan meningkatkan keselamatan dan keamanan. Sistem *smart lighting* dapat saling terhubung dengan komponen *smart city* lainnya seperti *smart buildings*, *smart grid*, *smart mobility*, sehingga menciptakan lingkungan perkotaan yang komprehensif dan saling terhubung (Wei & Shen, 2019).

Sistem *Smart Lighting* yang ada memanfaatkan teknologi seperti *machine learning* untuk mengoptimalkan kinerjanya. Kemampuan *machine learning* memungkinkan sistem ini beradaptasi dengan perubahan kondisi, memprediksi pola penggunaan, dan meningkatkan efisiensi energi. Dengan menganalisis data dari berbagai sensor dan sumber, sistem Smart Lighting dapat secara dinamis menyesuaikan tingkat pencahayaan berdasarkan kebutuhan pengguna dan faktor lingkungan (Ibrahim et al., 2020). Google Teachable Machine, sebuah platform pembelajaran mesin, menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan infrastruktur kota pintar. Dengan mengintegrasikan Google Teachable Machine dengan sistem pencahayaan adaptif, kota dapat menciptakan lingkungan pencahayaan dinamis yang merespons preferensi pengguna dan kondisi lingkungan secara real-time. Teknologi ini memungkinkan sistem pencahayaan untuk belajar dan beradaptasi, memberikan pengalaman pencahayaan yang dipersonalisasi sekaligus memaksimalkan efisiensi energi (Furger et al., 2022).

Adapun, perkembangan terkini dalam sistem *smart lighting* telah menyoroti pentingnya menggabungkan teknologi-teknologi mutakhir seperti *machine learning* dan skema

pengkodean adaptif untuk meningkatkan kinerja sistem pencahayaan (Xie et al., 2024). Teknologi-teknologi ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan parameter seperti mode modulasi dan pengkodean secara dinamis berdasarkan kondisi lingkungan dan preferensi pengguna, akhirnya mengoptimalkan throughput dan efisiensi sistem (Xie et al., 2024). Selain itu, integrasi *smart devices* dan Internet of Things (IoT) telah merevolusi cara sistem pencahayaan beroperasi, memungkinkan pemantauan dan kontrol real-time (Gagliardi et al., 2020; Karapetyan et al., 2020). Algoritma kontrol otomatis yang didukung oleh teknologi IoT memainkan peran penting dalam menyesuaikan sistem pencahayaan dengan lingkungan dinamis dan kebutuhan pengguna yang beragam (Gagliardi et al., 2020; Karapetyan et al., 2020). Pergeseran ini menuju mekanisme kontrol otomatis dan adaptif menandai perubahan dari pendekatan tradisional yang dioperasikan pengguna, membuka jalan bagi solusi pencahayaan yang lebih efisien dan berorientasi pada pengguna (Gagliardi et al., 2020; Karapetyan et al., 2020).

Secara paralel, kemajuan dalam teknologi sensor telah memungkinkan pengembangan sistem kontrol pencahayaan yang dipersonalisasi yang memprioritaskan kenyamanan pengguna dan penghematan energi (Gagliardi et al., 2020; Karyono et al., 2019; Ramadhani et al., 2022). Dengan menggabungkan sensor yang dapat mendeteksi parameter seperti tingkat cahaya lingkungan dan kehadiran pengguna, sistem pencahayaan dapat secara otomatis menyesuaikan tingkat pencahayaan untuk mengoptimalkan penggunaan energi sambil memastikan kenyamanan penghuni (Karyono et al., 2019; Ramadhani et al., 2022). Lebih lanjut, penggunaan teknik pengkodean canggih seperti kode Paritas Rendah (Low-Density Parity-Check/LDPC) bersama dengan skema modulasi adaptif telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem pencahayaan (Xie et al., 2024). Skema pengkodean ini, bersama dengan algoritma adaptif, memungkinkan optimasi dinamis kinerja sistem dalam berbagai kondisi kanal, dengan demikian meningkatkan kekokohan keseluruhan sistem (Xie et al., 2024).

Integrasi logika fuzzy dalam sistem pencahayaan gedung perkantoran merupakan langkah penting dalam meningkatkan efisiensi dan daya tanggap sistem. Dengan menggunakan logika fuzzy, sistem dapat menyesuaikan tingkat pencahayaan secara adaptif berdasarkan berbagai variabel lingkungan dan preferensi pengguna, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih efisien dan nyaman. Hal ini sejalan dengan tren terkini dalam pengembangan sistem pencahayaan pintar, yang menyoroti pentingnya teknologi seperti logika fuzzy untuk meningkatkan kinerja dan kenyamanan pengguna. Logika fuzzy telah terbukti sangat bermanfaat dalam sistem pakar dan aplikasi kecerdasan buatan lainnya (Isdore Onyema Akwukwaegbu et al., 2023). Selain itu, penelitian menegaskan bahwa peningkatan kenyamanan pengguna menghasilkan peningkatan produktivitas hingga 14% (Ain et al., 2022). Tren arsitektur menunjukkan bahwa bangunan perkantoran dan pendidikan memiliki area kaca yang luas, sehingga kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal dan parameter ketidaknyamanan dapat memengaruhi sensasi termal penghuni secara keseluruhan (Menyhárt & Kalmár, 2019). Selain itu, penggunaan logika fuzzy dalam sistem pencahayaan pintar sejalan dengan kebutuhan penggunaan energi yang efisien pada bangunan, karena sektor bangunan menyerap 40% sumber energi global (Ramadhani et al., 2022).

Satuan yang digunakan untuk mengukur intensitas pencahayaan adalah Lux, dan perangkat yang digunakan untuk melakukan pengukuran ini dikenal sebagai Luxmeter. Tabel 1 menyajikan data mengenai indeks pencahayaan di setiap ruangan di dalam gedung

perkantoran, sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam standar SNI 6197:2020 mengenai konservasi energi pada sistem pencahayaan. Untuk memastikan bahwa pencahayaan di gedung perkantoran sesuai dengan standar efisiensi energi, menjadi penting untuk memperhitungkan konsumsi energi dari sistem pencahayaan dan sejauh mana kesesuaian dengan standar yang berlaku. Sejumlah penelitian telah mengarah pada analisis efisiensi energi dari sistem pencahayaan di lingkungan perkantoran. Sebagai contoh, penelitian tentang efisiensi energi listrik yang berkaitan dengan penggunaan lampu LED di sebuah gedung bank (Parjiman et al., 2021). Pada penelitian tersebut data dianalisis sesuai dengan standar SNI 6197-2011 serta merencanakan penggantian lampu-lampu yang ada dengan lampu LED demi meningkatkan efisiensi energi. Demikian juga, penelitian (Naimah et al., 2023) menganalisis sistem pencahayaan di suatu gedung dan menemukan bahwa meskipun tingkat pencahayaan memenuhi batas minimum yang ditetapkan oleh standar SNI 6197-2020, beberapa ruangan memiliki dimensi yang melebihi standar yang telah ditetapkan, yang mengindikasikan kemungkinan adanya ketidakefisienan.

Tabel 1. Tingkat Pencahayaan dan Renderasi Warna SNI 6197:2020 (27-06 Teknis, 2020)

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan rata-rata ($E_{rata-rata}$) minimum (Lux)	Renderasi Warna Minimum
Ruang resepsionis	300	80
Ruang direktur	350	80
Ruang kerja	350	80
Ruang komputer	150	80
Ruang rapat	300	80
Ruang gambar	750	90
Gudang arsip	150	80
Ruang arsip aktif	350	80
Ruang tangga darurat	100	80
Ruang parkir	100	80

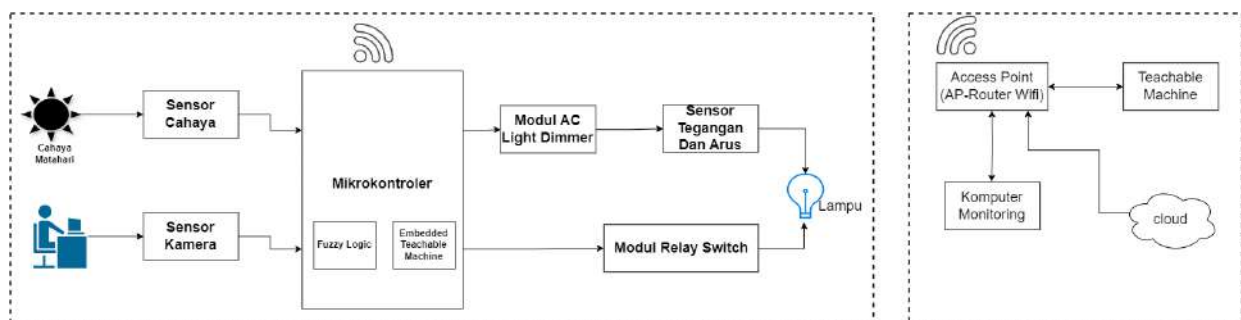
PEMBAHASAN

Metode dan Konsep Penerangan adaptif

Penerangan pada suatu ruangan ditujukan untuk meningkatkan kenyamanan visual, mendukung produktivitas, dan memastikan keamanan pengguna ruangan tersebut, sekaligus memberikan estetika yang menambah nilai dan suasana pada lingkungan kerja. Sehingga penerangan menjadi penting, namun jika suatu ruangan dengan penerangan lampu terus menerus akan meningkatkan konsumsi energi secara signifikan serta menurunkan umur pakai dari sistem pencahayaan itu sendiri. Pada umumnya, Sebuah ruangan mendapatkan pencahayaan secara alami karena cahaya matahari yang mencapai permukaan jendela. Pada umumnya, tingkat jumlah cahaya matahari yang mencapai permukaan jendela bervariasi. Variasi tingkat cahaya matahari dihasilkan oleh perubahan kondisi cuaca yaitu kondisi cerah dan mendung. Semakin luas suatu ruangan maka jarak dari jendela akan memengaruhi tingkat cahaya yang menerangi ke ruangan.

Konsep perancangan sistem ini digunakan untuk mengendalikan lampu berdasarkan kondisi cahaya alami dan keberadaan orang dalam hal ini pekerja atau staff pada ruangan sehingga penggunaan lampu tidak memakan banyak daya. Kunci utama terletak pada sensor cahaya yang diintegrasikan pada sistem peredupan Lampu (light dimmer) sehingga dapat mengendalikan tingkat pencahayaan dari lampu secara otomatis (Ramadhani et al., 2022). Sensor cahaya akan mengukur intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan, dan nilai intensitas ini digunakan sebagai parameter untuk sistem pengaturan intensitas lampu. Lampu akan dimatikan jika cahaya matahari di dalam ruangan cukup terang, akan dinyalakan dengan cahaya redup jika intensitas cahaya berkurang, dan akan dinyalakan secara penuh jika hampir tidak ada cahaya matahari yang terdeteksi oleh sensor. Selain itu hal terpenting lainnya yaitu penggunaan lampu hanya pada saat ada dibutuhkan saja atau dalam hal ini lampu akan menyala jika ada orang yang terdeteksi oleh kamera pengawas di ruangan tersebut.

Arsitektur sistem disajikan pada gambar 1 yang dibagi ke dalam 3 bagian yaitu blok sensor, perangkat keras, dan monitoring IoT. Sistem ini dirancang untuk mengatur pencahayaan di dalam ruangan sesuai dengan kondisi cahaya alami, sehingga meminimalkan konsumsi daya listrik. Sistem ini akan mengatur pencahayaan berdasarkan masukan sensor cahaya dan kamera yang kemudian akan sinyal masukan akan diterima dan diolah oleh mikrokontroler. Masukan dari sensor cahaya yang diolah mikrokontroler akan menghasilkan output berupa nilai lampu yang merupakan tingkat kecerahan yang akan dipancarkan oleh lampu. Kemudian mikrokontroler akan meneruskan ke modul dimmer untuk mengatur tingkat pencahayaan berdasarkan tegangan dan sensor Tegangan dan Arus digunakan untuk mengukur konsumsi listrik yang diperlukan untuk mengaktifkan lampu di dalam sistem pencahayaan. Selain itu masukan dari sensor kamera juga akan digunakan untuk mendeteksi keberadaan orang yang kemudian akan dikirimkan ke mikrokontroler yang terhubung dengan teachable machine secara online. Jika dilihat pemanfaatan dua sensor tersebut dirancang dengan skema offline dan online. Offline menggunakan sensor cahaya dan online menggunakan sensor Kamera. Skema offline ini juga dapat mengakomodasi jika sistem online sedang tidak dapat digunakan, dalam hal ini jika sore menjelang malam dengan tingkat pencahayaan yang rendah akan menurunkan level tegangan sampai dengan nol atau lampu dalam keadaan mati. Sebagai tambahan data pada sistem ini akan disimpan pada cloud.

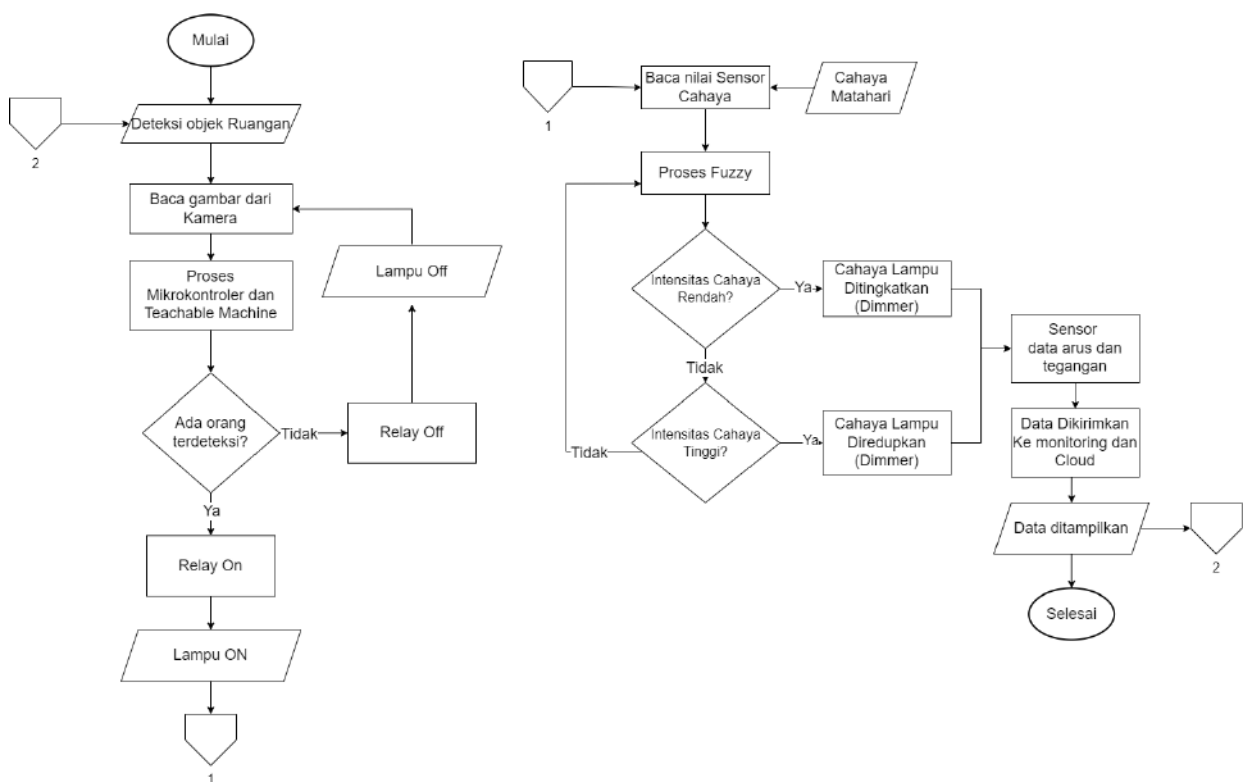


Gambar 1. Rancangan Arsitektur Sistem

Flowchart yang dirancang pada gambar 2 merupakan representasi visual yang menggambarkan alur logika sistem pencahayaan ruangan yang responsif dan adaptif. Langkah pertama dalam alur tersebut adalah menggunakan teknologi Teachable Machine untuk mendeteksi keberadaan manusia di dalam ruangan. Deteksi manusia menjadi faktor utama dalam pengaturan pencahayaan, karena keberadaan manusia memengaruhi

kebutuhan akan tingkat pencahayaan yang tepat. Setelah mendeteksi kehadiran manusia, sistem akan memutuskan apakah pencahayaan perlu disesuaikan atau tidak. Jika manusia terdeteksi, langkah berikutnya adalah membaca nilai sensor cahaya dan menerapkan logika Fuzzy untuk menyesuaikan tingkat pencahayaan secara otomatis.

Namun, jika tidak ada deteksi manusia, sistem akan mematikan pencahayaan untuk menghemat energi. Ini menunjukkan bahwa sistem pencahayaan tidak hanya responsif terhadap keberadaan manusia, tetapi juga memperhatikan efisiensi energi. Proses ini akan berulang secara berkala untuk memastikan penyesuaian yang tepat sesuai dengan perubahan kondisi ruangan. Dengan demikian, flowchart tersebut memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana sistem pencahayaan yang adaptif menggunakan kombinasi deteksi manusia dan logika Fuzzy dapat beroperasi secara efisien dan responsif dalam lingkungan ruangan yang dinamis.

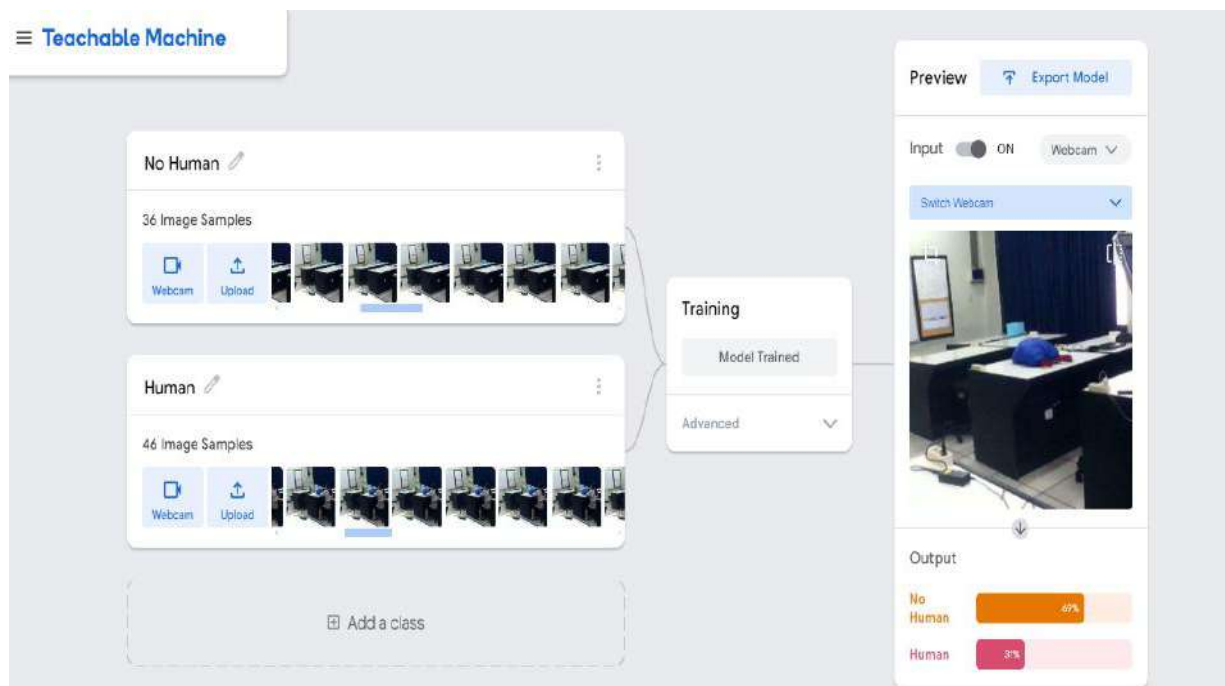


Gambar 2. Rancangan Diagram Alir Sistem

Teachable Machine

Teachable Machine adalah sebuah platform pembelajaran mesin yang dikembangkan oleh Google yang memungkinkan pengguna untuk melatih model machine learning tanpa perlu memiliki pengetahuan mendalam tentang pemrograman atau kecerdasan buatan (Malahina et al., 2022). Dalam konteks flowchart sistem pencahayaan ruangan yang adaptif, Teachable Machine digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia di ruangan. Dengan menggunakan kamera sebagai input, Teachable Machine mampu mempelajari pola visual yang terkait dengan kehadiran manusia dalam gambar yang diambil. Melalui proses pelatihan yang sederhana dan intuitif, pengguna dapat memberikan label pada gambar yang berisi manusia dan tidak berisi manusia, sehingga model dapat mengenali dan membedakan keberadaan manusia dengan akurasi yang tinggi.

Penggunaan Teachable Machine dapat dilakukan menggunakan tiga cara (Grari et al., 2024), diantaranya (1) koleksi sampel model, dimana sampel model terdiri dari 3 jenis yaitu gambar, suara dan pose yang direkam kemudian disimpan dengan diberikan label karena teachable machine merupakan machine learning jenis pembelajaran supervisi (supervise learning). (2) Training model, dimana sampel yang sudah direkam akan di training sesuai dengan algoritma training yang dimiliki yaitu Convolutional Neural Network (CNN) dengan tujuan pembelajaran untuk mengenali perbedaan kategori dalam gambar (3) Export, dimana hasil training dapat di download ke mikrokontroler. Pada kasus ini class setiap sample diberi label ada manusia dan tidak ada manusia. Pada gambar 3, masing-masing class diberikan sampel gambar kurang dari 50 sampel gambar. Untuk melakukan training model digunakan standar 50 epoch. Nilai tersebut dipilih karena jumlah sampel yang tidak kurang dari 100 sampel sehingga dapat menghindari *overfitting*.



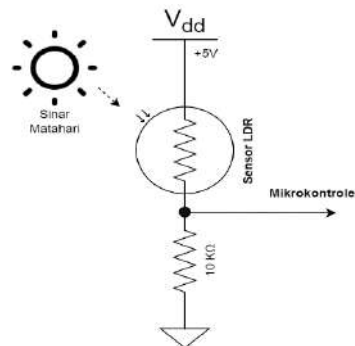
Gambar 3. Koleksi data sampel model

Fuzzy Logic

Logika fuzzy merepresentasikan sebuah pengembangan dari logika klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan, yaitu 0 dan 1 atau salah dan benar. kebenaran suatu pernyataan dapat mengalami variasi dari sepenuhnya benar hingga salah (Eriyadi et al., 2021; Ramadhani et al., 2022; Syafitri et al., 2022). Pada penelitian (Ramadhani et al., 2022), nilai benar dan salah tidak memungkinkan digunakan pada sistem yang menganut parameter lingkungan seperti sistem pencahayaan, karena sistem pencahayaan menggunakan parameter kondisi cahaya di lingkungan. Pada perancangan sistem pencahayaan ini, nilai dari masukkan sensor cahaya dibagi atas dua pengaturan cahaya yang berbeda, yaitu Redup dan terang. Jika menelaah penelitian (Ramadhani et al., 2022), dimana nilai pengaturan cahaya dibagi atas tiga yaitu redup, terang dan mati, maka dengan sistem pencahayaan penelitian ini untuk kondisi mati dan hidup diwakili oleh deteksi yang dilakukan menggunakan machine learning. Hal tersebut menjadi pembeda karena pendekatan menggunakan machine learning memungkinkan sistem untuk lebih responsif terhadap kondisi lingkungan yang beragam.

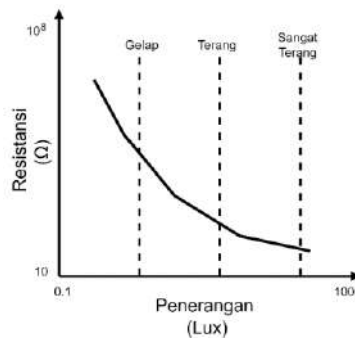
Rangkaian dasar seperti pada gambar 4 penempatan sensor cahaya dalam pembagi

tegangan dengan resistor tetap, yang menghasilkan tegangan output yang berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor cahaya. Ketika cahaya meningkat, resistansi sensor cahaya menurun, menyebabkan tegangan output naik, dan sebaliknya, ketika cahaya berkurang, resistansi meningkat dan tegangan output turun. Ini membuatnya ideal untuk aplikasi sensor cahaya dan kontrol otomatis di mana respons terhadap perubahan cahaya diperlukan. Hubungan antara cahaya sebagai input dan sinyal output yang dihasilkan oleh sensor cahaya dipengaruhi oleh sensitivitasnya. Intensitas cahaya yang diterima oleh sensor cahaya berbanding lurus dengan perubahan nilai resistansinya, dimana semakin tinggi intensitas cahaya, semakin rendah resistansi sensor cahaya tersebut. Nilai resistansi sensor cahaya pada tempat gelap biasanya mencapai sekitar $10\text{ M}\Omega$ sedangkan ketika terang biasanya resistansi sensor cahaya turun menjadi sekitar $150\text{ }\Omega$.



Gambar 4. Skematik Dasar Sensor Cahaya

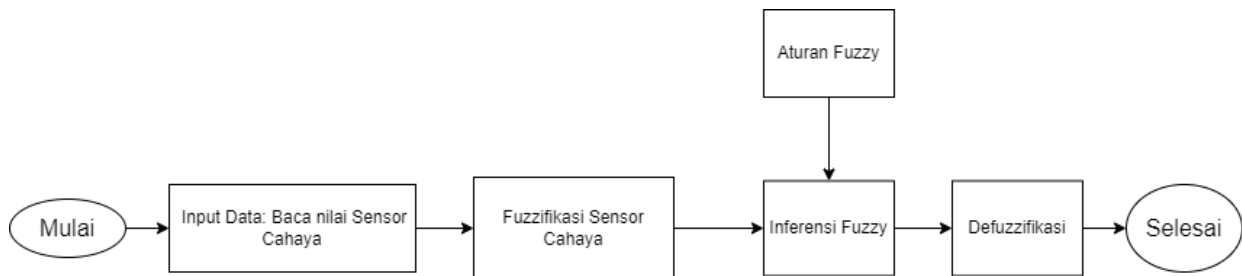
Grafik karakteristik tegangan pada sensor cahaya seperti pada gambar 5, menggambarkan hubungan terbalik antara intensitas cahaya dan tegangan sensor cahaya. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya, semakin rendah resistansi sensor cahaya.



Gambar 5. Grafik Karakteristik Sensor Cahaya

Data masukan atau input data pada sistem ini terdiri dari dua, Pertama adalah sensor cahaya: Dua sensor cahaya memberikan informasi tentang tingkat pencahayaan di dalam ruangan dan di luar ruangan. Kedua adalah Kamera (Teachable Machine): Memberikan informasi tentang keberadaan orang di ruangan. Proses pembentukan logika fuzzy seperti pada gambar 6 terdiri dari : Fuzzifikasi, Aturan Fuzzy, Inferensi Fuzzy, dan Defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah proses konversi nilai numerik yang diperoleh dari sensor menjadi nilai linguistik atau variabel linguistik. Dalam konteks penggunaan sensor cahaya untuk mengukur tingkat pencahayaan, fuzzifikasi akan mengubah nilai numerik yang diterima dari sensor menjadi kategori atau himpunan linguistik yang dapat dipahami oleh sistem logika fuzzy. Inferensi fuzzy adalah proses di mana aturan-aturan fuzzy dievaluasi berdasarkan kondisi input untuk menentukan tingkat pencahayaan yang sesuai berdasarkan kondisi ruangan, dalam penelitian ini sistem inferensi fuzzy menggunakan Mamdani seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Defuzzifikasi merupakan Konversi hasil inferensi fuzzy menjadi nilai konkret yang mewakili pengaturan

pencahayaan yang akan diimplementasikan.



Gambar 6. Diagram Alir Proses Fuzzy Logic

Potensi penghematan konsumsi listrik.

Rancangan arsitektur sistem pada gambar 1 dengan ide yang disampaikan berpotensi dalam penghematan listrik antara sebesar 10% sampai 30% penghematan listrik dengan simulasi logika fuzzy. Peran dari machine learning dalam hal ini adalah teachable machine mendukung sistem ini untuk menentukan keberadaan orang atau pekerja dalam suatu ruangan. Simulasi logika fuzzy berperan penting dalam menyesuaikan penggunaan listrik berdasarkan kondisi yang terus berubah, seperti variasi jumlah orang di dalam ruangan dan aktivitas yang mereka lakukan.

Dalam konteks ini, peran machine learning menjadi sangat krusial. Teknologi teachable machine diterapkan untuk mendukung sistem dalam menentukan keberadaan orang atau pekerja di dalam suatu ruangan. Melalui proses pembelajaran yang berkelanjutan, teachable machine dapat mengenali pola-pola keberadaan manusia berdasarkan data yang diperoleh dari berbagai sensor. Data ini kemudian diolah untuk memberikan respons yang tepat, seperti menyalakan atau mematikan perangkat listrik secara otomatis sesuai kebutuhan aktual.

Tantangan dan Potensi Hambatan

Dalam mengimplementasikan sistem penerangan adaptif yang memanfaatkan machine learning dan logika fuzzy, terdapat sejumlah tantangan yang perlu diperhatikan guna mencapai kinerja optimal. Salah satu hal yang krusial adalah kompleksitas dalam pengumpulan dan pemrosesan data sensor, terutama dalam konteks lingkungan gedung yang cenderung besar dan beragam. Memilih sensor yang andal dan efisien menjadi langkah penting untuk memastikan akurasi pengumpulan data lingkungan yang diperlukan dalam proses pengaturan pencahayaan ruangan. Integrasi yang solid antara machine learning, logika fuzzy, serta sensor yang tepat akan mendukung pencapaian tujuan penghematan energi dan kenyamanan pengguna dalam lingkungan gedung.

Salah satu tantangan lainnya adalah kebutuhan akan interpretasi yang akurat terhadap aturan fuzzy dalam sistem. Penentuan aturan fuzzy yang tepat memerlukan pemahaman mendalam tentang kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Oleh karena itu, memahami tantangan ini dan menerapkan strategi yang tepat dalam menafsirkan aturan fuzzy menjadi kunci dalam memastikan respons adaptif sistem penerangan. Keterbatasan daya komputasi dan kebutuhan pemeliharaan rutin juga menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan agar sistem dapat beroperasi secara optimal dalam jangka panjang.

Memahami bahwa implementasi praktis dari sistem penerangan adaptif juga menghadapi tantangan unik dalam hal integrasi dengan infrastruktur yang ada dalam lingkungan gedung. Proses ini memerlukan koordinasi yang baik dengan sistem manajemen gedung yang sudah ada, seperti sistem keamanan menggunakan CCTV, untuk memastikan interoperabilitas yang baik dan peningkatan efisiensi secara keseluruhan. Dengan integrasi antara simulasi logika fuzzy dan machine learning, sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih cerdas dan responsif. Penggunaan teachable machine memastikan bahwa sistem dapat beradaptasi dengan perubahan dinamis dalam penggunaan ruangan, sementara logika fuzzy mengelola pengambilan keputusan yang optimal terkait penggunaan energi. Kombinasi teknologi ini menawarkan solusi yang cukup baik untuk tantangan penghematan listrik salah satunya di lingkungan gedung perkantoran

Tren Masa Depan dan Perkembangan

Dalam konteks penerangan adaptif untuk meningkatkan efisiensi energi di ruang gedung, terdapat sejumlah tren masa depan yang berpotensi memengaruhi pengembangan serta penerapan sistem ini. Salah satu tren yang signifikan adalah meningkatnya penggunaan Internet of Things (IoT) di lingkungan gedung. Hal ini memungkinkan integrasi sensor pintar untuk mengoptimalkan pencahayaan berdasarkan data real-time tentang kondisi lingkungan dan kehadiran orang. Selain itu, terobosan dalam teknologi sensor dan analitik data turut membuka pintu bagi pengembangan sistem penerangan adaptif yang lebih cerdas dan responsif terhadap perubahan lingkungan.

Di samping itu, juga terlihat lonjakan implementasi machine learning dalam sistem penerangan adaptif sebagai tren yang menjanjikan di masa depan. Dengan semakin melimpahnya data dan kemajuan komputasi yang terus meningkat, model-machine learning yang lebih canggih dan tepat guna dapat dikembangkan. Model ini dapat dioptimalkan untuk mengatur pencahayaan berdasarkan perilaku pengguna dan preferensi individu, memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan kenyamanan dan produktivitas, sambil mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.

Namun, bersamaan dengan potensi perkembangan yang besar, juga dihadapkan pada sejumlah tantangan di masa depan. Misalnya, kekhawatiran terkait privasi data dan keamanan dalam pengumpulan serta pengolahan informasi yang sensitif oleh sistem penerangan adaptif. Selain itu, adopsi teknologi baru ini juga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti perubahan regulasi atau kondisi pasar. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk terus memantau tren ini dan mengembangkan strategi adaptif agar sistem penerangan adaptif tetap relevan dan kompetitif di masa yang akan datang.

KESIMPULAN

Dalam era urbanisasi yang pesat, penggunaan energi di gedung-gedung perkotaan menjadi aspek kritis dalam upaya menuju keberlanjutan dan efisiensi energi. Penelitian ini memusatkan perhatian pada implementasi sistem penerangan adaptif yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi pada gedung-gedung di Jakarta, sekaligus mendukung visi smart city. Dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan (AI) berupa machine learning Teachable Machine dan konsep logika fuzzy, sistem ini mampu belajar dan beradaptasi dengan pola-pola aktivitas manusia di sekitar gedung untuk mengoptimalkan penggunaan lampu. Teachable machine untuk melatih model machine learning untuk memahami pola dalam data input, dan kemudian menggunakan logika fuzzy untuk membuat keputusan berdasarkan output dari model tersebut. Kamera sebagai sensor Internet of Things (IoT) digunakan untuk mendeteksi kehadiran

manusia secara real-time, sedangkan platform pengendali mikrokontroler digunakan untuk mengoordinasikan pengoprasian tingkat pencahayaan lampu. Dalam penelitian ini, tidak hanya memfokuskan pada implementasi teknologi, tetapi juga melakukan analisis potensi penghematan konsumsi energi yang dapat dicapai melalui sistem ini. Hasil simulasi integrasi teachable machine dan logika fuzzy yang diujikan menghasilkan nilai pengaturan tingkat kecerahan lampu berdasarkan variabel input kamera dan sensor cahaya. Selain itu didapatkan hasil simulasi potensi penghematan energi antara 10% sampai dengan 30%. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mengurangi jejak karbon gedung-gedung perkotaan serta memberikan panduan praktis bagi pengembangan sistem penerangan hemat energi di kota-kota lain.

Metode dan konsep penerangan adaptif yang diuraikan dalam tulisan ini menggambarkan pendekatan yang inovatif dalam mengatur pencahayaan ruangan secara efisien dan responsif. Dengan menggunakan pendekatan inovatif yang melibatkan sensor cahaya dan integrasi dengan Teachable Machine, sistem penerangan adaptif yang diuraikan dalam tulisan ini telah berhasil menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Simulasi yang dilakukan menegaskan bahwa penggunaan teknologi ini dapat menghasilkan penghematan energi hingga 10% sampai 30% sambil meningkatkan kenyamanan visual dan produktivitas di lingkungan perkantoran. Pentingnya penggunaan machine learning, sensor cahaya dan logika fuzzy dalam menciptakan sistem yang responsif telah ditekankan, serta kesadaran terhadap aspek kenyamanan dan keamanan pengguna dalam desain pencahayaan ruangan. Dengan demikian, metode ini bukan hanya merupakan solusi untuk efisiensi energi, tetapi juga mendorong terciptanya lingkungan kerja yang lebih baik secara menyeluruh.

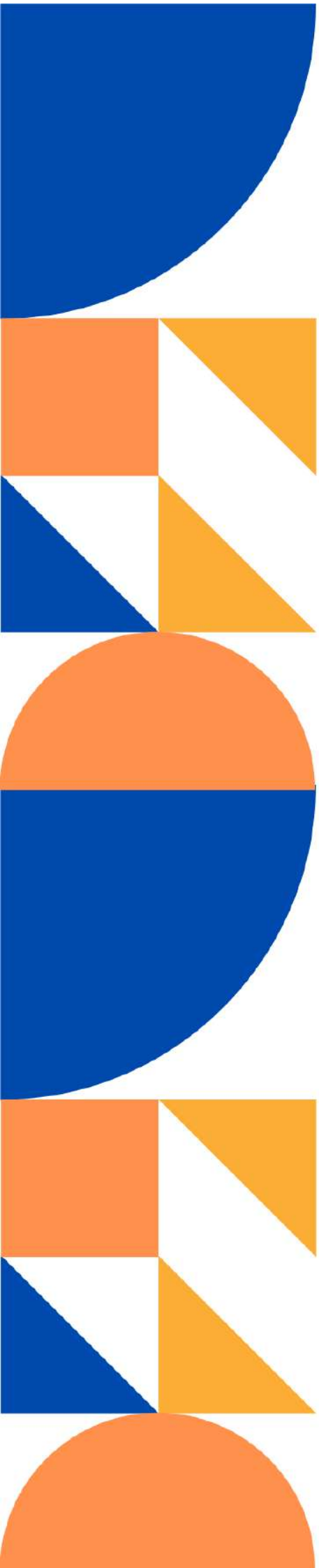
SARAN

Sistem penerangan adaptif yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, terutama pada konsep sistem penerangan adaptif dapat dijadikan acuan dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi energi dan mendorong keberlanjutan di Jakarta, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta perlu mempertimbangkan implementasi sistem pencahayaan adaptif sebagai langkah strategis dalam pengelolaan energi di bangunan-bangunan perkotaan. Disamping itu Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat mengeluarkan kebijakan yang merekomendasikan bangunan-bangunan kantor di wilayah DKI Jakarta untuk menggunakan sistem pencahayaan adaptif. Sistem ini akan secara otomatis menyesuaikan intensitas lampu berdasarkan kehadiran orang dan tingkat cahaya alami di ruangan. Dengan menerapkan kebijakan ini khusus untuk bangunan kantor, DKI Jakarta sebagai smart city dapat menjadi contoh dalam penggunaan teknologi hemat energi di lingkungan perkantoran, serta memberikan dorongan bagi sektor swasta untuk mengikuti langkah tersebut. Untuk menguji konsep ini secara lebih terperinci, disarankan agar Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melakukan pilot project skala kecil dengan studi kelayakan lebih lanjut tentang implementasi sistem pencahayaan adaptif di beberapa bangunan perkotaan di Jakarta. Studi ini harus mencakup analisis biaya-manfaat, potensi penghematan energi, serta dampak lingkungan dari penggunaan teknologi ini. Langkah ini akan menjadi bentuk sosialisasi yang efektif mengenai efisiensi energi dan keberlanjutan perkotaan, sambil memastikan bahwa kebijakan yang diambil didasarkan pada data yang akurat dan analisis yang teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- 27-06 Teknis, K. (2020). *Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan*. Badan Standarisasi Nasional. <https://akses-sni.bsn.go.id/dokumen/2020/SNI%206197-2020/#p=14>
- Ain, Q.-U., Iqbal, S., & Mukhtar, H. (2022). Improving Quality of Experience Using Fuzzy Controller for Smart Homes. *IEEE Access*, 10, 11892–11908. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3096208>
- Cheng, Y., Chen, F., Yuan, J., & Zhu, L. (2020). Design and Application of a Smart Lighting System Based on Distributed Wireless Sensor Networks. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10238545>
- Eriyadi, M., Abdullah, A. G., Hasbullah, H., & Mulia, S. B. (2021). Internet of things and fuzzy logic for smart street lighting prototypes. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(3), 528. <https://doi.org/10.11591/ijai.v10.i3.pp528-535>
- Furger, F., Bernon, C., Georgé, J.-P., Pigenet, N., & Valiere, P. (2022). *Multi-Agent-Based Structural Reconstruction Of Dynamic Topologies For Urban Lighting*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18192-4_16
- Gagliardi, G., Lupia, M., Cario, G., Tedesco, F., Gaccio, F. C., Scudo, F. L., & Casavola, A. (2020). Advanced Adaptive Street Lighting Systems for Smart Cities. *Smart Cities*. <https://doi.org/10.3390/smartcities3040071>
- Grari, M., Yandouzi, M., Mohammed, B., Boukabous, M., & Idrissi, I. (2024). Comparative study of teachable machine for forest fire and smoke detection by drone. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 13(3), 1970–1979. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i3.6578>
- Hajjaj, M., Miki, M., & Shimohara, K. (2020). The Effect of Utilizing Distributed Intelligent Lighting System for Energy Consumption in the Office. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10062004>
- Ibrahim, M. S., Fan, J., Yung, W. K., Prisacaru, A., Driel, W. D. v., Fan, X., & Zhang, G. (2020). Machine Learning and Digital Twin Driven Diagnostics and Prognostics of Light-Emitting Diodes. *Laser & Photonics Review*. <https://doi.org/10.1002/lpor.202000254>
- Isdore Onyema Akwukwaegbu, Eleazar Benson Mfonobong, Jude-Kennedy Chibuzo Obichere, & Chiedozie Francis Paulinus-Nwammuo. (2023). Smart fuzzy logic-based model of traffic light management. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 8(2), 344–358. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2023.8.2.0108>
- Karapetyan, A., Chau, S. C.-K., Elbassioni, K., Azman, S. K., & Khonji, M. (2020). Multisensor Adaptive Control System for IoT-Empowered Smart Lighting with Oblivious Mobile Sensors. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 16(1), 1–21. <https://doi.org/10.1145/3369392>
- Karyono, K., Abdullah, B. M., Cotgrave, A. J., & Bras, A. A. (2019). A Smart Adaptive Lighting System for a Multifunctional Room. *2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, 990–995. <https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00184>
- Kim, J.-M., Son, K., & Son, S. (2020). GREEN BENEFITS ON EDUCATIONAL BUILDINGS ACCORDING TO THE LEED CERTIFICATION. *International Journal of Strategic Property Management*, 24(2), 83–89. <https://doi.org/10.3846/ijspm.2020.11097>
- Leccese, F., Salvadori, G., & Rocca, M. (2017). Critical Analysis of the Energy Performance Indicators for Road Lighting Systems in Historical Towns of Central Italy. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.093>
- Malahina, E. A. U., Hadjon, R. P., & Bisilisin, F. Y. (2022). Teachable Machine: Real-Time Attendance of Students Based on Open Source System. *The IJICS (International Journal of Informatics and Computer Science)*, 6(3), 140.

- <https://doi.org/10.30865/ijics.v6i3.4928>
- Naimah, K., Rahmatullah, A., As Tsabit, M. A., Akbar P, M., Kamilah, Lumban G, J. E., Hidayat, N., Alghozi, M. A., Damara, R., S, A., & S, A. (2023). Analisis Sistem Pencahayaan Pada Lantai 3 Gedung Kuliah Umum Institut Teknologi Sumatera. *ENERGI & KELISTRIKAN*, 15(1). <https://doi.org/10.33322/energi.v15i1.1978>
- Parjiman, P., Rahardjo, I. A., Subekti, M., & Sunawar, A. (2021). Analysis of electrical energy efficiency using LED in the bank building (Study case in Bank X). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(4), 042030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/4/042030>
- Rabaza, O., Molero-Mesa, E., Aznar-Dols, F., & Gómez-Lorente, D. (2018). Experimental Study of the Levels of Street Lighting Using Aerial Imagery and Energy Efficiency Calculation. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su10124365>
- Ramadhani, R. R., Yuliana, M., & Pratiarso, A. (2022). Smart Room Lighting System for Energy Efficiency in Indoor Environment. *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics (IJAIR)*, 4(2), 48–58. <https://doi.org/10.25139/ijair.v4i2.5266>
- Syafitri, N., Ibnu Faderi, R., Suryani, D., & Labellapansa, A. (2022). Prototype of Lighting Intensity Administration in Work Room With Sound Control and Fuzzy Logic Control. *IT Journal Research and Development*, 7(1), 52–60. <https://doi.org/10.25299/itjrd.2022.10278>
- Wei, Q., & Shen, Z. M. (2019). A Smart-City Scope of Operations Management. *Production and Operations Management*. <https://doi.org/10.1111/poms.12928>
- Xie, C., El-Hajjar, M., & Ng, S. X. (2024). Machine learning assisted adaptive LDPC coded system design and analysis. *IET Communications*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1049/cmu2.12707>



OPTIMALISASI TRANSPORTASI PUBLIK DI DKI JAKARTA DENGAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**Bertinus Simanihuruk^{1*}, Hikma Dewita², Herlina
Trisnawati³, Jihaan Jamilah⁴**

^{1,2,3,4} Universitas Tama Jagakarsa Jakarta

e-mail: bsimanihuruk@gmail.com

PENDAHULUAN

Transportasi mempunyai peran penting dalam pembangunan dan pengembangan prasarana di perkotaan. Interaksi yang baik dan ideal antar unsur transportasi yang efektif, efisien dan komprehensif dapat mengoptimalkan dari fungsi transportasi di perkotaan. Peran transportasi harus disertai ketertiban dan keterlibatan aktif dari pihak yang terkait. Pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan penambahan prasarana jalan menyebabkan terjadinya kemacetan pada jam sibuk di pagi hari dan sore hari. Kemacetan di jalan perkotaan dan jalan luar kota disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan pribadi, keterbatasan pembangunan jalan raya dan kurang optimalnya pengoperasian kendaraan umum yang tersedia (Sari, 2023). Transportasi mempunyai peran penting dalam pergerakan masyarakat Provinsi DKI Jakarta untuk memenuhi kebutuhan hidup. Kegiatan perjalanan masyarakat tidak dapat menghindari dari kemacetan lalu-lintas. Bus Transjakarta, JakLingko, *Comuter Line*, *Light Rail Transit* dan *Mass Rapid Transit* sebagai sarana umum dalam perjalanan yang perlu dikembangkan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas. Sarana umum juga digunakan untuk melayani kota pendukung di sekitar DKI Jakarta. Rasio pertumbuhan jalan lebih kecil dari 7%, tingginya pertambahan kendaraan pribadi dan layanan transportasi umum yang buruk memberikan kontribusi pada pengguna jalan dengan kepadatan yang tinggi. Upaya perubahan penggunaan transportasi berbasis jalan seperti Bus TransJakarta dan JakLingko perlu mempunyai kontribusi dengan meningkatkan mutu layanan sarana dan prasarana umum (Suryobuwono et al., 2021).

Transportasi berkelanjutan merupakan isu utama untuk kota-kota di seluruh dunia, termasuk kota pintar (*smart city*) dengan mengurangi kemacetan lalu lintas. Transportasi merupakan satu sektor penting yang dikembangkan pada *smart city*. *Intelligent energy service*, *smart mobility* dan *ICT* merupakan interkoneksi antara transportasi berkelanjutan dan *smart city*. *Konsep smart city pada transportasi di perkotaan merupakan pengembangan smart mobility sehingga menjadi sustainable smart transportation* seperti pengembangan *smart street*, *smart vehicle*, *smart parking* dan *smart mobility*. Beberapa hasil inovasi telah dikembangkan dan diimplementasikan seperti penerangan jalan umum cerdas (Pusat Studi Transportasi Dan Logistik Universitas Gadjah Mada, 2023).

Kota pintar (*smart city*) merupakan kota yang menggunakan teknologi canggih dengan tingkat kesejahteraan masyarakat sangat tinggi dan banyak tercipta sistem yang mengurangi beban biaya yang dikeluarkan pemerintah kota. Kota pintar sudah diadopsi kota maju di belahan dunia, seperti China yang telah menerapkan pada semua sudut di perkotaan dengan sistem lampu merah pintar, *zebra cross* pintar dan sistem yang lain. Kota pintar menjadi pilihan strategis dari sebuah kota. DKI Jakarta sebagai salah satu 5 (lima) kota besar di Indonesia yang seharusnya sudah mengadopsi sistem pintar dalam konsep kota pintar secara bertahap seperti China dengan sistem lalu-lintasnya dan Inggris dengan CCTV canggihnya. Masalah kemacetan setiap hari dihadapi oleh DKI Jakarta. Dengan terlaksananya E-Tilang di DKI Jakarta telah menyadarkan masyarakat sadar berlalu lintas yang membuat konsep kota pintar terwujud secara bertahap (Putra, 2019).

Artificial intelligence (AI) atau kecerdasan buatan sering digunakan sebagai sistem teknologi untuk identifikasi dan penyelesaian masalah kompleks di bidang bisnis, perusahaan, dan pemerintahan. Tujuan utama AI adalah mengembangkan sistem atau mesin yang mempunyai kemampuan berpikir layaknya seperti manusia. Manusia dan AI dapat bekerja secara

bersamaan dalam membuat keputusan yang tidak dipengaruhi oleh nilai pribadi manusia. Kecerdasan buatan mengungguli manusia dalam pemecahan masalah dengan tingkat ketidakpastian dan kompleksitas yang rendah serta kemampuan analisis yang tinggi, sementara manusia mengungguli AI dalam pemecahan masalah dengan tingkat ketidakpastian dan kompleksitas yang lebih tinggi serta persyaratan kemampuan analisis yang rendah (Wahyudi, 2023). Kecerdasan buatan menjadi teknologi yang diandalkan untuk yang menggunakan teknologi, utiliti, dan sistem mobilitas yang inovatif bagi warga kota. Kecerdasan buatan menjadi tulang punggung bagi *smart city* dalam memberikan mutu hidup lebih baik, kemudahan dalam transaksi, pertumbuhan bisnis digital dan terwujudnya pembangunan berkelanjutan berbasis teknologi. Teknologi yang harus dimiliki *smart city* dapat melakukan proses data dengan big data yang diproses dengan kecepatan tinggi yang dapat menelaah big data secara kompeten untuk membuat perkiraan dan solusi yang efektif terhadap biaya dengan teknologi yang inovatif. Di industri transportasi, teknologi AI yang terintegrasi dengan *traffic management system* sehingga mengurangi kepadatan dan kecelakaan lalu lintas. Kecerdasan buatan membantu menurunkan polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor. Kecerdasan buatan dapat mendeteksi kejahatan di jalanan dengan sebenarnya yang terintegrasi dengan sistem kamera di jalan raya sehingga memudahkan petugas keamanan menangani masalah (Treestayanti, 2022). Dengan adanya kebutuhan layanan transportasi publik di DKI Jakarta yang aman dan nyaman dalam menyongsong *smart city* perlu dibantu dengan teknologi *artificial intelligence* sehingga layanan transportasi publik di DKI Jakarta memberikan rasa aman dan nyaman untuk digunakan oleh masyarakat DKI Jakarta.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah dalam memahami Optimalisasi Transportasi Publik Dengan Menggunakan Artificial Intelligence yang berkaitan dengan Smart City maka ada beberapa kajian yang menjadi dasar kajian yaitu

1. Dari penelitian Evaluasi Penerapan Mobilitas Cerdas (*Smart Mobility*) di Jakarta yang dilakukan oleh Audrea Sifa Novwidia Agni dan kawan-kawan pada tahun 2021 yang dapat disimpulkan konsep Kota Pintar (*Smart City*) telah diimplementasi pada kota-kota besar di Indonesia, termasuk implementasi Kota Pintar yang telah dilakukan oleh Provinsi DKI Jakarta. Salah satu bagian dari konsep Kota Pintar adalah implementasi Mobilitas Cerdas (*Smart Mobility*) yang dapat menyelesaikan permasalahan layanan transportasi di perkotaan, khususnya layanan transportasi umum agar terjadi peningkatan mutu layanan transportasi umum yang efektif serta efisien. Dari hasil penelitian didapat hasil bahwa Provinsi DKI Jakarta sudah menerapkan Mobilitas Cerdas dengan telah dilakukannya perbaikan transportasi umum dan pengadaan kendaraan umum secara berkala (Agni et al., 2021). Dari hasil kajian didapat bahwa Provinsi DKI Jakarta telah menerapkan Mobilitas Cerdas dengan melakukan perbaikan layanan transportasi umum dan telah mengadakan kendaraan umum secara bertahap.
2. Dari penelitian Margaretha dan kawan-kawan tentang Optimalisasi terhadap Implementasi pada Mobilitas Cerdas (*Smart Mobility*) di Provinsi DKI Jakarta pada tahun 2023 yang dapat disimpulkan yaitu untuk mewujudkan visi dari Kota Pintar (*Smart City*) pada Provinsi DKI Jakarta telah berhasil menggunakan teknologi informasi dan komunikasi untuk mengimplementasikan konsep Kota Pintar dengan baik. Dari hasil analisis didapat hasil bahwa Provinsi DKI Jakarta sudah menggunakan indikator bergerak bebas dengan sistem tempat peralihan transportasi yang sudah terintegrasi dengan layanan transportasi yang bisa di akses dengan mudah. Upaya peningkatan untuk layanan transportasi umum yang optimal dengan indikator mobilitas lebih rendah (*less mobility*) dan waktu jarak tempuh pendek (*less travel time*) (Margaretha et al., 2023). Dari hasil penelitian didapat bahwa Provinsi DKI Jakarta telah mengimplementasikan salah satu indikator Kota Pintar dengan

penggunaan teknologi informasi dan komunikasi di dalam layanan transportasi umum.

3. Dari hasil kajian bersama yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan DKI Jakarta dan Google Indonesia tentang Artificial Intelligence Solusi Urai Kemacetan Jakarta telah melakukan uji coba penggunaan *Intelligent Traffic Control System yang menggunakan teknologi Platform AI* pada 5 (lima) ruas jalan utama di Provinsi DKI Jakarta di awal tahun 2023 yaitu ruas Jalan Imam Bonjol, Pangeran Diponegoro, Proklamasi, Pramuka, dan Pemuda. Penggunaan teknologi AI dari aplikasi *Platform Google* dengan bantuan *Google Maps* telah menganalisis hasil dari volume lalu lintas pada 5 (lima) ruas jalan yang telah diuji coba dan membuat rekomendasi terhadap persimpangan jalan yang diberi durasi menyalanya lampu hijau lebih panjang sehingga tingkat kepadatan volume kendaraan di persimpangan jalan dapat terurai.. *Platform AI Google* digunakan untuk menganalisis data besar dari lalu lintas di persimpangan yang dihasilkan dari data *Google Maps* yang telah direkam untuk memprediksi lalu lintas di persimpangan, memprediksi lokasi terjadinya kemacetan lalu lintas dan pengembangan rencana dalam mengambil kebijakan di masa mendatang. Platform teknologi AI yang digunakan merupakan mesin untuk pembelajaran terhadap lalu lintas di persimpangan jalan dan mesin untuk penyimpanan data lalu lintas yang terkumpul dalam sistem data awan (*cloud*) yang digunakan dalam mengatur waktu lampu merah agar bisa bekerja dengan otomatis. Setiap lampu merah dilengkapi dengan *platform* teknologi AI untuk menentukan waktu lampu hijau menyala secara ideal di persimpangan jalan agar terhindar dari penumpukan kendaraan dan platform teknologi AI mengatur waktu lampu lalu lintas yang bekerja dengan otomatis sehingga bisa menguraikan kemacetan di persimpangan jalan. Penggunaan *platform* teknologi AI juga bisa menolong masyarakat untuk menggunakan bahan bakar kendaraan secara efisien dan dapat mengurangi polusi udara akibat asap kendaraan (Dinas, 2023). Dari hasil uji coba *platform* teknologi AI dari *Google* didapat hasil bahwa Pemerintah Provinsi DKI Jakarta bisa menyelesaikan permasalahan kemacetan di persimpangan jalan, menghemat penggunaan bahan bakar dan mengurangi polusi udara akibat asap kendaraan

Dari 3 (tiga) kajian di atas, ada beberapa hal yang dibahas yaitu kemacetan, transportasi publik, kota pintar (*smart city*), *smart mobility*, *artificial intelligence*, dan optimalisasi transportasi publik di DKI Jakarta untuk menjawab optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta dengan *Artificial Intelligence*.

Kemacetan di Provinsi DKI Jakarta

Keadaan lalu lintas di suatu jalan merupakan hasil perilaku dari pengguna lalu lintas di jalan. Perilaku pengguna lalu lintas merupakan hasil gabungan dari perilaku antara manusia, kendaraan, dan jalan pada lingkungan tertentu. Pemakai jalan atau manusia, kendaraan, jalan dan lingkungan merupakan unsur utama dalam transportasi jalan raya. Rekayasa lalu lintas dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang muncul akibat dari pertumbuhan lalu lintas di jalan. Pertumbuhan lalu lintas setiap tahun mengakibatkan peningkatan kebutuhan prasarana sehingga menimbulkan kemacetan. Kemacetan lalu lintas merupakan masalah transportasi perkotaan yang sangat mengganggu aktivitas penduduk. Kemacetan yang terjadi di Provinsi DKI Jakarta merupakan hal umum bagi kita semua. Selain itu, hampir semua masyarakat di perkotaan merasakan kemacetan lalu lintas setiap hari..

Berdasarkan data pada Lampiran II RPJMN (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional) tahun 2020-2024, Provinsi DKI Jakarta merupakan kota ke-7 termacet di dunia yang menyebabkan kerugian dari akibat kemacetan lalu lintas sebesar Rp. 65 triliun/tahun, emisi udara yang tinggi dengan dampak biaya kesehatan akibat sektor transportasi mencapai Rp. 4,2 milyar dollar/tahun. Dalam RPJMN, Provinsi DKI Jakarta masuk dalam rencana strategis untuk

sistem angkutan umum massal di 6 wilayah metropolitan. Manfaat yang didapat dari pelaksanaan sistem adalah untuk mengurangi kerugian ekonomi dari akibat kemacetan lalu lintas di wilayah metropolitan, target dari penurunan akibat emisi gas rumah kaca dan meningkatkan mobilitas masyarakat di wilayah perkotaan.

Program Pemerintah Pusat dan Provinsi DKI Jakarta untuk menanggulangi kemacetan lalu lintas yaitu

1. Pemberlakuan Ganjil Genap bagi Kendaraan Pribadi Roda Empat
Pemberlakuan ganjil genap bagi kendaraan pribadi roda empat pada jalan-jalan yang telah ditetapkan oleh Polda DKI Jakarta.
2. Pembangunan MRT
MRT Jakarta terbangun dari Jalan M.H. Thamrin sampai Lebak Bulus. Rencana MRT koridor Selatan Utara sepanjang ± 110.8 km dari Lebak Bulus-Kampung Bandan. Rencana MRT koridor Timur Barat sepanjang ± 87 km.
3. Penambahan Armada Transjakarta
Penambahan armada mulai dialokasikan dalam membuka rute di penyangga Provinsi DKI Jakarta yaitu Bogor, Tangerang, Bekasi, Depok dan Serpong. Pada saat ini, jumlah total armada Bus TransJakarta sebanyak 1.233 bus. Jumlah armada tersebut milik PT. TransJakarta, dan 8 mitra operator yang bekerja sama dengan PT. TransJakarta. Ada 244 armada bus yang dimiliki oleh PT. TransJakarta yang terdiri dari 66 bus single, 172 bus gandeng dan 6 bus tingkat. Kementerian Perhubungan telah memberikan bantuan untuk BRT (Bus Rapid Transit) single sebanyak 600 armada.
4. Membangun Jalan Layang
Pemerintah Provinsi DKI Jakarta juga membangun Jalan Layang untuk mengatasi kemacetan di persimpangan.

Selain itu dalam mengatasi kemacetan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melakukan langkah-langkah lain yaitu

1. Meningkatkan ketersediaan hunian di lokasi strategis dapat mengurangi jarak tempuh masyarakat sehingga mengurangi kemacetan. Hunian diperuntukkan bagi kelas menengah dan masyarakat berpenghasilan rendah. Penerapan konsep yang dapat mengurangi kemacetan ini.
2. Meningkatkan ketersediaan fasilitas parkir yang dekat dengan Stasiun KRL, MRL dan LRT.
3. Membuat jalur terpisah bagi pengendara sepeda motor.

Transportasi Publik Di DKI Jakarta

Pergerakan manusia tumbuh di Jabodetabek, khususnya di Provinsi DKI Jakarta yang membutuhkan transportasi umum handal. Transportasi umum mempunyai peran penting bagi pergerakan masyarakat Provinsi DKI Jakarta untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Kegiatan masyarakat dalam melakukan perjalanan setiap hari tidak dapat menghindari kemacetan lalu lintas. Ketersediaan sarana dan prasarana transportasi umum seperti Bus TransJakarta dan Kereta Commuter Line untuk perjalanan di dan antar kota perlu dikembangkan untuk mengatasi kemacetan dan mengurangi kecelakaan lalu lintas. Untuk itu layanan transportasi harus direncanakan seoptimal mungkin. Perencanaan transportasi adalah perencanaan sistem transportasi sistematis dalam menyediakan layanan transportasi umum dalam bentuk sarana dan prasarana sesuai dengan kebutuhan transportasi masyarakat. Dalam perencanaan transportasi perlu mempertimbangkan kebutuhan di masa depan dan model perencanaan harus memenuhi kebutuhan masyarakat sehingga masyarakat

tertarik dalam menggunakan transportasi umum (Suryobuwono et al., 2021).

Dalam meningkatkan daya tarik masyarakat, transportasi umum memiliki 6 (enam) standar layanan yaitu keselamatan, kenyamanan, keamanan, keterjangkauan, kesetaraan dan keteraturan. Integrasi dari beberapa moda transportasi umum harus dikembangkan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi kemacetan lalu lintas yang terjadi dan memberikan kemudahan untuk pengguna dalam mencapai tujuan. Bentuk integrasi antar moda transportasi umum dengan menyediakan prasarana pada titik simpul transportasi umum. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah menyediakan sarana bus TransJakarta untuk melayani pergerakan masyarakat. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melibatkan pihak swasta juga menyediakan sarana bus yang terhubung dengan Jak Lingko. Sistem ini menghubungkan beberapa moda transportasi diantaranya MRT Jakarta, LRT Jakarta, TransJakarta, dan KRL Commuterline. Semua jenis moda transportasi yang terintegrasi, pembayaran dengan sistem elektronik dan tarif yang tetap, serta sistem operasi terintegrasi. Layanan transportasi umum yang terintegrasi di Provinsi DKI Jakarta tidak hanya mengintegrasikan antar bus besar, bus medium dan angkot tetapi juga menggabungkan dengan transportasi yang berbasis rel yang dimiliki oleh Provinsi DKI Jakarta dan KAI yaitu menggabungkan penggunaan LRT, MRT, TransJakarta, JakLingko, KRL, dan Kereta Bandara serta pembayaran pada pintu tol di wilayah Jabodetabek (Handayani et al., 2021).

Kota Pintar (*Smart City*)

Kota pintar (*smart city*) yaitu pengelolaan dan pengembangan sebuah perkotaan dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk memberdayakan sumber daya di dalam kota agar bisa efektif dan efisien dalam layanan masyarakat dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Penggunaan TIK untuk menghubungkan memonitor dan mengendalikan sumber daya di dalam kota. (Devega, 2017). Menurut Profesor Dr. Rudolf Giffinger dan tim risetnya, ada 6 (enam) indikator yang membangun keberhasilan sebuah *smart city* (Chusna, 2023) yaitu:

1. Ekonomi Cerdas (*Smart Economy*)

Ekonomi Cerdas adalah Ekonomi masyarakat dalam pengelolaannya menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) sehingga ekonomi masyarakat bisa bertumbuh dan berkembang. Dalam ekonomi cerdas, sumber daya manusia harus berkembang secara adaptif terhadap peluang di era ekonomi digital dan menghasilkan iklim investasi yang adaptif dengan menggunakan TIK sehingga menghasilkan langkah berkelanjutan dalam era ekonomi yang kompetitif

2. Lingkungan Cerdas (*Smart Environment*)

Lingkungan Cerdas adalah pengelolaan lingkungan dengan menggunakan TIK sehingga menghasilkan lingkungan yang sehat. Pengelolaan lingkungan termasuk pengelolaan sampah, limbah serta polusi dan air sehingga bisa memberikan manfaat bagi masyarakat.

3. Hidup Cerdas (*Smart Living*)

Hidup cerdas adalah masyarakat yang menggunakan TIK untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat yang nyaman dan kondusif dengan tercukupinya sarana dan prasarana dengan kondisi terbaik.

4. Mobilitas Cerdas (*Smart Mobility*)

Mobilitas Cerdas adalah *transportasi umum bagi masyarakat menggunakan TIK* dalam rangka peningkatan layanan transportasi bagi masyarakat.

5. *Smart People*

Smart people adalah masyarakat yang mampu menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) sehingga memiliki keunggulan dan mampu beradaptasi dengan tetap mempertahankan norma dan sopan santun

6. *Smart Governance*

Smart Governance merupakan sistem pemerintah yang menggunakan TIK yang memberikan layanan masyarakat dengan konsep digital.

Pada kuliah umum Ilmu Administrasi Negara di Fakultas Ilmu Administrasi Universitas Indonesia (FIA UI), Yudhistira Nugraha menambahkan 1 (satu) indikator selain 6 (enam) indikator sebelumnya yaitu *Smart Branding* (FIA UI, 2023). *Smart Branding* merupakan identitas wilayah yang mempunyai image yang mudah dikenali yang dijadikan motivasi untuk mencapai tujuan.

Provinsi DKI Jakarta menjadi contoh kota besar di Indonesia dalam penerapan kota pintar (*smart city*) dalam upaya percepatan pembangunan. Provinsi DKI Jakarta telah memenangkan Sustainable Transport Award (STA) dan menjadi kota pertama di Asia Tenggara yang mendapatkan penghargaan STA dalam menerapkan kota pintar. Keberhasilan dapat dicapai berkat upaya Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mengintegrasikan antar moda transportasi dan membangun jalur jalan yang ramah terhadap pengendara sepeda dan pejalan kaki. Pengembangan sistem transportasi yang dilakukan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta merupakan aspek penting konsep *smart mobility* dan mencapai target yang berarti untuk mewujudkan kota pintar (Firdausi, 2021).

Mobilitas Cerdas (*Smart Mobility*)

Dunia sudah memasuki era Revolusi Industri 4.0. Di era revolusi ini, teknologi informasi dan komunikasi digunakan untuk mencapai efisiensi dan efektivitas dalam mencapai tujuan. Penggunaan TIK pada sistem transportasi digunakan untuk pengembangan transportasi publik, salah satunya aplikasi *smart mobility*. *Smart mobility* adalah sistem transportasi yang menggunakan TIK untuk menyelesaikan masalah transportasi yang didukung dengan perangkat komputer, teknologi elektronik dan telekomunikasi untuk dapat memberikan kemudahan dan efisiensi dari segi waktu, biaya ataupun sumber daya manusia serta ramah lingkungan. Salah satu bentuk penggunaan *smart mobility* dengan pengintegrasian antar moda transportasi dengan sistem pembayaran (Firdausi, 2021).

Konsep *smart mobility* melibatkan pengembangan transportasi berbasis TIK untuk peningkatan layanan transportasi umum agar transportasi umum bisa digunakan secara mudah, aman, nyaman, cepat dan terjangkau. *Smart mobility* memungkinkan pemenuhan kebutuhan dengan pergerakan minimal dan efisien. Penggunaan *Smart mobility* meningkatkan pergerakan pengguna sehingga penggunaan *smart mobility* bisa mengurangi biaya, memperkecil dampak lingkungan dan mempersingkat waktu perjalanan. Ada 3 (tiga) kriteria pada *smart mobility* yaitu

1. Responsif artinya sistem yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan dari pengguna terhadap pergerakan yang sebenarnya.
2. Inovatif artinya sistem memungkinkan pergerakan pengguna yang efektif dan efisien.
3. Kompetitif artinya sistem secara kuantitatif dan kualitatif bisa bekerja secara optimal lebih dari hanya sekadar penambahan sistem.

Karakteristik dianalisis melalui sistem matriks yang menjelaskan kondisi awal sebagai tahapan awal untuk mewujudkan kota pintar. Matriks digunakan sebagai panduan awal untuk menetapkan indikator dan harapan di masa mendatang yang berhubungan dengan tahapan pada mobilitas cerdas. Mobilitas cerdas melibatkan 3 (tiga) aspek yaitu

1. Mobilitas rendah dengan pergerakan pengguna terhadap perjalanan harian rata-rata terendah.

2. Bergerak bebas dengan pergerakan dengan tingkat kemudahan pergerakan sebanyak mungkin.
3. Waktu tempuh lebih singkat untuk mewujudkan kota pintar dengan waktu perjalanan harian rata-rata seminimal mungkin.

Perumusan pencapaian mobilitas cerdas merupakan bagian dari 6 (enam) komponen dari kota cerdas untuk tujuan mencapai mobilitas cerdas. Pada konteks mobilitas cerdas melibatkan mobilitas lebih rendah, pergerakan pengguna yang bebas dan waktu tempuh perjalanan singkat, serta ada metode pengukuran untuk menganalisis dan mengevaluasi mobilitas yang terjadi di sebuah kota. Metode pengukuran disusun dalam tabel yang menghubungkan antar variabel yang memengaruhi ketiga aspek mobilitas cerdas serta mencari keadaan yang ideal bagi variabel-variabel tersebut. (Margaretha et al., 2023).

Provinsi DKI Jakarta telah melakukan pengintegrasian antar moda transportasi dengan membuat titik simpul pertemuan antara stasiun perhentian MRT, LRT, dan kereta commuter line dengan halte bus TransJakarta dan tempat perhentian angkot JakLingko. Pengintegrasian titik simpul pertemuan memudahkan terjadinya perpindahan antar moda transportasi umum. Pengembangan dan peningkatan integrasi antar moda transportasi umum beriringan dengan pengembangan dan peningkatan integrasi sistem pembayaran. Secara bertahap sudah dilakukan integrasi sistem pembayaran antar moda transportasi di Provinsi DKI dengan menggunakan kartu elektronik yang berfungsi sebagai uang elektronik (*e-money*) untuk pengganti uang tunai yang dikeluarkan oleh beberapa bank. Uang elektronik ini dapat digunakan pada berbagai jenis transaksi untuk penggunaan moda transportasi seperti transaksi MRT, LRT, TransJakarta, kereta commuter line dan JakLingko. Uang elektronik juga digunakan dalam pembayaran jalan tol dan pembayaran parkir.

Penerapan integrasi antar moda transportasi dengan sistem pembayaran dengan uang elektronik di Provinsi DKI Jakarta memberikan dampak terhadap pengguna yang pergantian penggunaan transportasi dengan jalan kaki dengan jarak dekat sehingga penggunaan transportasi juga lebih ramah lingkungan. Penerapan layanan transportasi umum yang terintegrasi dengan biaya terjangkau untuk tujuan menarik minat pengguna kendaraan pribadi mulai menggunakan kendaraan umum untuk pergerakan dari satu tempat ke tempat lain. Sistem transportasi umum terintegrasi dan perubahan penggunaan kendaraan pribadi ke kendaraan umum dapat mengurangi kemacetan lalu lintas dan memperlancar lalu lintas serta menurunkan polusi kendaraan dan polusi suara. Penerapan *mobilitas cerdas* merupakan perwujudan kota pintar yang berdampak terintegrasinya transportasi umum bagi masyarakat sehingga terjadi pergerakan dari satu tempat ke tempat lain secara efektif dan efisien serta cepat. Penggunaan sistem terintegrasi secara ideal membantu masyarakat untuk mengakses berbagai layanan publik dan sistem dapat memberikan masukan terhadap keluhan atau ketidaknyamanan dalam penggunaan transportasi umum. (Firdausi, 2021)..

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) berkembang dengan cepat. Satu terobosan yang telah berpengaruh dalam kehidupan manusia adalah penggunaan kecerdasan buatan (*artificial Intelligence* atau AI). Metode *Artificial intelligence* telah menjadi pondasi dalam berbagai bidang dan memberikan dampak yang besar dalam kehidupan, mulai dari cara bekerja, bersosialisasi, sampai pada tahap pengambilan keputusan. Metode *Artificial intelligence* merupakan ilmu dan teknik yang mempelajari suatu mesin cerdas buatan yang dapat memberikan keputusan atau rekomendasi bagi penggunanya. Kecerdasan merupakan kecerdasan mesin seperti kecerdasan yang dimiliki manusia seperti sebuah komputer yang

dapat mengambil keputusan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks yang hasil kecerdasannya seperti pemikiran seorang manusia (Haag dan Keen. 1996).

Metode AI mencakup berbagai pendekatan dan teknik yang digunakan untuk mengembangkan sebuah sistem yaitu:

1. Mesin Pembelajaran (*Machine Learning*)

Mesin pembelajaran merupakan mesin kecerdasan buatan yang menggunakan sistem kemampuan belajar otomatis dari kumpulan data yang tersedia untuk melakukan tugas yang diinstruksikan tanpa diprogram secara langsung. Jenis pembelajaran mesin ada 2 (dua) yaitu pembelajaran yang terawasi (*supervised learning*) dan pembelajaran yang tidak terawasi (*unsupervised learning*) (Mahesh, 2020).

2. Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*)

Jaringan Saraf Tiruan merupakan jaringan sara yang dirancang seperti otak manusia untuk tujuan melaksanakan tugas yang diinstruksikan. Jaringan diimplementasikan dengan penggunaan sebuah komponen elektronik atau data dimasukkan pada sebuah aplikasi komputer (Vanneschi & Castelli, 2018).

3. **Pengolahan Bahasa Alami (*Natural Language Processing*)**

Pengolahan Bahasa Alami adalah penggunaan kecerdasan buatan pada linguistik komputasional (*computational linguistic*) untuk mengkaji dan menganalisis interaksi antara kemampuan komputer dengan bahasa manusia. Pengelolaan Bahasa Alami biasa juga disebut NLP berupaya untuk memecahkan permasalahan bahasa alami manusia dengan segala bentuk aturan gramatika dan semantik yang berlaku serta mengubah bahasa tersebut menjadi representasi bahasa formal yang diproses oleh mesin kecerdasan buatan.

4. **Penglihatan Komputer (*Computer Vision*)**

Penglihatan Komputer merupakan penggunaan kecerdasan buatan untuk menganalisis setiap gambar atau video secara otomatis oleh platform kecerdasan buatan untuk mendapatkan suatu pemahaman mengenai gambar atau video yang dianalisis.

Gabungan beberapa AI dan kemampuan komputasi yang semakin baik membuka peluang untuk menciptakan penemuan yang luar biasa dalam berbagai bidang, termasuk otomasi industri, kesehatan, transportasi otonom, dan banyak lagi. Salah satu bidang yang mengalami dampak kemajuan teknologi dari AI adalah sektor transportasi dengan kemampuannya untuk mengolah data dalam jumlah besar, mengambil keputusan cepat, dan belajar dari pengalaman, telah mengakibatkan perubahan yang substansial dalam dunia transportasi.

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam sektor transportasi, khususnya dalam mengurai kemacetan lalu lintas dengan memberikan solusi yang berkelanjutan. Dari data lalu lintas yang didapat melalui sensor lalu lintas, cctv, dan sistem pemantauan, dapat menjadi dasar informasi untuk mengurai kemacetan lalu lintas. Menggunakan teknik-teknik AI, data yang terkumpul dianalisis sehingga dapat diidentifikasi pola-pola pada lalu lintas. Adapun beberapa cara yang dapat digunakan dalam mengurai kemacetan lalu-lintas dengan menggunakan teknologi AI adalah:

1. Analisis Data Lalu-Lintas

Dari data yang terkumpul melalui sensor lalu lintas, cctv, serta sistem pemantau dianalisis untuk mengetahui pola lalu lintas yang terjadi selama ini. Seperti kapan terjadinya kepadatan dan berapa lama waktu perjalanan. Dengan Teknik AI menggunakan algoritma cerdas seperti *machine learning* dapat mengetahui pola kemacetan, rute-rute yang rentan

terjadinya kemacetan serta memberikan data waktu sebenarnya dari kondisi lalu lintas yang terjadi kepada para pengendara.

2. Prediksi Kemacetan

Data yang terkumpul selain dapat dianalisis untuk mendapatkan pola lalu lintas, dapat juga digunakan untuk memprediksi kemacetan masa mendatang dengan menerapkan Teknik AI, seperti algoritma machine learning dan jaringan neural. Dalam analisis prediktif, model dapat dilatih untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada terjadinya kemacetan, seperti acara besar, kondisi cuaca, atau kejadian tak terduga lainnya. Dengan memanfaatkan informasi ini, sistem dapat memberikan peringatan dini kepada pengguna jalan tentang kemungkinan kemacetan di suatu area atau rute tertentu.

3. Pengoptimalan Rute

Melalui data lalu lintas yang terkumpul juga dapat digunakan untuk pencarian rute perjalanan yang optimal sehingga dapat menghindari dari rute yang terjadi kemacetan. Penerapan teknik AI algoritma pencarian rute terbaik (*route optimization*), penggunaan data real-time tentang kondisi lalu lintas saat ini dapat memberikan alternatif solusi untuk menggunakan rute yang lebih cepat sehingga dapat menghinrute ungkinkan sistem untuk menyarankan rute alternatif yang lebih cepat sehingga terhindar dari jalur-jalur yang terjadi kemacetan. Dengan memberikan solusi alternatif dalam pengambilan Keputusan untuk memilih rute-rute yang optimal pada waktu yang tepat, sistem ini dapat membantu mengurangi kemacetan dan mengurangi waktu tempuh yang lama.

4. Pengelolaan Persimpangan Lampu Lalu Lintas

Dengan teknik AI data lalu lintas juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan persimpangan lampu lalu lintas. Untuk itu data yang dikumpulkan adalah data dari arus lalu lintas di setiap persimpangan, AI dapat mengatur waktu lampu merah dan lampu hijau agar lebih efisien. contoh, mengidentifikasi rute-rute yang paling padat, sistem akan memberikan waktu yang lebih lama pada fase lampu hijau untuk rute tersebut, sehingga dapat memotong waktu tunggu lebih cepat sehingga akan berdampak dengan meningkatkan gerakan alur lalu lintas.

5. Integrasi dengan Sistem Transportasi Lainnya

Analisis data lalu lintas menggunakan Teknik AI juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan integrasi dengan sistem transportasi lainnya, contohnya transportasi umum atau aplikasi ride-sharing. Dengan menggunakan data lalu lintas yang real-time juga, sistem ini dapat menyediakan layanan informasi tentang ketersediaan transportasi umum, perkiraan waktu kedatangan, atau memberikan saran sebagai Solusi alternatif untuk penggunaan moda transportasi yang lebih efisien. Manfaatnya yang didapat dengan menggunakan sistem ini adalah meningkatkan jumlah penumpang transportasi umum agar dapat mengurangi jumlah kendaraan di jalan, sehingga mengurangi kemacetan.

Ada banyak software AI yang umum dan khusus yang bisa digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi publik seperti ChatGPT, Gemini, Cici, Claude, AI Chatting, Bing, AI yang terintegrasi dengan perangkat keras dan AI yang lain baik yang berbayar maupun yang tidak berbayar.

Penerapan AI untuk menghadapi dinamika perkembangan kota modern dipenuhi tantangan transportasi yang kompleks. Dengan AI diharap dapat mengubah paradigma perencanaan dan pengelolaan sistem transportasi kota. hal ini melibatkan beberapa aspek krusial yaitu, prediksi lalu lintas, optimalisasi rute transportasi umum, keselamatan lalu lintas, dan keberlanjutan(Freepik, 2024). Langkah sudah dilakukan oleh Dinas Perhubungan Pemerintah

Provinsi DKI Jakarta dengan Google Indonesia diterapkan *Intelligent Traffic Control System* yang menggunakan platform AI yang diuji coba pada 5 persimpangan jalan didapat hasil yaitu

1. Terjadinya efisiensi terhadap pengurangan waktu tundaan atau waktu tunggu dari kendaraan di persimpangan menjadi 15- 20%.
2. Mengurangi tingkat emisi kendaraan dan konsumsi penggunaan bahan bakar kendaraan.
3. Data pergerakan real time kendaraan yang didapatkan dapat dianalisis untuk digunakan sebagai penetapan strategi dan kebijakan transportasi yang ada di Provinsi DKI Jakarta.

Hasil ITCS dapat diterapkan di semua persimpangan yang menjadi data dalam perencanaan transportasi publik di Provinsi DKI Jakarta.

Optimalisasi Transportasi Publik Di DKI Jakarta Dengan Artificial Intelligence

Untuk mengetahui penggunaan AI maka dilakukan beberapa uji coba *software* AI tidak berbayar terhadap Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta dengan *Artificial Intelligence*. Pada uji coba dilakukan terhadap tiga AI yaitu ChatGPT, Gemini, dan Cici. Pada saat uji coba dimasukan kata Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta Menuju Smart City.

Hasil dari ChatGPT terhadap pernyataan Optimalisasi Transportasi Publik di Provinsi DKI Jakarta Menuju Smart City yang dituliskan didapatkan tahapan penyelesaian yang dilakukan oleh Provinsi DKI Jakarta yaitu:

1. Integrasi Moda Transportasi melalui sistem pembayaran JakLingko.
2. Penggunaan Teknologi dan Digitalisasi dengan aplikasi JAKI yang menyediakan informasi transportasi, rute, jadwal, dan tarif, serta fitur interaksi masyarakat dengan pemerintah dan layanan publik lainnya.
3. Pengembangan Infrastruktur Transportasi dan pengadaan kendaraan untuk mendukung mobilitas yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan serta menyediakan jalur sepeda dan pejalan kaki untuk mendukung mobilitas non-motor.
4. Smart Mobility untuk mengoptimalkan layanan transportasi publik yang mencakup monitoring kondisi lalu lintas secara real-time, pengelolaan transportasi berbasis data, dan penerapan teknologi canggih pada armada transportasi umum seperti bus listrik dan Mikrotrans.
5. Kerjasama dan Benchmarking dengan kota Lain yang telah lebih dulu menerapkan konsep smart city untuk mengadopsi praktik terbaik dan teknologi terbaru untuk meningkatkan sistem transportasi publiknya.

Hasil dari Gemini terhadap pernyataan Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta Menuju Smart City yang dituliskan didapatkan tahapan penyelesaian yang dapat ditindaklanjuti oleh Provinsi DKI Jakarta sebagai berikut:

1. Integrasi moda transportasi yang terdiri dari JakLingko 2.0 dengan aplikasi pembayaran, integrasi antar moda, dan perluasan jangkauan layanan.
2. Penggunaan teknologi dan digitalisasi yang terdiri dari penggunaan Aplikasi JAKI, data dan analitik serta kecerdasan buatan.
3. Pengembangan infrastruktur transportasi yang terdiri dari kendaraan ramah lingkungan, persebaran ramah lingkungan dan peningkatan infrastruktur untuk pejalan kaki dan pesepeda.
4. Smart Mobility yang terdiri dari sistem manajemen lalu-lintas, penggunaan sensor Internet of Things (IoT) dan mobilitas multimoda.
5. Kerjasama dan benchmarking dengan kota lain yang terdiri dari kemitraan internasional dan transfer teknologi.

Hasil dari Cici terhadap pernyataan Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta Menuju Smart City yang dituliskan didapatkan tahapan penyelesaian yang dapat dilakukan oleh Provinsi DKI Jakarta yaitu:

1. Integrasi moda transportasi dan sistem pembayaran melalui JakLingko
2. Penggunaan teknologi dan aplikasi JAKI yang menyediakan informasi transportasi, rute, jadwal, dan tarif, serta fitur interaksi masyarakat dengan pemerintah dan layanan publik lainnya.
3. Pengembangan infrastruktur dan armada yang ramah lingkungan serta menyediakan jalur sepeda dan pejalan kaki untuk mendukung mobilitas non-motor
4. Penerapan Smart Mobility yang bisa memonitoring kondisi lalu lintas secara real-time dan pengelolaan transportasi berbasis data.
5. Kerjasama internasional dan benchmarking dengan negara yang telah menerapkan konsep smart city untuk meningkatkan transportasi publik.

Dari ketiga hasil *Artificial Intelligence* yang dilakukan terhadap pernyataan Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta Menuju Smart City dapat disimpulkan bahwa dari ketiga jenis AI mempunyai jawaban yang hampir sama. Dari ketiga AI, Gemini lebih memberikan jawaban yang lebih membantu Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk bisa menjalankan transportasi publik secara optimal. Dalam menentukan keputusan yang tepat terhadap pernyataan Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta Menuju *Smart City* tidak hanya mengandalkan AI, tetapi juga perlu menggabungkan pengetahuan dari tim Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk mengambil keputusan. *Artificial Intelligence* dan *Human Intelligence* bisa menghasilkan hasil yang tepat terhadap Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta Menuju *Smart City*. Selain ada langkah-langkah, dari Gemini juga mengeluarkan beberapa tantangan yang harus dihadapi yaitu

1. Kebutuhan pendanaan yang besar untuk pengembangan infrastruktur dan implementasi teknologi.
2. Perubahan perilaku dari masyarakat untuk bisa secara bertahap menggunakan transportasi umum dalam melakukan perjalanan.
3. Kolaborasi antar pemangku kepentingan antara pemerintah, operator transportasi, dan masyarakat untuk mencapai tujuan bersama.

KESIMPULAN

Provinsi DKI Jakarta adalah satu dari provinsi dengan jumlah penduduk terpadat di Indonesia. Dengan berjalannya waktu, pengguna kendaraan yang ada di Provinsi DKI Jakarta mengalami peningkatan yang menyebabkan kemacetan. Provinsi DKI Jakarta telah melakukan upaya untuk mengatasi masalah kemacetan dengan menyediakan transportasi publik dengan fasilitas yang aman dan nyaman. Dengan adanya layanan transportasi publik yang disediakan perlu adanya pengaturan untuk integrasi layanan transportasi publik. Untuk dapat mengevaluasi kebijakan transportasi publik, perlu alat bantu berupa artificial intelligence (kecerdasan buatan) dalam optimalisasi pelaksanaan transportasi publik berdasarkan data-data yang ada. Artificial intelligence melakukan optimalisasi terhadap data yang belum dieksplorasi dari sekumpulan basis data pelaksanaan transportasi publik yang telah terlaksana, melakukan eksplorasi data dengan memanipulasi sekumpulan basis data menjadi informasi yang berharga dengan cara mengembangkan dan mengenali pola dari data informasi transportasi publik yang terlaksana sehingga data membantu dalam pengembangan transportasi publik di Provinsi DKI Jakarta.. Dengan artificial intelligence bisa menggali data lain yang membantu dalam integrasi transportasi publik sehingga dapat

meminimalisir masalah yang terjadi saat integrasi transportasi publik di Provinsi DKI Jakarta. Dari analisis didapat beberapa kesimpulan yaitu kemacetan Provinsi DKI Jakarta merupakan masalah strategis yang harus diselesaikan, transportasi publik Provinsi DKI Jakarta harus memiliki standar layanan minimal dan artificial intelligence dapat menyelesaikan permasalahan transportasi publik di Provinsi DKI Jakarta. Selain ada masukan yang terbaik dari Artificial Intelligence yaitu integrasi moda transportasi melalui sistem pembayaran JakLingko, penggunaan teknologi dan digitalisasi dengan aplikasi JAKI, pengembangan infrastruktur transportasi dan pengadaan kendaraan untuk mendukung mobilitas berkelanjutan dan ramah lingkungan, penggunaan smart mobility, dan kerjasama dan benchmarking dengan kota Lain. Selain itu ada beberapa tantangan yaitu kebutuhan pendanaan yang besar untuk pengembangan infrastruktur dan implementasi teknologi AI. perubahan perilaku masyarakat untuk bisa secara bertahap menggunakan transportasi dan kolaborasi antar pemangku kepentingan antara pemerintah, operator transportasi, dan masyarakat untuk mencapai tujuan bersama.

Dari penelitian terhadap Optimalisasi Transportasi Publik Di DKI Jakarta dengan *Artificial Intelligence* didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Kemacetan Provinsi DKI Jakarta merupakan masalah strategis yang harus segera diselesaikan.
1. Transportasi publik Provinsi DKI Jakarta harus memiliki standar layanan minimal yaitu Keselamatan, kenyamanan, keamanan, keterjangkauan, kesetaraan dan keteraturan agar masyarakat mau menggunakan transportasi publik.
2. *Artificial Intelligence* dapat menyelesaikan permasalahan transportasi publik di Provinsi DKI Jakarta dengan dikombinasikan pengetahuan pengambil keputusan sehingga didapat hasil yang optimal.
3. Hasil dari Gemini untuk Optimalisasi Transportasi Publik di DKI Jakarta yang dipakai sebagai masukan yang terbaik yaitu:
 - a. Integrasi Moda Transportasi melalui sistem pembayaran JakLingko.
 - b. Penggunaan Teknologi dan Digitalisasi dengan aplikasi JAKI yang menyediakan informasi transportasi, rute, jadwal, dan tarif, serta fitur interaksi masyarakat dengan pemerintah dan layanan publik lainnya.
 - c. Pengembangan Infrastruktur Transportasi dan pengadaan kendaraan untuk mendukung mobilitas yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan serta menyediakan jalur sepeda dan pejalan kaki untuk mendukung mobilitas non-motor.
 - d. Smart Mobility untuk mengoptimalkan layanan transportasi publik yang mencakup monitoring kondisi lalu lintas secara real-time, pengelolaan transportasi berbasis data, dan penerapan teknologi canggih pada armada transportasi umum seperti bus listrik dan Mikrotrans.
 - e. Kerjasama dan Benchmarking dengan kota Lain yang telah lebih dulu menerapkan konsep smart city untuk mengadopsi praktik terbaik dan teknologi terbaru untuk meningkatkan sistem transportasi publiknya.
4. Ada beberapa tantangan bagi Pemerintah Provinsi DKI Jakarta terhadap implementasi *Artificial Intelligence* dalam pengelolaan transportasi publik yaitu
 - a. Kebutuhan pendanaan yang besar untuk pengembangan infrastruktur dan implementasi teknologi.
 - b. Perubahan perilaku dari masyarakat untuk bisa secara bertahap menggunakan transportasi umum dalam melakukan perjalanan.
 - c. Kolaborasi antar pemangku kepentingan antara pemerintah, operator transportasi, dan masyarakat untuk mencapai tujuan bersama.

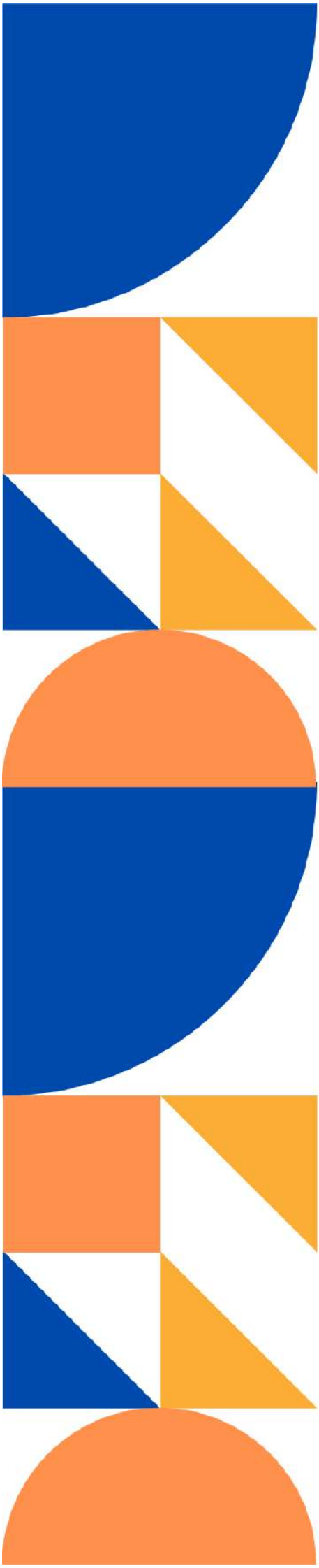
Dari kesimpulan didapatkan hasil bahwa *Artificial Intelligence* bisa membantu menyelesaikan masalah transportasi publik. Bila semua data lengkap, perangkat lengkap, jaringan internet bagus, sumber daya manusianya siap, adanya dana, masyarakat mau berubah dan kolaborasi antar pemangku kepentingan bisa berjalan dengan baik maka *Artificial Intelligence* bisa menyelesaikan masalah transportasi publik. Apabila dari salah satu dari syarat tidak terpenuhi maka *Artificial Intelligence* tidak menyelesaikan masalah transportasi publik

SARAN

Masalah kemacetan di Pemerintah Provinsi DKI Jakarta merupakan masalah strategi yang harus diselesaikan oleh Pemerintah Pusat dan Provinsi DKI Jakarta. Salah satu langkah terbaik adalah pengelolaan prasarana dan sarana transportasi publik yang baik dan merubah pola pikir masyarakat untuk menggunakan transportasi publik. Untuk bisa mengelola prasarana dan sarana transportasi publik, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta harus menggunakan *Artificial Intelligence* dan membangun kerjasama dengan pihak yang mempunyai teknologi informasi dan komunikasi. Kerjasama juga dilakukan dengan pihak yang mempunyai data. Integrasi *Artificial Intelligence* bersama dengan teknologi informasi dan komunikasi membantu penyelesaian masalah transportasi publik. Selain itu, Provinsi DKI Jakarta harus menyediakan dan menyiapkan sumber daya manusia (SDM) untuk dapat menggunakan *Artificial Intelligence bersama dengan* teknologi informasi dan komunikasi agar dapat memelihara sistem transportasi publik dan dapat mengembangkan sistem transportasi publik di masa mendatang. Provinsi DKI Jakarta juga harus mensosialisasikan kepada masyarakat agar mau menggunakan transportasi publik. Dengan adanya data lengkap, perangkat lengkap, jaringan internet bagus, sumber daya manusianya siap, adanya dana, masyarakat mau berubah dan kolaborasi antar pemangku kepentingan bisa berjalan dengan baik maka penggunaan *Artificial Intelligence* bisa efektif dan efisien dalam menyelesaikan masalah transportasi publik saat ini dan di masa mendatang untuk menyongsong pelaksanaan *smart city* di Provinsi DKI Jakarta..

DAFTAR PUSTAKA

- Agni, S. N., Djomiy, M. I., Fernando, R., & Apriono, C. (2021). Evaluasi Penerapan Smart Mobility di Jakarta (Evaluation of Smart Mobility Implementation in Jakarta). *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* |, 10(3), 214–220.
- Chusna, F. (2023). 6 Indikator Smart City untuk Mengukur Keberhasilan Kota Pintar. <https://www.linknet.id/article/indikator-smart-city>. <https://www.linknet.id/article/indikator-smart-city>
- Devega, E. (2017). *Langkah Menuju “100 Smart City.”* <https://www.kominfo.go.id>. https://www.kominfo.go.id/content/detail/11656/langkah-menuju-100-smart-city/0/sorotan_media
- Dinas, P. (2023). *Artificial Intelligence Solusi Urai Kemacetan Jakarta*. <https://www.jakarta.go.id>. <https://www.jakarta.go.id/page/artificial-intelligence-solusi-urai-kemacetan-jakarta>
- FIA UI. (2023). *Smart City DKI Jakarta: Menuju Masa Depan Pemerintahan Digital*. <https://fia.ui.ac.id>. <https://fia.ui.ac.id/smart-city-dki-jakarta-menuju-masa-depan-pemerintahan-digital/>
- Firdausi, D. A. (2021). Information Technology: Tomorrow's Advantage Today. In <https://hmgp.geo.ugm.ac.id>.
- Freepik. (2024). *Penerapan AI dalam Perencanaan Transportasi Kota*. <https://widya.ai/>. <https://widya.ai/penerapan-ai-dalam-perencanaan-transportasi-kota/>
- Handayani, S., Afrianti, D. A., Suryandari, M., & Bekasi, K. (2021). Implementasi kebijakan angkutan umum di dki jakarta. 2(1), 19–28.
- Mahesh, B. (2020). Machine Learning Algorithms - A Review. *International Journal of Science and Research*, 9(1), 381–386. <https://doi.org/10.21275/ART20203995>
- Margaretha, A. M., Nugroho, A. A., Stia, P., & Jakarta, L. (2023). Transportasi Publik Terintegrasi: Optimalisasi Implementasi Smart Mobility di DKI Jakarta. *Journal Of Public Policy and Applied Administration*, 5(2), 2023.
- Pusat Studi Transportasi Dan Logistik Universitas Gadjah Mada. (2023). *No Title*. <https://pustral.ugm.ac.id/>. <https://pustral.ugm.ac.id/smart-city-dan-transportasi-berkelanjutan-tantangan-dan-implementasi-di-indonesia/>
- Putra, A. S. (2019). Smart City: konsep Kota pintar di DKI Jakarta. *Tekinfo*, 20(2), 73–79.
- Sari, F. B. (2023). Analisis Penanganan Kemacetan Lalu Lintas Di Koridor Jalan Raya Pondok Gede Jakarta Timur. *Teknokris*, 26(1), 33–44. <https://doi.org/10.61488/teknokris.v26i1.260>
- Suryobuwono, A. A., Raga, P., Nugroho, A., Tampubolon, I. A., Aura, Z., Basalamah, R., & Irenita, N. (2021). Analisis Prioritas Pengembangan Moda Transportasi Umum Di DKI Jakarta. *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik*, 1(2), 61–71.
- Treestayanti, L. (2022). *Contoh Artificial Intelligence untuk Smart City dan Manfaatnya*. <https://infokomputer.grid.id>. <https://infokomputer.grid.id/read/123601422/contoh-artificial-intelligence-untuk-smart-city-dan-manfaatnya?page=all>
- Vanneschi, L., & Castelli, M. (2018). Multilayer perceptrons. In *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology: ABC of Bioinformatics* (Vol. 1–3). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20339-7>
- Wahyudi, T. (2023). Studi Kasus Pengembangan dan Penggunaan Artificial Intelligence (AI) Sebagai Penunjang Kegiatan Masyarakat Indonesia. *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, 9(1), 28–32.



TANTANGAN ENERGI TERBARUKAN UNTUK TRANSPORTASI KOTA JAKARTA CERDAS BERKELANJUTAN BERBASIS AI

**Siti Maemunah^{1*}, Yuliantini², Lira Agusinta³,
Muhammad Rafi Casey Susanto⁴**

^{1,2,3}Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jakarta

⁴ Universitas Siber Asia Jakarta

email: unacsy2015@gmail.com

PENDAHULUAN

Membicarakan *Smart City* atau kota cerdas tidak hanya mengenai penggunaan teknologi, tetapi juga tak lepas dari kegiatan warganya, aktivitas penduduk, pertumbuhan industri, pergerakan transportasi, jaringan infrastruktur, pengelolaan lingkungan dan penggunaan energi serta kebijakan pemerintah (Yamamura et al., 2017). Tidak kalah pentingnya adalah bagaimana pengelolaan transportasi. Kota cerdas tidak hanya tentang penggunaan teknologi baru (Bankins et al., 2024), tetapi juga peningkatan kualitas hidup dan pemberdayaan penduduknya (Nikitas et al., 2020).

Kota Jakarta merupakan kota urban dan menjadi tujuan pencari kerja berdampak pada pertumbuhan jumlah penduduk dan pergerakannya, sehingga memerlukan dukungan sarana transportasi dan infrastruktur yang memadai. Kota Jakarta telah melalui berbagai kajian, penelitian, uji coba, dan penyempurnaan hingga mencapai kondisi saat ini. Kota Jakarta masih belum sempurna dalam hal pengelolaan lingkungan yang bersih dan nyaman (Zhang & Zhang, 2022). Kota Jakarta berupaya mengurangi emisi gas karbon sebagai akibat dari pembuangan gas kendaraan bermotor dan rumah kaca. Untuk menangani itu semua diperlukan adanya keseriusan tindakan dan kerjasama semua pihak, baik pemerintah, masyarakat dan pelaku usaha secara simultan dan berkesinambungan. Mengingat pentingnya mengelola penggunaan energi terbarukan dan teknologi dalam sistem transportasi berbasis AI (Shafiullah et al., 2022).

Kota Jakarta cerdas berkelanjutan berbasis AI diharapkan memiliki transportasi yang kendaraannya dapat bernavigasi dan bergerak tanpa bantuan manusia. Kemajuan teknologi telah memungkinkan sektor transportasi untuk bergerak maju dalam perjalanan inovasi dan pengembangannya. Salah satu teknologi zaman baru yang berkontribusi pada bidang ini adalah AI. Penggunaan AI dalam transportasi dapat membantu meningkatkan keselamatan penumpang, mengurangi kemacetan dan kecelakaan lalu lintas, mengurangi emisi CO₂, dan juga meminimalkan pengeluaran finansial secara keseluruhan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah sebagai kota metropolitan, Jakarta telah berkembang pesat dan memiliki berbagai permasalahan yang kompleks, baik dalam hal pengelolaan transportasi, pengelolaan lingkungan, kehidupan sosial ekonomi (Doost Mohammadian & Rezaie, 2020) penggunaan teknologi dan pertumbuhan penduduk. Sebagai ibukota negara Jakarta dan pusat kegiatan ekonomi menjadi magnet tujuan utama masyarakat dari berbagai daerah di Indonesia, datang ke Jakarta untuk meningkatkan kesejahteraan.

Tantangan penggunaan energi terbarukan dan transportasi di Jakarta sebagai kota cerdas berbasis pada AI (Ali et al., 2021; Zhu et al., 2015). Pertama adalah mengenai energi terbarukan. Pada bagian ini dibahas mengenai arti penting energi terbarukan bagi pemenuhan permintaan energi global dan berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca, sehingga dapat mengurangi pemanasan global. Pengaruh penghematan energi dan solusi mobilisasi cerdas baik jangka pendek maupun jangka panjang terhadap pengambilan kebijakan. Tidak hanya pada kebijakan tetapi juga mengenai tantangan transportasi energi saat ini adalah penuaan infrastruktur (Zhao et al., 2019). Banyak negara di dunia termasuk kota Jakarta bergantung pada jaringan transmisi dan distribusi energi yang dibangun beberapa dekade lalu dan kesulitan memenuhi kebutuhan saat ini (Roblek et al., 2020). Meningkatkan efisiensi infrastruktur yang ada saat ini untuk mengakomodasi transmisi energi listrik yang lebih besar sangatlah penting. Untuk menjamin masa depan energi yang berkelanjutan, sangat penting untuk menyesuaikan infrastruktur yang ada untuk meningkatkan kinerja dan menangani fluktuasi permintaan tanpa memerlukan perluasan permanen. Pendekatan pemantauan

infrastruktur yang proaktif ini memastikan penyaluran energi yang optimal, menjadikan jaringan listrik lebih responsif dan mudah beradaptasi terhadap permintaan energi yang berfluktuasi. Mengintegrasikan energi terbarukan adalah tantangan transisi. Mengintegrasikan sumber energi terbarukan ke dalam jaringan listrik yang ada menghadirkan serangkaian tantangan unik. Energi terbarukan memerlukan sistem jaringan listrik yang lebih fleksibel dan mudah beradaptasi. Terkait dengan penggunaan energi terbarukan untuk transportasi cerdas kota Jakarta. Transportasi cerdas berbasis energi terbarukan juga pada pemanfaatan teknologi AI. Penggunaan energi terbarukan terutama pemanfaatan energi Listrik di kota Jakarta sebagai *Smart City* dalam menggunakan dan memanfaatkan teknologi cerdas, energi cerdas dan transportasi cerdas.

Kedua adalah mengenai transportasi menggunakan energi terbarukan yaitu energi listrik berkelanjutan. Mobilitas transportasi perkotaan berdampak besar terhadap konsumsi energi dan tingkat polusi perkotaan serta manfaat sistem transportasi cerdas terhadap penghematan dan transisi energi (Chen et al., 2017). Kebijakan pemerintah untuk mendukung sistem transportasi berkelanjutan kota pintar Jakarta adalah dengan mempercepat adopsi kendaraan listrik. Peraturan tentang modifikasi sepeda motor dan kendaraan lain mengatur pengujian jenis kendaraan listrik yang lebih murah dengan partisipasi organisasi swasta. Transportasi pada Jakarta Smart City, pemerintah bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sejalan dengan kebijakan ekonomi hijau dan pembangunan rendah karbon. Era Emas Indonesia bertujuan untuk mengurangi dampak gas rumah kaca sebesar 81,9% untuk memenuhi instrumen Enhanced Nationally Determined Contribution (ENDC) Perjanjian Paris yang bertujuan untuk mengurangi dampak pemanasan global.

Ketiga adalah pemanfaatan teknologi AI dalam konteks kota Jakarta cerdas. Menyoroti manfaat penggunaan AI dalam memberikan layanan sosial dan transportasi serta dalam menggantikan aktivitas manusia. Konsep kota Jakarta cerdas berkelanjutan berbasis AI merupakan pembangunan berkelanjutan yang meliputi berbagai prioritas, mulai dari penggunaan teknologi, pemberdayaan penduduk hingga pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam secara bijak. Kota Jakarta cerdas dapat mendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan dan meningkatkan taraf hidup warganya. Kota cerdas merupakan transportasi dan layanan masyarakat Jakarta dibuat lebih fleksibel, efisien, dan berkelanjutan dengan penggunaan teknologi informasi, digital dan telekomunikasi, untuk kepentingan penduduknya lebih hijau, lebih cepat, dan ramah. Jakarta cerdas merupakan integrasi penggunaan teknologi berbasis AI dan pemanfaatan sumber daya alam melalui pembangunan berkelanjutan dan pemberdayaan penduduk kota Jakarta dengan tujuan meningkatkan kualitas hidup warga dan menjaga lingkungan bersih.

Penggunaan transportasi menggunakan energi terbarukan yaitu energi listrik berkelanjutan berbasis AI, kota Jakarta akan menjadi lebih cerdas, terhadap penghematan dan transisi energi. Semua pengaruh tersebut tertuju pada inisiatif dan solusi yang inovatif yang membawa pada perbaikan masa depan kota Jakarta cerdas, baik bagi alam maupun khususnya kehidupan warga Jakarta. Berbagai penelitian dan usaha telah dilakukan para ilmuwan, pihak pemerintah maupun lembaga-lembaga yang kompeten untuk perbaikan dan kemajuan kota Jakarta.

PEMBAHASAN

Energi Terbarukan

Energi terbarukan tidak terlepas dari kebijakan dan tindakan efisiensi energi dan teknologi energi terbarukan yang merupakan elemen inti transisi energi (Gielen et al., 2019). Sinergi keduanya juga penting. Adanya aktivitas perekonomian yang menguntungkan, sumber daya yang melimpah, teknologi yang terukur, dan manfaat sosio-ekonomi yang signifikan mendukung transisi tersebut. Energi terbarukan dapat memasok dua pertiga dari total permintaan energi global (Ho et al., 2019) berkontribusi terhadap sebagian besar pengurangan emisi gas rumah kaca yang diperlukan saat ini hingga tahun 2050 serta untuk membatasi kenaikan rata-rata suhu permukaan global di bawah 2 °C.

Untuk mendukung pertumbuhan energi terbarukan pada teknologi pembangkit listrik tenaga air, angin dan surya, dilengkapi dengan tingkat efisiensi energi yang tinggi diperlukan kebijakan dan peraturan pemerintah. Sebaliknya, untuk penghapusan emisi karbon dioksida diperlukan teknologi dan inovasi baru, terutama pada sektor transportasi dan manufaktur, yang masih banyak diabaikan. Peralihan penggunaan energi dari bahan bakar fosil ke solusi rendah karbon memainkan peran penting, emisi karbon dioksida (CO₂) (Lv & Shang, 2023) terkait dengan energi mewakili dua pertiga dari seluruh gas rumah kaca (Christmann, 2021). Transisi energi ini dimungkinkan melalui inovasi teknologi, khususnya di bidang energi terbarukan. Penambahan kapasitas pembangkit listrik energi terbarukan disebabkan oleh turunnya biaya dan daya saing dengan cepat, khususnya untuk tenaga surya dan tenaga angin. Seperempat dari seluruh listrik di seluruh dunia dihasilkan dari energi terbarukan (Chen et al., 2017).

Memprediksi waktu dan tingkat transisi energi tidaklah mudah. Transisi energi membutuhkan waktu, biasanya setengah abad dari penggunaan pasar pertama hingga pangsa pasar mayoritas untuk transisi energi (Wu et al., 2018). Tingkat transisi energi sebelumnya didorong oleh perubahan teknologi, ekonomi, akses terhadap sumber daya, atau layanan energi yang unggul bagi konsumen. Proyeksi gas alam yang meningkat dan perkiraan struktural yang terlalu rendah terhadap pertumbuhan energi terbarukan (Reza & Azmi, 2021).

Jakarta yang ingin menjadi kota cerdas harus terlebih dahulu melakukan uji emisi kendaraan untuk mengurangi polusi udara dan meminimalkan polusi terburuk di Jakarta. Sektor transportasi merupakan sektor yang paling banyak mengeluarkan CO₂. Kekhawatiran emisi karbon dioksida dapat memengaruhi kesehatan warga. Kasus Infeksi Saluran Akut (ISPA), influenza, batuk dan pilek akibat udara yang tidak sehat. Uji coba gas emisi bersifat wajib sebagaimana diatur dalam Pasal 206 Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan Lingkungan Hidup dan Penyelenggaraan Perlindungan Lingkungan Hidup. Kelestarian lingkungan, yaitu pengurangan energi dan mitigasi perubahan iklim (Solihati & Indriyani, 2021). Dekade terakhir hampir di semua negara termasuk Jakarta berupaya pelestarian lingkungan mendukung untuk mengurangi atau meninggalkan energi yang berbahan dasar fosil, terutama sumber energi yang berasal dari batubara dan minyak bumi. Energi berkelanjutan ini Indonesia telah selangkah lebih maju dari negara-negara lain, yaitu dalam hal penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak kelapa sawit (Munasinghe et al., 2019) yang saat ini lebih dikenal dengan Biodiesel B40. Bahan bakar ini merupakan inovasi dari energi terbarukan berkelanjutan. Minyak Biodiesel B40 ini akan terus dikembangkan sampai menjadi Biodiesel B100. Minyak ini dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor juga akan digunakan sebagai bahan bakar pesawat terbang. Mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi tergantikan.

Tindakan penghematan energi dalam jangka pendek dapat dicapai ketika warga Jakarta mau mengubah perilaku dalam penggunaan energi atau mengurangi perjalanan yang tidak perlu (Pindarwati & Wijayanto, 2015). Adanya solusi mobilitas cerdas bagi warga Jakarta memungkinkan adanya kebijakan atau inisiatif penghematan energi lainnya. Perilaku dan gaya hidup warga Jakarta diharapkan menumbuhkan kesadaran untuk berubah dan mengarah pada penghematan energi secara keseluruhan lebih lanjut.

Alasan utama kota Jakarta dapat berinvestasi menjadi kota cerdas adalah untuk efisiensi energi dan pengurangan emisi (Ponte, 2019). Penghematan energi dan/atau pengurangan emisi gas rumah kaca dianggap sebagai salah satu manfaat utama dan diperhitungkan dalam analisis biaya investasi Sistem Transportasi Cerdas (Chen et al., 2017). Sektor transportasi di Jakarta ikut bertanggung jawab atas penggunaan energi dan menciptakan polusi.

Sistem Transportasi Cerdas sebagian besar terbatas pada sektor transportasi dan didominasi oleh sebagian kecil perusahaan yang sangat terspesialisasi. Kota Jakarta cerdas merupakan pendekatan holistik yang memengaruhi berbagai aspek kehidupan masyarakat (Pindarwati & Wijayanto, 2015). Mobilitas cerdas merupakan salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan transportasi di Jakarta, saling berhubungan sesuai dengan perencanaan tata ruang kota, antara lain penggunaan perumahan, lingkungan hidup, energi, kesehatan, keamanan publik, pembangunan ekonomi, dan teknologi informasi. Agar penerapannya bisa berhasil memerlukan kolaborasi dan integrasi lintas sektoral merupakan hal yang penting (Syalianda & Kusumastuti, 2021).

Kota Jakarta cerdas, melahirkan inovasi-inovasi terkait transportasi ramah lingkungan dan berkelanjutan berbasis AI dari bawah ke atas untuk menghasilkan lapangan kerja, layanan publik berbiaya rendah, serta kewirausahaan, keterampilan, dan pertumbuhan pasar tenaga kerja (Shwedeh et al., 2020). Inovasi juga membawa perubahan dan tantangan peraturan bagi kota. Misalnya, Gojek, Grab dan perusahaan jaringan transportasi berbasis teknologi lainnya telah mengguncang industri taksi tradisional di kota Jakarta. Bahkan menimbulkan perselisihan. Salah satu penyebabnya adalah kelambanan dalam mengantisipasi tumbuhnya aktivitas baru dalam masyarakat berupa undang-undang dan peraturan (Haarstad & Wathne, 2019). Perusahaan-perusahaan mobilitas cerdas ini menghadapi kebijakan kota dalam hal tata kelola lingkungan dengan banyak ketidakpastian, bahkan diantaranya harus mundur. Di sisi lain, kota-kota mengalami kesulitan menemukan keseimbangan yang tepat antara mendorong inovasi dan memenuhi tuntutan masyarakat dengan tetap menjaga kendali atas keselamatan publik dan keadilan sosial.

Kota Jakarta mulai memahami konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca di sektor transportasi dan membagi penggunaan energi transportasi menjadi aktivitas berkelanjutan berbasis AI, pembagian moda, dan intensitas energi (Navarro et al., 2016). Di sisi lain langkah-langkah mitigasi terbagi menjadi beberapa, penghindaran, peralihan, peningkatan, dan pendanaan. Fokus investasi dalam konteks kota cerdas bersifat "*people-centric*", fokus pada aktivitas manusia (Pinna et al., 2017), bukan murni pada kendaraan atau teknologi komunikasi, misalnya kendaraan listrik atau kendaraan sel baterai, merupakan perubahan penghematan energi melalui perilaku pengguna (Hollands, 2015).

Perubahan perilaku penggunaan solusi mobilitas cerdas dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori (Bıçaksız & Özkan, 2016; Glasmeier & Christopherson, 2015; Grzelakowski, n.d.; Lindau et al., 2021), yaitu:

- i. Mengurangi total jarak tempuh transportasi,
Misalnya, aplikasi pemanggil taksi mencocokkan lokasi dan rute pengemudi taksi dengan permintaan waktu nyata, sehingga pengemudi tidak perlu berkeliling mencari penumpang. Berbagi mobil dan *carpooling* dapat menggabungkan dua perjalanan menjadi satu, sehingga mengurangi perjalanan kendaraan. Aplikasi parkir cerdas yang membantu pengemudi menemukan tempat parkir yang tersedia dengan mudah.
- ii. Peralihan moda transportasi
Masyarakat pengguna beralih ke moda yang lebih hemat energi. Misalnya dengan meningkatkan daya tarik moda yang lebih hemat energi dan lebih ramah lingkungan, sehingga pengguna mungkin beralih dari mobil pribadi ke moda yang lebih ramah lingkungan. Contoh: jalan kaki, bersepeda atau naik kendaraan umum. Aplikasi informasi real-time seluler, tidak hanya mengurangi waktu tunggu yang dirasakan, namun juga waktu tunggu sebenarnya yang dialami oleh penumpang angkutan umum. Solusi *eco-driving* mempromosikan gaya mengemudi yang ditandai dengan akselerasi perlahan, melaju dengan kecepatan sedang, menghindari pengereman mendadak, dan mengurangi waktu idle, serta memilih rute terdekat. Mengurangi konsumsi energi per KM. Misalnya lebih sedikit berhenti, kecepatan lebih tinggi. Salah satu eksperimen yang memberikan informasi efisiensi bahan bakar secara real-time di dasbor kepada pengemudi menunjukkan rata-rata peningkatan efisiensi bahan bakar sebesar 2,9%.

Dalam hal manfaat penghematan energi secara berkelanjutan dari usaha mobilitas cerdas serta mekanisme perilaku untuk menghemat energi dan potensi penghematan energi dari (Gohar & Nencioni, 2021) mobilitas cerdas. Empat langkah utama intervensi kota Jakarta dapat menerapkan penghematan energi. dalam konteks kota cerdas untuk mencapai penghematan energi (Gambar 1), yaitu :



Gambar 1. Model konseptual investasi ITS pada kota cerdas untuk menghemat energi

Penjelasan Gambar 1:

- a) Melakukan Identifikasi dan merancang solusi masalah mobilitas cerdas.

Hal ini bertujuan untuk memecahkan masalah kota Jakarta yang ada dan menjadi perhatian masyarakat. Permasalahan utama yang terkait dengan mobilitas perkotaan, misalnya kemacetan, ketersediaan moda transportasi umum dan polusi udara—semuanya mempunyai implikasi energi.

b) Penerapan dan pengoperasian solusi mobilitas cerdas.

Kota harus memiliki sumber daya dan kemampuan untuk menerapkan solusi tersebut dan menjaganya agar Jakarta cerdas tetap berjalan secara berkelanjutan.

c) Masyarakat pengguna menggunakan solusi dan berperilaku.

Keinginan dan kemampuan pengguna jasa transportasi di kota Jakarta untuk menggunakan aplikasi dan mengubah perilakunya merupakan langkah yang paling penting. Perubahan perilaku diharapkan dapat menghasilkan konsumsi energi yang lebih rendah, misalnya pengguna bepergian jika benar-benar penting, beralih ke moda yang tidak terlalu boros energi, beralih ke rute yang tidak terlalu padat, mengubah waktu keberangkatan, atau mengemudi dengan tidak terlalu agresif.

d) Meningkatkan dan mengembangkan solusi mobilitas cerdas.

Solusi mobilitas kota Jakarta cerdas harus berkelanjutan secara finansial dalam jangka panjang, dengan memanfaatkan jaringan ekonomi untuk memaksimalkan manfaat serta mengembangkan lingkungan yang sehat agar dapat beradaptasi dengan perubahan di masa depan.

Keempat langkah tersebut sangat diperlukan agar intervensi mobilitas kota Jakarta cerdas dapat memberikan manfaat penghematan energi yang berarti untuk tujuan pembuatan kebijakan oleh pemerintah.

Efek Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Dalam jangka pendek, solusi mobilitas Jakarta cerdas (Greenblatt & Shaheen, 2015; Lisi et al., 2020) sebagai faktor pendukung dapat mengarah pada kebijakan atau inisiatif penghematan energi lainnya (Kementerian PPN/Bappenas, 2020). Jangka panjang, gaya hidup pengguna transportasi di Jakarta dapat berubah dan perubahan kepemilikan kendaraan, lokasi kerja, lokasi pemukiman, dan pola aktivitas dapat menghasilkan penghematan energi lebih lanjut. Solusi mobilitas cerdas dapat mengubah gaya hidup dan perilaku perjalanan masyarakat (Gohar & Nencioni, 2021; Cen et al., 2017). *Ride-sharing* dapat menggabungkan transportasi berkelanjutan perjalanan yang mengarah pada pengurangan perjalanan, seperti Uber, GrabTaxi, dan Gojek yang menyediakan layanan *ridesourcing* akan mengubah perilaku perjalanan masyarakat dan dampak agregat terhadap penggunaan energi. Banyak pilihan mobilitas, dan lebih banyak layanan transportasi nyaman yang disediakan di kota Jakarta melalui solusi mobilitas cerdas, maka insentif bagi warga untuk memiliki mobil pribadi akan berkurang. Selain itu, aplikasi *ridesourcing* dan usaha sejenis lainnya (penyewaan mobil, layanan antar-jemput, layanan sopir, dan layanan pengiriman) membuat kepemilikan mobil pribadi semakin tidak menarik bagi masyarakat, terutama kaum muda. Perubahan gaya hidup juga dapat mencakup lokasi kerja dan tempat tinggal serta pola aktivitas (Bamwesigye & Hlavackova, 2019). Warga Jakarta diharapkan menggunakan angkutan umum, sepeda, dan berjalan kaki untuk bepergian diharapkan jumlah kendaraan pribadi menjadi lebih sedikit sehingga kota Jakarta tidak perlu membangun lebih banyak infrastruktur seperti jalan raya dan tempat parkir. Penghematan energi dapat dicapai dalam jangka panjang. bahwa besarnya efek balik (*rebound effect*) meningkat seiring dengan tingkat kemacetan, namun secara umum tidak terlalu besar. Langkah-langkah efisiensi energi umumnya mempunyai efek balik sebesar 20% atau kurang, dan kenaikan sebesar 20% juga berkontribusi terhadap peningkatan kenyamanan

konsumen.

Transportasi Berkelanjutan

Sektor transportasi memiliki dampak terbesar terhadap konsumsi energi dan tingkat polusi kota Jakarta (Lv & Shang, 2023). Mengacu pada negara-negara di Uni Eropa, dimana 25% emisi gas rumah kaca, dan lebih dari 30% total energi yang dikonsumsi pada tahun 2010 disebabkan oleh sektor transportasi. Selain itu, mobilitas perkotaan menyumbang 40% emisi CO₂ dari sektor transportasi (Yamamura et al., 2017). Oleh karena itu, tantangan transportasi menggunakan energi terbarukan membuat kota Jakarta cerdas keberlanjutan. Hal tersebut menjadi perhatian utama bagi sistem transportasi modern dan juga bagi perencanaan kota Jakarta (Yamamura et al., 2017). Urbanisasi modern menyebabkan perluasan wilayah Jakarta secara terus-menerus, dan sebagai konsekuensinya memperkuat fenomena perjalanan pulang pergi (*commuting*) yang menghasilkan peningkatan tuntutan mobilitas sekaligus menciptakan kemacetan. Hal ini meningkatkan waktu tempuh yang dihabiskan untuk bepergian, polusi yang ditimbulkan, dan preferensi kendaraan pribadi dibandingkan angkutan umum (Karsono et al., 2024). Angkutan pada umumnya dan angkutan perkotaan pada khususnya adalah sektor-sektor yang terbukti sulit mengurangi penggunaan energi secara hemat biaya. Manajemen transportasi perkotaan berkelanjutan berbasis AI yang ramah lingkungan dianggap sebagai solusi utama untuk memitigasi perubahan iklim.

Sistem Transportasi Cerdas di kota Jakarta dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) (Gohar & Nencioni, 2021) untuk lebih mengefisienkan penggunaan infrastruktur transportasi yang ada dengan tujuan meningkatkan pelayanan transportasi dan mengurangi kemacetan, kecelakaan, dan polusi udara. Kemajuan pesat TIK dan advokasi intensif dari vendor teknologi adalah konsep kota Jakarta cerdas. Fokus dan definisi kota Jakarta cerdas (Bellastuti & Fathurrahman, 2023) intinya terletak pada pemanfaatan teknologi untuk kenyamanan warga, untuk meningkatkan kualitas hidup.

Manfaat dari investasi mobilitas cerdas berkelanjutan berbasis AI yang akan diadopsi di Jakarta (Nikitas et al., 2020) adalah : (1) melibatkan semua pihak, baik dari pemerintah maupun swasta dalam pengaturan yang kolaboratif dan transparan; (2) mengembangkan kapasitas teknis untuk pengadaan dan pemantauan layanan informasi; dan (3) fokus pada infrastruktur dasar, termasuk jaringan jalan yang koheren dan manajemen lalu lintas.

Transportasi kota Jakarta cerdas berkelanjutan berbasis AI menjadi perhatian semua pihak (Haarstad & Wathne, 2019) menghasilkan penghematan energi. Inisiatif mobilitas cerdas menargetkan semua jenis pengguna transportasi berinovasi akan memberikan berbagai layanan mulai dari navigasi, hiburan, tol, parkir, hingga mengemudi otonom. Transportasi cerdas berinovasi dan berkelanjutan di Jakarta (Ho et al., 2019) pertama akan memberikan informasi layanan real-time bagi pengguna di ponselnya dan tidak perlu lagi membawa uang tunai. Kedua adalah industri logistik dapat memanfaatkan platform pencocokan pengiriman untuk menghemat biaya dan meningkatkan efisiensi pengiriman.

Pengelolaan transportasi berkelanjutan (Suling et al., 2022) di Jakarta sebagai Ibukota Negara Indonesia dikenal dengan tingkat kepadatan kendaraan berbahan bakar fosil dan tingkat "kemacetan" yang tinggi, meski telah beberapa kali dilakukan rekayasa lalu lintas. Untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di beberapa jalan utama telah dilakukan beberapa cara, antara

lain pengaturan jadwal masuk kerja sesuai wilayah kerja, menerapkan 3 in 1 (*three in one*), menaikkan tarif parkir dan terakhir pengaturan ganjil genap, dimana kendaraan yang pada akhir angka nomor polisi ganjil hanya boleh melewati jalan tertentu sesuai dengan tanggal berangka ganjil dan sebaliknya pada tanggal genap hanya diperuntukkan kendaraan yang bernomor polisi genap. Namun dalam kenyataannya masih tetap terjadi kemacetan.

Sebagai dampak dari tingkat kemacetan yang tinggi penggunaan bahan bakar berbahan dasar fosil juga tinggi tingkat polusi dan pencemaran udara dan kelembaban udara dirasa juga sangat tinggi. Hal ini berpengaruh pada tingkat Kesehatan warga Jakarta yang menurun, termasuk kecenderungan tingkat emosional yang tinggi (Nikitas et al., 2020).

Beberapa hal perlu dipertimbangkan untuk kendaraan listrik yang akan beroperasi di Jakarta, apakah akan menghemat energi atau tidak, juga tergantung pada pengisian daya, dengan mempertimbangkan peningkatan permintaan listrik. Kendaraan elektrik dapat menghemat hingga 80% energi, arus lalu lintas dan parkir yang efisien, bobot ringan yang didorong oleh keselamatan, dan berbagi tumpangan otomatis (Djajasinga, 2017). Setiap kendaraan otonom dapat menggantikan sekitar sebelas kendaraan konvensional, namun menambah jarak tempuh hingga 10% lebih jauh dibandingkan perjalanan mobil konvensional, sehingga tetap menghasilkan penghematan energi secara keseluruhan. Di sisi lain, jarak tempuh kendaraan elektrik dapat meningkat secara dramatis, karena kombinasi beberapa faktor termasuk: peningkatan penggunaan kendaraan elektrik. Ada tiga kategori faktor-faktor yang memengaruhi besaran dan arah dampak penggunaan energi kendaraan elektrik (Gohar & Nencioni, 2021) karakteristik kendaraan, jaringan transportasi, dan pilihan konsumen.

AI (*Artificial Intelligence*- Kecerdasan Buatan)

Perkembangan penggunaan teknologi AI (*Artificial Intelligence*- Kecerdasan Buatan) (Anthony et al., 2017; Asaithambi et al., 2020; Sunitiyoso et al., 2023) untuk digunakan di Jakarta untuk mengatasi tantangan pemasaran dan bisnis, di sejumlah besar konteks penggunaan, termasuk tidak hanya layanan sosial tetapi juga teknologi transportasi, contohnya mobil tanpa pengemudi (misalnya Tesla). Kerangka kerja AI yang menyoroti penggunaannya untuk otomatisasi tugas dalam jangka pendek dan menengah, sebagian besar untuk tugas-tugas terstandarisasi dan berbasis aturan. AI juga mempunyai potensi untuk mencapai kesadaran dapat memahami konteks baru dan kompleks serta menciptakan solusi. Solusi AI adalah mampu menyelesaikan tugas-tugas khusus dengan menggunakan respon yang adaptif, holistik, dan konteks spesifik.

AI mencakup analisis gabungan angka, teks, suara, wajah, dan gambar. AI dapat berbentuk digital atau robot. Robotika baru saja mulai menarik perhatian penelitian besar di bidang pemasaran. perlunya mempertimbangkan apakah robot harus terlihat seperti mesin atau malah menyerupai manusia. AI dengan fungsi dan kemampuan pembelajaran mendalamnya dapat digunakan sebagai alat yang memberdayakan mesin untuk memecahkan masalah yang dapat mereformasi lanskap perkotaan di Jakarta selama beberapa dekade dan membantu membangun era baru smart city (Gath-Morad et al., 2017; Navarro et al., 2016; Shelton et al., 2015).

Salah satu bidang utama yang dapat didefinisikan ulang oleh AI adalah transportasi cerdas. Penyediaan moda transportasi dan dampaknya terhadap pembangunan mobilitas perkotaan dapat ditingkatkan secara signifikan melalui penggunaan sistem transportasi cerdas (ITS) pada umumnya dan transportasi otomatis pada khususnya. Mobilitas berbasis AI ini, meskipun berorientasi pada mesin, harus menjadi teknologi yang fokus pada “memahami” dan “memuaskan” penggunaannya, yaitu manusia, pasar, dan masyarakat secara keseluruhan. Kepercayaan harus dibangun, dan risiko harus dihilangkan, agar transisi ini dapat berjalan dengan baik, dapat diterapkan membangun kota Jakarta cerdas berkelanjutan berbasis AI.

Pengertian AI

Kecerdasan buatan atau Artificial Intelijen (AI) mempunyai potensi untuk menyediakan sarana transformasi. AI didefinisikan sebagai sebuah konsep kemampuan sistem untuk menafsirkan data eksternal dengan benar, belajar dari data tersebut, dan menggunakan pembelajaran tersebut untuk mencapai tujuan dan tugas tertentu melalui adaptasi yang fleksibel (Creß et al., 2021). Pengembangan otonom dapat bernalar dan membuat rencana mencapai tujuan kota cerdas. AI menjanjikan untuk menjadikan manusia lebih sehat, sejahtera, dan bahagia dengan mengurangi kebutuhan akan tenaga kerja manusia dan meningkatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi secara signifikan (Mourtzis et al., 2022). AI telah mengubah kehidupan manusia dalam banyak aspek, mulai dari mobil semi-otomatis di jalan hingga penyedot debu robotik di rumah kita dan di masa mendatang. masa depan akan terus memasuki setiap bidang kehidupan manusia, mulai dari layanan kesehatan hingga pendidikan, hiburan dan keamanan.

Salah satu bidang utama dimana AI memberikan dampak perubahan paling besar adalah bidang transportasi (Soori et al., 2023) mobilitas di masa depan. Hal ini terutama diatur untuk melihat konteks prioritas kebijakan untuk pertumbuhan perkotaan khususnya di Jakarta yang berkelanjutan melalui inovasi transportasi. Intervensi AI ini mempunyai potensi penerapan pada kendaraan (Gerke et al., 2020; Nikitas et al., 2020) , infrastruktur, pengemudi atau pengguna transportasi, dan bagaimana hal ini berinteraksi secara dinamis untuk memberikan layanan transportasi yang mendorong pemberdayaan pengguna dan mendukung interaksi manusia-mesin.

Konsep Kota Jakarta Cerdas

Perkembangan perkotaan dan sistem transportasi saling berhubungan erat sebagaimana dibuktikan oleh teori sewa lahan perkotaan dan teori lokasi, yang mengonseptualisasikan hubungan antara transportasi dan penggunaan lahan (Yamamura et al., 2017). Sistem transportasi kota Jakarta di masa depan berupa penyediaan solusi mobilitas untuk mengatasi kemacetan, polusi dan degradasi lingkungan melalui teknologi AI bersama dengan aplikasi telekomunikasi dan energi mampu memberikan cara bergerak yang lebih baik, lebih cepat, lebih bersih, dan lebih murah. Perhatian para profesional transportasi dan perencana kota saat ini tidak hanya berpusat pada transportasi perkotaan kota Jakarta berkelanjutan dan kota berkelanjutan, kini telah bergeser atau diperluas, dengan mengacu pada kota cerdas dan mobilitas perkotaan cerdas yang mencerminkan berkembangnya era digital (Joghee et al., 2020; Shelton et al., 2015; Telang et al., 2021)

Konsep kota cerdas tidak hanya terbatas pada penerapan teknologi digital, tetapi juga meliputi

dan memiliki kualitas pengambilan keputusan yang kreatif, berkelanjutan, strategis, terintegrasi, menghasilkan pengetahuan, dan berfokus pada masyarakat. Kota Jakarta cerdas menggabungkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) (Lacinák & Ristvej, 2017; Papa et al., 2017) untuk mengurangi biaya, mengoptimalkan konsumsi sumber daya, meningkatkan inter-aktivitas dan meningkatkan kualitas hidup warga.

Gagasan tentang kota Jakarta cerdas (Thellufsen et al., 2020) terutama di sektor mobilitas masa depan, diatur untuk menentukan prioritas kebijakan yang akan diambil untuk pertumbuhan perkotaan yang berkelanjutan melalui inovasi transportasi, yaitu mengenai bagaimana transisi tersebut akan dikelola dan intervensi apa yang akan menentukan transisi tersebut. Mobilitas baru yang berhubungan dengan AI yang merupakan bagian penting dari kota Jakarta cerdas (Chocholac et al., 2020; Nikitas et al., 2020) dapat berdampak langsung atau tidak langsung pada transportasi adalah mencakup intervensi yang mengacu pada kendaraan terhubung dan otomatis (CAV) sebagai perwujudan utama AI di bidang transportasi, Kendaraan Udara Tanpa Awak dan Pribadi (UAV dan PAV), serta Mobilitas sebagai Layanan (Mobility-as-a-Service, MaaS), serta *Internet of Things* (IoT), *Physical Internet* (PI) dan Industri 4.0. Semua teknologi yang cenderung berorientasi pada transportasi tersebut mengacu pada kota Jakarta cerdas yang berpusat pada AI, sehingga dapat memengaruhi atau dipengaruhi oleh mobilitas di masa depan, seperti IoT, PI, dan Industri 4.0, menjadi semakin relevan.

Eco-driving (Sarkar et al., 2020) dan hemat energi, peningkatan standar keselamatan dan keamanan, dan manajemen kemacetan lalu lintas serta menggantikan waktu yang dihabiskan untuk mengemudi dengan waktu yang dapat dimanfaatkan untuk aktivitas yang lebih produktif. UAV dan PAV di masa depan akan sangat penting bagi logistik dan juga pergerakan manusia; Mengharapkan mengubah pola perjalanan seperti yang telah ada selama beberapa dekade dengan memperluas lanskap perkotaan dan jaringan transportasi kota-kota masa depan secara vertikal. Konsep transportasi terbaru dengan penerapan parsial yang terbatas, menjanjikan paket digital mobilitas yang dipersonalisasi. IoT kota cerdas perlu memiliki tiga fitur utama yang dapat disediakan oleh IoT, yaitu : kecerdasan, interkoneksi, dan instrumentasi (Pira et al., 2021).

1. Lingkungan

Pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan di segala aspek kehidupan yang menjamin kemungkinan terpenuhinya kebutuhan hidup dasar generasi sekarang dan generasi mendatang dengan tidak merusak dan mempertahankan keanekaragaman hayati dan fungsi alami ekosistem (Alexander & Delabre, 2019). Salah satu komponen kota Jakarta cerdas adalah dikelolanya lingkungan tersebut secara cerdas. Berkenaan dengan efisiensi energi dan energi terbarukan dalam tulisan ini kami akan membahas dari sisi transisi energi dan pengaruhnya terhadap lingkungan.

Perubahan iklim dan polusi udara lokal merupakan salah satu penyebab utama transisi energi di seluruh dunia (Alamouch et al., 2020; Yanarella, 2020)(Gohari et al., 2022). Polusi udara lokal menjadi penyebab utama di negara negara seperti Tiongkok dan India. Namun juga di Eropa, terdapat peningkatan perhatian terhadap dampak buruk polusi udara terhadap kesehatan, yang sebagian besar berkaitan dengan pasokan dan penggunaan energi.

Efisiensi energi yang lebih tinggi dan penggunaan energi terbarukan yang lebih besar merupakan dua pilar transisi energi (Ernst et al., 2019). Energi terbarukan dan upaya

efisiensi energi berpotensi mencapai 94% pengurangan emisi yang diperlukan pada tahun 2050. Sisanya sebesar 6% akan dicapai melalui pilihan lain untuk pengurangan emisi CO₂ terkait energi, yaitu peralihan bahan bakar fosil, penggunaan energi nuklir secara terus-menerus, serta penangkapan dan penyimpanan karbon (CCS). Antara 41% dan 54% dari total pengurangan ini disebabkan langsung oleh energi terbarukan. Pengurangan tersebut menunjukkan kontribusi elektrifikasi berdasarkan peningkatan penggunaan energi terbarukan sekaligus meningkatkan efisiensi energi dan pangsa energi terbarukan.

Negara-negara di seluruh dunia sedang berada di tengah-tengah transisi energi yang tampaknya lebih memilih listrik sebagai pembawa energi akhir. Hal ini menguntungkan baik dari sudut pandang energi terbarukan maupun efisiensi energi. Tenaga listrik merupakan pembawa energi yang efisien dan menjadi sumber energi bersih bersumber dari energi terbarukan.

Mobil penumpang menyumbang sekitar setengah dari penggunaan energi transportasi, sehingga elektrifikasi dapat mengurangi emisi gas rumah kaca secara besar-besaran. Setengah lainnya terdiri dari truk, penerbangan, perkapalan dan kereta api. Meskipun truk pengiriman listrik mulai membuat terobosan, belum ada solusi serupa untuk penerbangan, pelayaran, atau angkutan truk jarak jauh. Hal ini memerlukan solusi terobosan teknologi dalam penyimpanan listrik (baterai) bagi kendaraan listrik (EV).

Prospek energi terbarukan di Jakarta. Ketersediaan sumber daya energi, proyeksi permintaan energi, pangsa energi terbarukan saat ini dan faktor-faktor lainnya. Namun, bagi semua negara, pangsa energi terbarukan harus meningkat secara signifikan. Peningkatan intensitas energi dapat dicapai melalui penerapan langkah-langkah efisiensi energi (termasuk elektrifikasi) serta penghematan energi melalui teknologi energi terbarukan yang lebih efisien.

Efisiensi energi yang lebih tinggi dan penggunaan energi terbarukan yang lebih besar merupakan dua pilar transisi energi pentingnya efisiensi energi dan energi terbarukan untuk transisi energi global, sementara IEA lebih optimis terhadap prospek bahan bakar fosil dengan CCS dan energi nuklir. Fakta bahwa hasilnya menunjukkan adanya konvergensi mengenai arah transisi energi yang diinginkan. Namun, kedua analisis tersebut juga menunjukkan bahwa transisi tersebut tidak terjadi begitu saja, dan bahwa laju transisi saat ini terlalu lambat.

Sinergi antara efisiensi energi dan energi terbarukan terlihat ketika sektor-sektor energi digabungkan, seperti halnya energi terbarukan dan transportasi, karena elektrifikasi transportasi mewakili hampir seperempat peningkatan intensitas energi sektor industri intensif seperti pembuatan besi dan baja, kimia dan petrokimia, serta pembuatan semen. Ini juga mencakup transportasi angkutan jalan raya, pelayaran dan penerbangan. Semua sektor ini merupakan sektor pengguna akhir yang paling mendesak untuk mengatasi tantangan inovasi guna meningkatkan teknologi yang sudah ada, mengembangkan terobosan, dan melakukan perubahan besar.

Inovasi dapat diperkuat melalui kerja sama global mendorong inovasi untuk menciptakan kota Jakarta cerdas (Maemunah, 2019; Maemunah et al., 2018) menerapkan teknologi energi ramah lingkungan. Terdapat delapan tantangan dalam inovasi energi, yaitu berupa jaringan listrik cerdas (*smart grid*), biofuel berkelanjutan, offgrid, pemanasan dan

pendinginan serta hidrogen terbarukan dan bersih. Konversi sinar matahari langsung adalah tantangan lainnya yang sedang berlangsung.

Transisi energi memerlukan pendekatan inovasi holistik yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing energi terbarukan dan teknologi efisiensi energi karena berbagai pendekatan akan diperlukan di semua sektor sistem energi.

Meskipun banyak solusi inovatif yang ada dan pengembangan energi tradisional pemerintah, sektor-sektor dengan kemajuan terendah dalam inovasi dekarbonisasi, seperti industri berat serta transportasi barang dan penerbangan, adalah sektor-sektor yang tidak memiliki insentif kebijakan yang tepat dan perspektif jangka panjang sehingga di masa mendatang akan meningkatkan biaya transisi energi.

2. Kota Jakarta Cerdas

Membicarakan kota Jakarta cerdas tidak terlepas dari dua hal, yaitu konsep kota cerdas dan sistem kota cerdas. Kota cerdas tidak hanya mengenai penggunaan teknologi cerdas, tetapi juga meliputi pengelolaan yang bersifat wirausaha yang beradaptasi dengan pasar global secara efisien dan efektif. Kota Jakarta cerdas sektor teknologi menggerakkan kehidupan ekonomi yang sudah jenuh dan sebagai peluang pasar bagi perusahaan-perusahaan yang mencari pasar untuk teknologi dan manajemen modern (Shafiullah et al., 2022).

Kota Jakarta cerdas diupayakan pemerintahannya bertransformasi dari organisasi yang bersifat tradisional menjadi model pemberi layanan yang lebih kolaboratif dan terintegrasi. Pengelolaan kota-kota disekitar kota Jakarta akan saling berkolaborasi satu sama lainnya untuk menjalin kerjasama dan kemitraan guna mencapai tujuan sebagai kota cerdas. Kota cerdas didukung oleh kegiatan ekonomi dan teknologi (Joghee et al., 2020) juga oleh akademisi dan peneliti. Kemampuan penerapan teknologi infrastruktur perkotaan misal untuk mengatasi kemacetan lalu-lintas (Maemunah & Marta Anggoro, 2022; Rukmana et al., 2023) masalah penggunaan energi dan pengelolaan lingkungan guna mencapai tujuan peningkatan kualitas hidup dan pemberdayaan masyarakat.

Kota Jakarta cerdas sesuai dengan pemahaman dan sudut pandang masing-masing berdasar pada beberapa pendekatan yang menggunakan teknologi dan data yang tersedia untuk umum untuk memecahkan masalah-masalah tertentu sebagai lingkungan perkotaan yang efisien dan elegan (Anthony et al., 2017; Bhatti et al., 2019) seperti peningkatan ekonomi, pengelolaan jaringan transportasi dan pengaturan lalu lintas. Meski sebagian besar kota cerdas berusaha untuk memperbaiki berbagai hal dengan menambahkan teknologi siap pakai ke fungsi-fungsi yang sudah ada seperti merencanakan sistem transportasi berkelanjutan yang ada menjadi lebih efisien dan dapat diprediksi.

Kota Jakarta cerdas meliputi berbagai bidang, antara lain penggunaan teknologi cerdas, lingkungan cerdas, transportasi cerdas, penduduk cerdas, ekonomi cerdas dan energi cerdas. Perkembangan Kota Jakarta cerdas (Shafiullah et al., 2022) saat ini tumbuh pemikiran mengenai bidang keamanan dan keselamatan. Bidang keamanan dan keselamatan memegang peran penting bagi tumbuh dan berkembangnya kualitas suatu kota, meliputi : pencegahan kejahatan dan kekerasan institusi dan sosial, jaminan kepemilikan tanah dan penggusuran paksa, dan dalam mengelola kota menggunakan perencanaan dan tata kelola yang baik.

Kota Jakarta cerdas berkelanjutan berbasis AI, dalam perkembangannya telah menerapkan penggunaan teknologi cerdas, energi cerdas misalnya penggunaan bus listrik dan transportasi cerdas seperti terintegrasinya jaringan transportasi umum bus Transjakarta dengan LRT dan MRT serta pengelolaan administrasi pemerintahan secara cerdas, dimana proses administrasinya telah terintegrasi secara komputerisasi.

Kota Jakarta cerdas secara berkelanjutan terus berbenah menjadi kota ekonomi hijau (Rachmawati et al., 2024; Shafiullah et al., 2022) terutama dalam hal perbaikan kualitas lingkungan dan jaringan transportasi umum. Kedua hal tersebut saling terkait dan memengaruhi. Penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil menyebabkan kualitas udara menurun (Philipp, 2020). Selain menambah dalam tingkat ketersediaan dan jaringan bus umum berbahan bakar dasar energi listrik juga memperpanjang hubungan LRT sampai ke pusat kota. Dengan penambahan hubungan dan jaringan transportasi ini diharapkan dapat lebih mengurangi tingkat kemacetan dan tingkat pencemaran udara kedepannya.

KESIMPULAN

Jakarta sebagai Ibu Kota Negara Indonesia terus berkembang dan maju untuk menjadi kota cerdas, sama dengan kota-kota besar lainnya di dunia. Tantangan kota Jakarta menjadi kota cerdas adalah bagaimana meningkatkan kualitas layanan transportasi darat yang ramah, sehat dan aman serta berkelanjutan. Pembangunan infrastruktur di kota Jakarta sangat pesat, harus diimbangi peningkatan sumber daya manusia di sektor energi untuk transportasi. Kota Jakarta terkenal memiliki kualitas udara terburuk dan juga sebagai salah satu kota termacet di dunia. Lingkungan alam, kesejahteraan sosial dan pembangunan ekonomi biasanya berkaitan dengan sistem transportasi. Sebagian besar kasus, sistem transportasi yang aman, bersih, dan berkelanjutan, terutama di perkotaan dan pusat perkotaan, untuk berkembang. Kota Jakarta cerdas berkelanjutan mengelola sumber daya fokus pada kenyamanan dalam bertransportasi dan pemeliharaan lingkungan. Transportasi cerdas berkelanjutan berbasis AI dengan memanfaatkan energi terbarukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Transportasi dengan menggunakan energi terbarukan melalui kendaraan listrik berbasis baterai mengatasi perubahan iklim yang tidak menentu dan emisi gas rumah kaca. Peningkatan efisiensi energi dan pengurangan emisi menjadi motivasi utama dalam menjadikan kota Jakarta cerdas, sehat, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Beberapa aspek yang perlu mendapatkan perhatian sebagai tantangan bagi kota Jakarta cerdas adalah transportasi cerdas dan kebersihan udara sebagai dampak dari kemacetan lalu-lintas. Sosialisasi penggunaan sarana transportasi umum sebagai sarana transportasi berkelanjutan perlu mendapatkan perhatian dan perlu dukungan aturan pihak-pihak yang kompeten dan kerjasama masyarakat untuk mencapai Kota Jakarta cerdas.

1. Pentingnya memiliki kota Jakarta cerdas tidak hanya tentang pengelolaan transportasi, penggunaan teknologi AI dan energi terbarukan, tetapi juga pemanfaatan sumber daya alam melalui pembangunan berkelanjutan, menjaga lingkungan, peningkatan kualitas hidup dan pemberdayaan penduduknya serta berfungsi sebagai pasar.
2. Penggunaan sarana transportasi berkelanjutan akan meningkatkan efisiensi energi dan pengurangan emisi gas karbon serta menjadi motivasi utama dalam menjadikan kota Jakarta cerdas, sehat, ramah dan berkelanjutan.
3. Perubahan perilaku cerdas dalam penggunaan sistem transportasi cerdas (ITS), yaitu

berupa mengurangi total jarak tempuh transportasi, beralih ke moda yang lebih hemat energi (peralihan moda), dan mengurangi konsumsi energi.

4. Sektor transportasi dan mobilitas masyarakat memiliki dampak terbesar terhadap konsumsi energi dan tingkat polusi perkotaan. Terdapat empat langkah utama intervensi ITS dalam konteks kota cerdas untuk mencapai penghematan energi, yaitu melakukan Identifikasi dan merancang solusi masalah mobilitas cerdas, menerapkan dan mengoperasikan solusi mobilitas cerdas, menggunakan solusi dan mengubah perilaku mobilitas, dan mengembangkan solusi mobilitas cerdas.
5. Jangka panjang penghematan energi dapat dicapai, yaitu dengan melalui perubahan gaya hidup masyarakat dan perubahan kepemilikan kendaraan, serta pemilihan lokasi kerja, lokasi pemukiman, dan pola aktivitas perjalanan.
6. Sistem Transportasi Cerdas (ITS) dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) lebih mengefisienkan penggunaan infrastruktur transportasi yang ada dengan tujuan meningkatkan pelayanan transportasi dan mengurangi kemacetan, dapat menghemat energi dan mengurangi polusi udara.
7. Berkaitan dengan *Smart City* pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan di segala aspek kehidupan yang menjamin kemungkinan terpenuhinya kebutuhan hidup dasar generasi sekarang dan generasi mendatang dengan tidak merusak dan mempertahankan keanekaragaman hayati dan fungsi alami ekosistem.
8. Kota cerdas tidak hanya mengenai penggunaan teknologi cerdas dan energi terbarukan, tetapi juga meliputi pengelolaan yang bersifat wirausaha yang beradaptasi dengan pasar global secara efisien dan efektif.

Pertanyaan Diskusi:

1. Menurut pendapat saudara, apakah Jakarta sudah termasuk dalam kriteria kota cerdas berkelanjutan? Jelaskan dengan mengacu pada pengertian dan kriteria suatu kota dapat disebut sebagai *kota cerdas*.
2. Kemampuan transformatif AI dalam konteks kota cerdas. Jelaskan bagaimana AI dapat menjadi kekuatan pengubah paradigma yang akan merevolusi mobilitas dengan cara yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam kerangka arsitektur yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.
3. Teknologi AI memiliki potensi dan manfaat bagi aktivitas manusia, contohnya pembuatan robot *humanity*. Jelaskan pendapat saudara, apakah teknologi AI dapat menggantikan peran manusia secara keseluruhan.

SARAN

Berdasar pemaparan dan penjelasan di atas, penulis menyarankan:

1. Perlunya Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Jakarta memberikan perhatian khusus, sebagaimana pada kota-kota besar yang sudah ada atas manfaat dan pentingnya memahami dampak dari kebijakan-kebijakan sebagai akibat dari pengaturan transportasi dan pemanasan global serta dampaknya terhadap lingkungan serta pertumbuhan ekonomi. Menjadikan Jakarta sebagai contoh solusi atas permasalahan

perkotaan yang ada.

2. Bekerjasama dengan kota-kota penyangga Kota Jakarta (Bodetabek) dalam mendukung kebijakan mengatasi kemacetan lalu-lintas dengan menerapkan pemberlakuan ganjil genap di seluruh akses jalan yang terjangkau dengan menyediakan moda transportasi bus berbasis energi elektrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamoush, A. S., Ballini, F., & Ölçer, A. I. (2020). Ports' technical and operational measures to reduce greenhouse gas emission and improve energy efficiency: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111508>
- Alexander, A., & Delabre, I. (2019). Linking Sustainable Supply Chain Management with the Sustainable Development Goals: Indicators, Scales and Substantive Impacts. *Greening of Industry Networks Studies*, 7, 95–111. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15066-2_6
- Ali, S., Yan, Q., Hussain, M. S., Irfan, M., Ahmad, M., Razzaq, A., Dagar, V., & Işık, C. (2021). Evaluating green technology strategies for the sustainable development of solar power projects: Evidence from Pakistan. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 23). mdpi.com. <https://doi.org/10.3390/su132312997>
- Anthony, B., Majid, M. A., & Romli, A. (2017). Green information technology system practice for sustainable collaborative enterprise: A structural literature review. *International Journal of Sustainable Society*, 9(3), 242–272. <https://doi.org/10.1504/IJSSOC.2017.088298>
- Asaithambi, S. P. R., Venkatraman, R., & Venkatraman, S. (2020). MOBDA: Microservice-oriented big data architecture for smart city transport systems. *Big Data and Cognitive Computing*, 4(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/bdcc4030017>
- Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability (Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/SU11072140>
- Bankins, S., Ocampo, A. C., Marrone, M., & ... (2024). A multilevel review of artificial intelligence in organizations: Implications for organizational behavior research and practice. *Journal of ...* <https://doi.org/10.1002/job.2735>
- Bellastuti, D. B., & Fathurrahman, R. (2023). Application of Smart Mobility in the DKI Jakarta Transportation System with KRL Commuter Line Transportation Mode. *Asian Journal of Social and Humanities*. <http://ajosh.org/index.php/jsh/article/view/155>
- Bhatti, F., Shah, M. A., Maple, C., & Islam, S. U. (2019). A novel internet of things-enabled accident detection and reporting system for smart city environments. In *sensors*. mdpi.com. <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/9/2071>
- Bıçaksız, P., & Özkan, T. (2016). Impulsivity and driver behaviors, offences and accident involvement: A systematic review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and ...* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847815000911>
- Chen, Y., Ardila-Gomez, A., & Frame, G. (2017). Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 381–396. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.008>
- Chocholac, J., Sommerauerova, D., Hyrslova, J., Kucera, T., Hruska, R., & MacHalik, S. (2020). Service quality of the urban public transport companies and sustainable city logistics. In *Open Engineering* (Vol. 10, Issue 1, pp. 86–97). degruyter.com. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0010>
- Christmann, P. (2021). Mineral Resource Governance in the 21st Century and a sustainable European Union. In *Mineral Economics* (Vol. 34, Issue 2, pp. 187–208). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13563-021-00265-4>
- Creß, C., Bing, Z., & Knoll, A. C. (2021). Intelligent transportation systems using external infrastructure: A literature survey. *ArXiv Preprint ArXiv:2112.05615*. <https://arxiv.org/abs/2112.05615>
- Djajasinga, N. D. (2017). The Smart Mobility Concept by Developing Online-Based Transportation Information and Communication Technology for Sustainable Transportation. In ... *Journal of Artificial Intelligence ...* download.garuda.kemdikbud.go.id. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2934776&val=10290&title=The Smart Mobility Concept by Developing Online-Based Transportation Information and Communication Technology for Sustainable Transportation>
- Doost Mohammadian, H., & Rezaie, F. (2020). Blue-Green Smart Mobility Technologies as

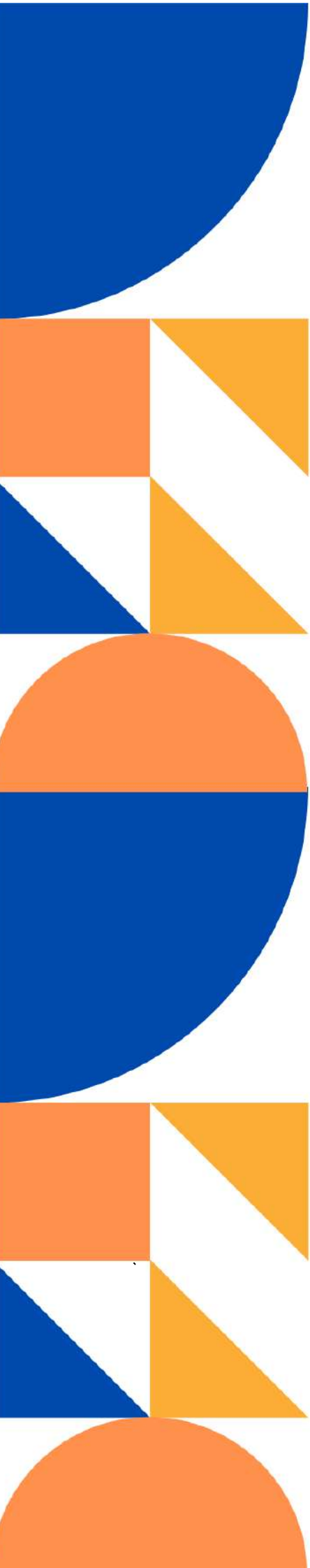
- Readiness for Facing Tomorrow's Urban Shock toward the World as a Better Place for Living (Case Studies: Songdo and Copenhagen). In *Technologies* (Vol. 8, Issue 3, p. 39). mdpi.com. <https://doi.org/10.3390/technologies8030039>
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Grover, P., Abbas, R., Andreini, D., Abumoghli, I., Barlette, Y., Bunker, D., Chandra Kruse, L., Constantiou, I., Davison, R. M., De, R., Dubey, R., Fenby-Taylor, H., Gupta, B., He, W., Kodama, M., ... Wade, M. (2022). Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action. In *International Journal of Information Management* (Vol. 63). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102456>
- Ernst, E., Merola, R., & Samaan, D. (2019). Economics of artificial intelligence: Implications for the future of work. In *IZA Journal of Labor Policy*. sciendo.com. <https://doi.org/10.2478/izajolp-2019-0004>
- Gath-Morad, M., Schaumann, D., Zinger, E., & ... (2017). How smart is the Smart City? Assessing the impact of ICT on cities. *Agent Based Modelling* https://doi.org/10.1007/978-3-319-51957-9_11
- Gerke, S., Minssen, T., & Cohen, G. (2020). Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. *Artificial Intelligence in Healthcare*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128184387000125>
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24(January), 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
- Glasmeier, A., & Christopherson, S. (2015). Thinking about smart cities. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 3–12. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu034>
- Gohar, A., & Nencioni, G. (2021). The role of 5g technologies in a smart city: The case for intelligent transportation system. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095188>
- Gohari, A., Ahmad, A. B., Rahim, R. B. A., Supa'at, A. S. M., & ... (2022). Involvement of surveillance drones in smart cities: A systematic review. *IEEE* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9781426/>
- Greenblatt, J. B., & Shaheen, S. (2015). Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impacts. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 2(3), 74–81. <https://doi.org/10.1007/s40518-015-0038-5>
- Grzelakowski, A. S. (n.d.). TRANSPORT SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON QUALITY AND EFFICIENCY OF LOGISTICS MACROSYSTEMS. In *inw-spatium.pl*. http://inw-spatium.pl/wp-content/uploads/2020/04/11.CHALLENGES-AND-MODERN-SOLUTION-IN-TRANSPORTATION—Chapter_11.pdf
- Haarstad, H., & Wathne, M. W. (2019). Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability? *Energy Policy*, 129(November 2018), 918–925. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.001>
- Hepburn, C., Qi, Y., Stern, N., Ward, B., Xie, C., & Zenghelis, D. (2021). Towards carbon neutrality and China's 14th Five-Year Plan: Clean energy transition, sustainable urban development, and investment priorities. In *Environmental Science and Ecotechnology* (Vol. 8). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100130>
- Ho, T. M., Tran, T. D., Nguyen, T. T., Kazmi, S. M. A., Le, L. B., Hong, C. S., & Hanzo, L. (2019). *Next-generation Wireless Solutions for the Smart Factory, Smart Vehicles, the Smart Grid and Smart Cities*. March 2019, 1–49. <http://arxiv.org/abs/1907.10102>
- Hollands, R. G. (2015). Critical interventions into the corporate smart city. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 61–77. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu011>
- Izzul, F. R., & Azmi, I. F. (2021). Comparison of Technology, Human Resources, and Institutional Resources Perspectives: Cases of Jakarta Smart City. ... *Series. Earth and Environmental Science*. <https://search.proquest.com/openview/93fc6c30a750c35acaeaa73f580bbbce/1?pq->

origsite=gscholar&cbl=4998669

- Joghee, S., Alzoubi, H. M., & Dubey, A. R. (2020). Decisions effectiveness of FDI investment biases at real estate industry: Empirical evidence from Dubai smart city projects. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(3), 3499–3503. <http://research.skylineuniversity.ac.ae/id/eprint/34/>
- Karsono, D., Pamungkas, M. R. F., Erkamim, M., & ... (2024). IMPLEMENTATION OF SMART CITY APPLICATION IN SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS: PROSPECTS AND DEVELOPMENT OF SMARTCITY IN INDONESIA. *INTERNATIONAL* <https://injoser.joln.org/index.php/123/article/view/177>
- Kementerian_PPN/Bappenas. (2020). *Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang tentang Ibu Kota Negara*. Naskah Akademik.
- Lacinák, M., & Ristvej, J. (2017). Smart City, Safety and Security. *Procedia Engineering*, 192, 522–527. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.090>
- Lindau, S. T., Makelarski, J. A., Boyd, K., Doyle, K. E., Haider, S., Kumar, S., Lee, N. K., Pinkerton, E., Tobin, M., Vu, M., Wroblewski, K. E., & Lengyel, E. (2021). Change in Health-Related Socioeconomic Risk Factors and Mental Health during the Early Phase of the COVID-19 Pandemic: A National Survey of U.S. Women. *Journal of Women's Health*, 30(4), 502–513. <https://doi.org/10.1089/jwh.2020.8879>
- Lisi, W., Zhu, R., & Yuan, C. (2020). Embracing green innovation via green supply chain learning: The moderating role of green technology turbulence. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.1979>
- Lv, Z., & Shang, W. (2023). Impacts of intelligent transportation systems on energy conservation and emission reduction of transport systems: A comprehensive review. *Green Technologies and Sustainability*, 1(1), 100002. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2022.100002>
- Maemunah, S. (2019). the Effect of Information and Communication Technology (Ict) and Business Strategy on Business Performance in Small and Medium Businesses. *Business and Entrepreneurial Review*, 17(1), 53. <https://doi.org/10.25105/ber.v16i2.5091>
- Maemunah, S., Hermawan, A., & Siringoringo, H. (2018). The Effects of Strategic Orientation, Technology Innovation, and Business Strategy in Improving Business Performance of Sme of Fashion Industry in Jakarta. *American Research Journal of Business and Management*, 4(1), 4–7. <https://doi.org/10.21694/2379-1047.18007>
- Maemunah, S., & Marta Anggoro. (2022). Transportation Modes During Pandemic Covid-19 in Indonesia. *SOSMANIORA: Jurnal Ilmu Sosial Dan Humaniora*, 1(1), 44–47. <https://doi.org/10.55123/sosmaniora.v1i1.201>
- Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2022). A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies*. <https://www.mdpi.com/1800306>
- Munasinghe, M., Jayasinghe, P., Deraniyagala, Y., Matlaba, V. J., Santos, J. F. dos, Maneschy, M. C., & Mota, J. A. (2019). Value–Supply Chain Analysis (VSCA) of crude palm oil production in Brazil, focusing on economic, environmental and social sustainability. *Sustainable Production and Consumption*, 17, 161–175. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.10.001>
- Nava, C. (2020). PVCUPCYCLING - Circular economy and zero waste: “Upcycling” waste from electrical systems. In *Environmental Engineering and Management Journal* (Vol. 19, Issue 10, pp. 1823–1829). researchgate.net. <https://doi.org/10.30638/eemj.2020.174>
- Navarro, C., Roca-Riu, M., Furió, S., & Estrada, M. (2016). Designing New Models for Energy Efficiency in Urban Freight Transport for Smart Cities and its Application to the Spanish Case. *Transportation Research Procedia*, 12(June 2015), 314–324. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.068>
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12072789>

- Papa, R., Gargiulo, C., & Russo, L. (2017). The evolution of smart mobility strategies and behaviors to build the smart city. *2017 5th IEEE International* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8005707/>
- Philipp, R. (2020). Blockchain for LBG Maritime Energy Contracting and Value Chain Management: A Green Shipping Business Model for Seaports. In *Environmental and Climate Technologies* (Vol. 24, Issue 3, pp. 329–349). [sciendo.com. https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0107](https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0107)
- Pindarwati, A., & Wijayanto, A. W. (2015). Measuring performance level of smart transportation system in big cities of Indonesia comparative study: Jakarta, Bandung, Medan, Surabaya, and Makassar. *2015 International Conference on* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7437716/>
- Pinna, F., Masala, F., & Garau, C. (2017). Urban policies and mobility trends in Italian smart cities. *Sustainability (Switzerland)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/su9040494>
- Pira, M. Le, Tavasszy, L. A., Correia, G. H. de A., & ... (2021). Opportunities for integration between Mobility as a Service (MaaS) and freight transport: A conceptual model. *Sustainable Cities and ...* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067072100490X>
- Ponte, S. (2019). Business, Power and Sustainability in a World of Global Value Chains. In *Business, Power and Sustainability in a World of Global Value Chains*. [books.google.com. https://doi.org/10.5040/9781350218826](https://doi.org/10.5040/9781350218826)
- Rachmawati, R., Haryono, E., Ghiffari, R. A., & ... (2024). Achieving Sustainable Urban Development for Indonesia's New Capital City. *... of Sustainable ...* <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=17437601&AN=175927283&h=XqDSUIxQ8mgVxYu1Sljgq83bFUFpg6BtSjoozBDJcOPZ%2BOIZaIGFWNYJW%2BXOxYQWb3MWyO6GM%2FPgJdxVP3AxYA%3D%3D&crl=c>
- Reza, I. F., & Azmi, I. F. (2021). Comparison of Technology, Human Resources, and Institutional Resources Perspectives: Cases of Jakarta Smart City. *... Conference Series: Earth and Environmental* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/717/1/012029/meta>
- Roblek, V., Thorpe, O., Bach, M. P., Jerman, A., & Meško, M. (2020). The fourth industrial revolution and the sustainability practices: A comparative automated content analysis approach of theory and practice. *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su12208497>
- Rukmana, D. V., Maemunah, S., Candrarahayu, A. M., Digambiro, R., Manurung, R. A., & Rahandhi, R. (2023). Integration Facilities for Pedestrians in Train Station Area. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 9(3), 263. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v9i3.1073>
- Sarkar, A., Qian, L., & Peau, A. K. (2020). Overview of green business practices within the Bangladeshi RMG industry: competitiveness and sustainable development perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 22888–22901. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08816-y>
- Shafiullah, M., Rahman, S., Imteyaz, B., Aroua, M. K., & ... (2022). Review of smart city energy modeling in Southeast Asia. In *Smart Cities*. [mdpi.com. https://www.mdpi.com/2624-6511/6/1/5](https://www.mdpi.com/2624-6511/6/1/5)
- Shelton, T., Zook, M., & Wiig, A. (2015). The “actually existing smart city.” *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 13–25. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu026>
- Shwedeh, F., Hami, N., & Baker, S. Z. A. (2020). Effect of leadership style on policy timeliness and performance of smart city in Dubai: a review. In *Proceedings of the International ...* [researchgate.net. https://www.researchgate.net/profile/Fanar-Shwedeh-2/publication/366970073_Effect_of_Leadership_Style_on_Policy_Timeliness_and_Performance_of_Smart_City_in_Dubai_A_Review/links/63bc095bc3c99660ebdf33ef/Effect-of-Leadership-Style-on-Policy-Timeliness-and-P](https://www.researchgate.net/profile/Fanar-Shwedeh-2/publication/366970073_Effect_of_Leadership_Style_on_Policy_Timeliness_and_Performance_of_Smart_City_in_Dubai_A_Review/links/63bc095bc3c99660ebdf33ef/Effect-of-Leadership-Style-on-Policy-Timeliness-and-P)

- Solihati, K. D., & Indriyani, D. (2021). Managing artificial intelligence on public transportation (case study Jakarta city, Indonesia). ... *Series: Earth and Environmental* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/717/1/012021/meta>
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review. In *Cognitive Robotics*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667241323000113>
- Suling, C. F., Nurmandi, A., Muallidin, I., & ... (2022). The use of AI to develop smart infrastructure in Indonesia. ... *Conference on Human* https://doi.org/10.1007/978-3-031-05463-1_15
- Sunitiyoso, Y., Wicaksono, A., Pambudi, N. F., & ... (2023). Future of mobility in Jakarta Metropolitan Area: A Multi-Stakeholder scenario planning. In *Transportation Research* Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259019822300057X>
- Syalianda, S. I., & Kusumastuti, R. D. (2021). Implementation of smart city concept: A case of Jakarta smart city, Indonesia. ... *Series: Earth and Environmental* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/716/1/012128/meta>
- Tahir, R., Athar, M. R., Faisal, F., Shahani, N. un N., & Solangi, B. (2019). Green Organizational Culture: A Review of Literature and Future Research Agenda. *Annals of Contemporary Developments in Management & HR*, 1(1), 23–38. <https://doi.org/10.33166/acdmhr.2019.01.004>
- Telang, S., Chel, A., Nemade, A., & Kaushik, G. (2021). Intelligent transport system for a smart city. *Security and Privacy* https://doi.org/10.1007/978-3-030-53149-2_9
- Thellufsen, J. Z., Lund, H., Sorknæs, P., Østergaard, P. A., Chang, M., Drysdale, D., Nielsen, S., Djørup, S. R., & Sperling, K. (2020). Smart energy cities in a 100% renewable energy context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109922>
- Wu, Y., Zhang, W., Shen, J., Mo, Z., & Peng, Y. (2018). Smart city with Chinese characteristics against the background of big data: Idea, action and risk. *Journal of Cleaner Production*, 173, 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.047>
- Yamamura, S., Fan, L., & Suzuki, Y. (2017). Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning. *Procedia Engineering*, 180, 1462–1472. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.309>
- Yanarella, E. (2020). Greenovation: Urban Leadership on Climate Change. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 5). books.google.com. <https://doi.org/10.1089/sus.2020.29192.ejy>
- Zhang, Y., & Zhang, T. (2022). Complex Dynamics of a Low-Carbon Supply Chain with Government Green Subsidies and Carbon Cap-and-Trade Policies. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 32(6). <https://doi.org/10.1142/S0218127422500900>
- Zhao, X., Zuo, J., Wu, G., & Huang, C. (2019). A bibliometric review of green building research 2000–2016. *Architectural Science Review*, 62(1), 74–88. <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1485548>
- Zhu, C., Leung, V. C. M., Shu, L., & Ngai, E. C. H. (2015). Green Internet of Things for Smart World. *IEEE Access*, 3, 2151–2162. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2497312>



PENGARUH PENAMBAHAN LAPISAN AKTIF PADA STRUKTUR SEL SURYA a- SI:H TERHADAP EFISIENSI MENGUNAKAN RF-PECVD

Soni Prayogi*

¹ Universitas Pertamina Jakarta

e-mail: soni.prayogi@universitaspertamina.ac.id

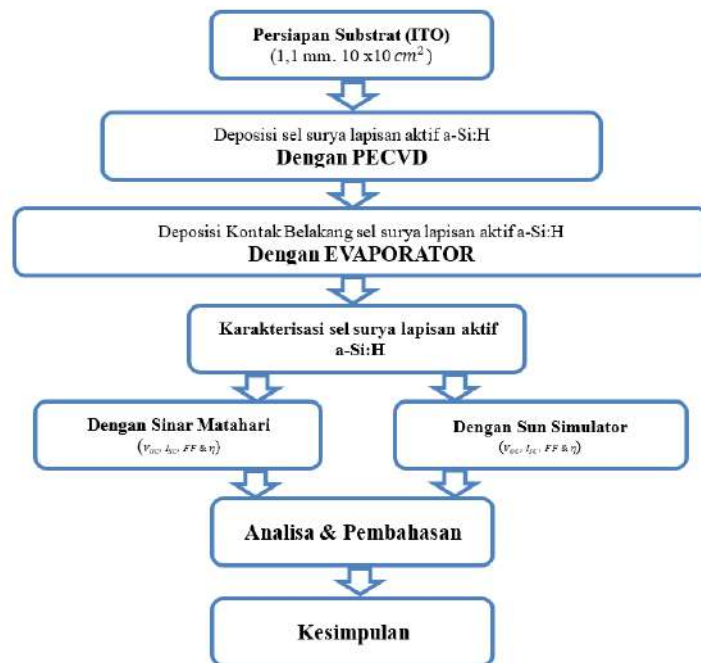
PENDAHULUAN

Energi surya telah menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan untuk masa depan. Peningkatan permintaan energi global dan kebutuhan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil telah mendorong perkembangan teknologi fotovoltaik yang lebih efisien dan terjangkau. Salah satu teknologi fotovoltaik yang menarik perhatian adalah sel surya berbasis *hidrogenasi amorphous silicon* (a-Si:H) (Irvine, 2007). Sel surya a-Si menawarkan beberapa keunggulan, termasuk biaya produksi yang lebih rendah, fleksibilitas dalam aplikasi, dan kemampuan untuk beroperasi dalam kondisi cahaya rendah (Despotou, 2012). Selain itu, sumber energi ini ramah lingkungan karena tidak ada polutan yang dihasilkan selama konversi. Secara umum, listrik tenaga surya merupakan sumber energi alternatif yang dapat diterima (Chittick et al., 1969). Meskipun demikian, efisiensi konversi energi dari sel surya a-Si masih relatif rendah dibandingkan dengan sel surya berbasis kristal silikon, sehingga penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja perangkat ini (Phillips, 2019).

Tiga masalah utama sel surya, terutama silikon amorf terhidrogenasi, adalah efisiensi yang masih rendah, *Efek Staebler-Wronski* (SWE) dan masih mahal. Selain itu, perhatian terbesar dari sel surya silikon amorf adalah celah pita dari kelompok energi terlarang (Cahyono et al., 2017). Pada sel surya, terlalu banyak bandwidth menyebabkan sejumlah besar spektrum energi terbuang sia-sia karena transmisi (Prayogi et al., 2022). Pada saat yang sama, jika bandwidth energi terlarang terlalu kecil, kehilangan eksitasi elektron akan tinggi (Illiberi et al., 2011). Peningkatan efisiensi sel surya sangat bergantung pada seberapa baik sistem sel surya dapat menyerap energi matahari secara maksimal (Flewitt, 2016). Cahaya yang tidak diserap oleh lapisan atas ditransmisikan ke lapisan kedua dengan celah pita energi yang lebih kecil (Prayogi et al., 2021).

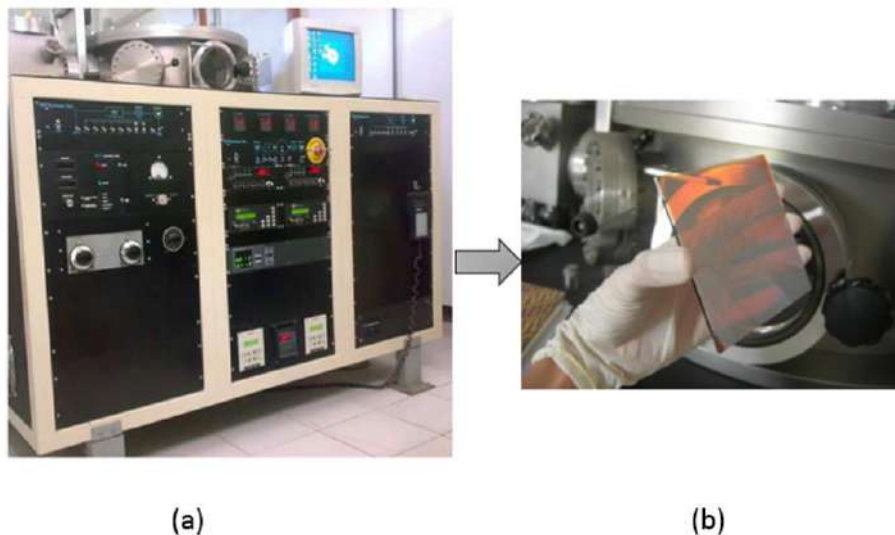
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang teknologi fotovoltaik, khususnya dalam pengembangan sel surya a-Si yang lebih efisien dan ekonomis. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang peran lapisan aktif dan teknik deposisi yang optimal, diharapkan dapat dihasilkan sel surya yang tidak hanya memiliki efisiensi tinggi, tetapi juga stabil dalam jangka panjang dan mampu diproduksi secara massal dengan biaya yang lebih rendah. Temuan dari penelitian ini juga dapat membuka peluang baru untuk aplikasi sel surya dalam berbagai bidang, termasuk aplikasi portabel, bangunan ramah lingkungan, dan sistem tenaga skala besar. Lapisan aktif berbasis a-Si:H memegang peran paling penting untuk memanfaatkan energi surya untuk mengeksitasi elektron. Di sini, kami menyajikan pendekatan baru untuk menghasilkan lapisan aktif struktur silikon amorf dari SiH₄ dengan teknik PECVD dan memvariasikan setiap lapisan aktif melalui waktu pengendapan untuk menyelidiki efisiensi yang dihasilkan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Berikut ini urutan penelitian yang digunakan beserta cara kerja penelitiannya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Deposisi sel surya lapisan aktif a-Si:H dilakukan dengan menggunakan metode PECVD seperti terlihat pada Gambar 2. Untuk mendapatkan lapisan aktif, dilakukan pengenceran plasma silan dengan hidrogen, dengan rasio hidrogen dan silan yang bervariasi, $R=H_2/SiH_4$. Lapisan aktif struktur sel surya a-Si:H akan diendapkan dengan menggunakan parameter pengendapan yang representatif untuk menghasilkan film tipis yang dapat menyerap spektrum energi matahari secara maksimal. Parameter deposisi yang ditentukan juga diharapkan dapat menghasilkan kualitas efisiensi sel surya yang lebih baik.



Gambar 2. Skema preparasi sel surya a-Si:H (a) Teknik PECVD dengan multi chamber, dan (b) Sel surya a-Si:H (10 cm x 10 cm) terintegrasi dengan film konduktif.

Pengolahan dan analisis hasil pengukuran parameter karakteristik sel surya pada kondisi iradiasi dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut: 1) Plot kurva karakteristik arus terhadap tegangan (I-V) sel surya dari data pengukuran. 2) Tentukan V_{OC} , I_{SC} , dan $V_m I_m$ dari kurva karakteristik I-V. Ketika resistor variabel nol, amperemeter menunjukkan nilai I_{SC} dan

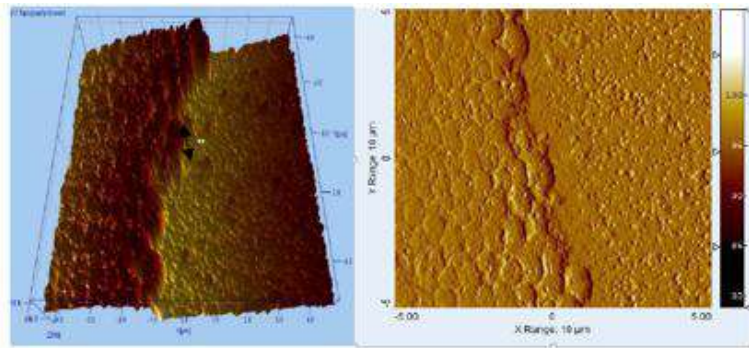
tegangan yang terbaca pada voltmeter adalah nol. Besarnya arus berkurang dengan meningkatnya nilai resistor, hal ini menyebabkan tegangan naik perlahan. Sampai situasi di mana resistor mencapai nilai mendekati tak terhingga, besarnya arus adalah nol dan tegangan mencapai nilai V_{oc} . Sedangkan V_m dan I_m masing-masing adalah tegangan dan arus pada titik operasi optimum. 3) Tentukan faktor pengisian (FF) dan efisiensi (η) sel surya. FF adalah besaran tak berdimensi yang menyatakan rasio daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian I_{sc} dan V_{oc} .

PEMBAHASAN

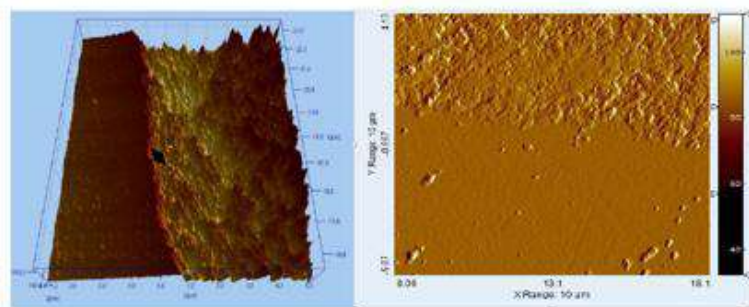
Hasil yang diharapkan dari deposisi ini adalah lapisan seragam berwarna coklat kehitaman seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dari masing-masing sampel. Lapisan tersebut dianggap sebagai tanda homogen dari warna hitam kecoklatan yang seragam. Pada proses deposisi lapisan aktif, difusi gugus Si-H, terjadi ikatan silang sehingga molekul H_2 terperangkap di dalam lapisan, tegangan dan regangan tinggi menciptakan permukaan yang lemah. Ikatan lemah pada permukaan mudah putus dengan adanya energi aktivasi. Pemutusan ikatan menyebabkan pelepasan atom H_2 ke udara terbuka. Setelah pengendapan selesai, ia bertindak sebagai cabang yang terus tumbuh dan kemudian lapisan a-Si:H terlepas dari substrat.

Untuk mengukur ketebalan dan morfologi sel surya a-Si:H menggunakan *Atomic Force Microscopy* (AFM), yang mengkarakterisasi bahan menggunakan gaya atom tip-substrat. AFM terdiri dari beberapa perangkat seperti *nozel*, *kantilever*, *sensor piezoelektrik* dan *detektor cahaya* (Dzedzickis et al., 2018). Pengukuran atau scan diambil dari batas antara coating dan substrat. Perubahan kemiringan ini memberikan informasi tentang kedalaman atau ketebalan lapisan (Pedrak et al., 2003). Dengan memindai daerah batas ini diperoleh informasi tentang perbedaan tinggi atau kedalaman yang menyatakan ketebalan lapisan tipis yang terbentuk.

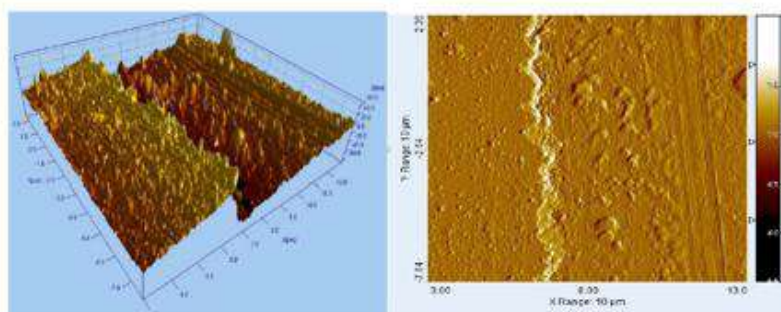
Informasi tentang kedalaman disediakan oleh perubahan kemiringan. Pemindaian di wilayah perbatasan ini menghasilkan data variasi ketinggian atau kedalaman yang mewakili ketebalan lapisan tipis. Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan AFM untuk setiap lapisan aktif.



(a)



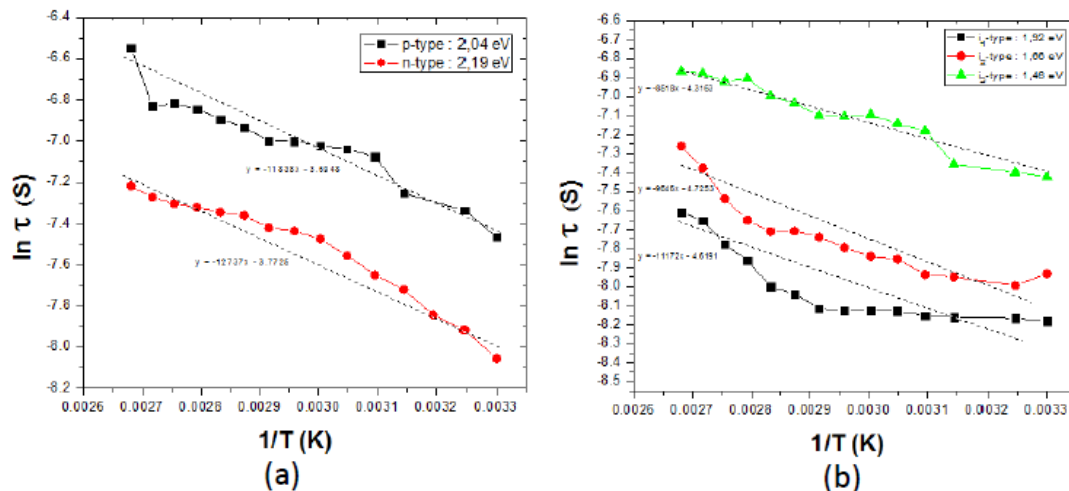
(b)



(c)

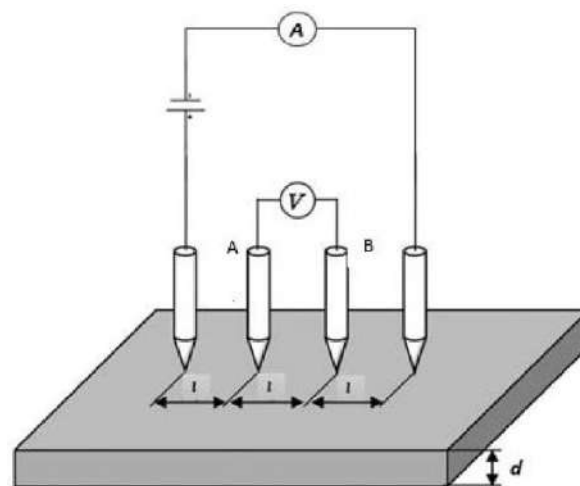
Gambar 3. Morfologi permukaan lapisan aktif yang diukur menggunakan AFM (a) Lapisan aktif 1, (b) Lapisan aktif 2, dan (c) Lapisan aktif 3.

Celah energi sampel (E_g) dapat dihitung dengan mengukur konduktivitas sampel pada setiap kenaikan suhu (T), yang menghasilkan grafik $\ln$ vs $1/T$. Pengukuran ini untuk menghitung celah energi sampel dengan mengukur konduktivitas pada temperatur yang berbeda. Kemiringan grafik dapat digunakan untuk menetapkan di mana E_g berada seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Menurut temuan pengukuran dan analisis UV-Vis menggunakan metode Tauc's Plot dan rasio $\ln$ hingga $1/T$, setiap lapisan telah berhasil mengoptimalkan celah energi (Misalnya) pada lapisan aktif sampel sel surya α -Si:H.



Gambar 4. Pengukuran E_g menggunakan perbandingan $\ln \sigma$ dengan $1/T$ (a). Lapisan aktif, dan (b). Lapisan pasif.

Pada pengukuran konduktivitas sampel dipotong menjadi ukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$ untuk metode empat titik pengukuran konduktivitas listrik. Dengan maksud untuk menurunkan faktor koreksi pengukuran, daerah sampel dibuat sekecil mungkin (Prior, 2005). Bentuk sampel akan berdampak pada faktor koreksi pengukuran selain memastikan ukuran sampel sekecil mungkin (Morigaki & Ogihara, 2007). Faktor koreksi pengukuran juga harus diperhatikan jika bentuk sampel berbentuk lingkaran. Akibatnya, daripada menggunakan lingkaran sebagai bentuk sampel untuk pengukuran probe empat titik konduktivitas listrik, persegi berukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$ digunakan. Probe diberi jarak 0,25 cm karena sampel berukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$.



Gambar 5. Skema rangkaian pengukuran konduktivitas menggunakan metode empat titik

Nilai konduktivitas diperoleh dari besarnya nilai konduktivitas listrik suatu sampel dipengaruhi oleh beberapa variabel dapat dilihat pada Tabel 1. Diantaranya adalah tegangan, ketebalan lapisan, jarak antar probe, dan arus yang terbaca. Dengan mengalirnya arus listrik pada kedua probe terluar maka akan didapatkan nilai Tegangan (V) dari nilai tegangan yang diukur pada kedua probe terluar (Kasap et al., 2007).

Tabel 1. Hasil pengukuran daya hantar listrik lapisan intrinsik dan ekstrinsik pada kondisi terang

No	Sample	Voltage V_{a-b} (V)	Current I (mA)	Conductivity σ ($\times 10^{-3}$ S/cm)
1	Tipe-p	0,647	96,2	1,74
2	Tipe-n	0,461	64,3	3,15
3	Tipe-i ₁	0,847	277,2	65,1
4	Tipe-i ₂	0,747	176,2	35,4
5	Tipe-i ₃	0,844	246,2	60,6

Tabel 2. Hasil pengukuran daya hantar listrik lapisan intrinsik dan ekstrinsik pada kondisi gelap

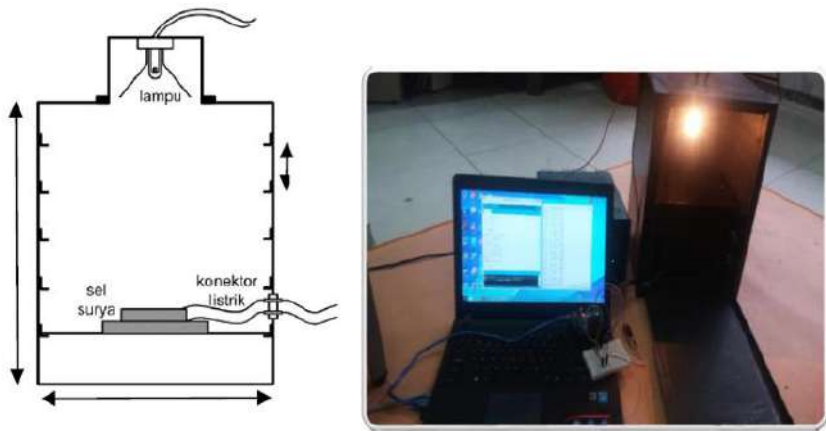
No	Sample	Voltage V_{a-b} (V)	Current I (mA)	Conductivity σ ($\times 10^{-3}$ S/cm)
1	Tipe-p	0,325	36,2	0,48
2	Tipe-n	0,231	64,3	0,85
3	Tipe-i ₁	0,627	147,2	0,62
4	Tipe-i ₂	0,541	106,1	0,31
5	Tipe-i ₃	0,642	142,7	0,56

Dari Tabel 1 dan 2 pada lapisan pasif, konduktivitas cahaya tidak meningkat secara signifikan dari keadaan gelap. Respon foto yang merupakan rasio konduktivitas cahaya terhadap konduktivitas gelap menunjukkan nilai tidak lebih dari 10^1 , menunjukkan bahwa lapisan pasif adalah lapisan pasif. Hal ini karena elektron dari pita valensi yang dieksitasi oleh cahaya menuju pita konduksi tidak secara signifikan meningkatkan konsentrasi elektron pada pita konduksi (Beyer, 2003). Berbeda dengan lapisan aktif yang memiliki respon foto hingga 10^5 , elektron tereksitasi secara signifikan meningkatkan konsentrasi elektron pada pita konduksi sehingga teramati konduktivitas cahaya pada lapisan aktif tampak melonjak drastis.

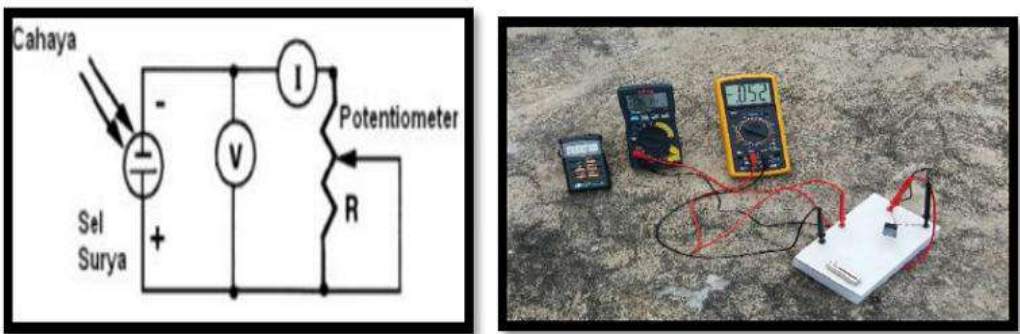
Pengukuran I-V dengan Sun Simulator untuk mengetahui karakteristik sel surya lapisan aktif α -

Si:H. Simulator Matahari terbuat dari bahan aluminium dengan ukuran (15x15x30) cm³ dan dihubungkan dengan rangkaian elektronik seperti pada Gambar 6. Di bagian atas ditempatkan lampu untuk mengukur karakteristik I-V dalam kondisi disinari. Lampu yang digunakan adalah lampu Halogen Bulb dengan intensitas cahaya 46,6 mW/cm². Lampu Halogen Bulb dipilih karena spektrum cahayanya hampir mendekati spektrum sinar matahari.

Proses karakterisasi I-V dengan sinar matahari langsung pada prinsipnya hampir sama dengan menggunakan Sun Simulator, namun perbedaan yang mendasar adalah sumber cahayanya melalui sinar matahari langsung dimana intensitas cahayanya mencapai 850 mW/cm² seperti pada Gambar 7. Prosedur karakterisasi I-V sel surya ini dilakukan sebanyak tiga kali sesuai dengan jumlah sampel.



Gambar 6. Rancangan sistem Sun Simulator

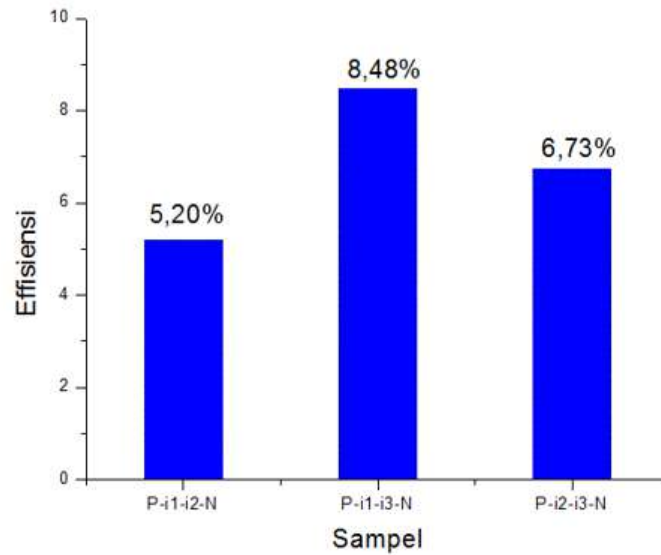


Gambar 7. Rangkaian listrik untuk sistem pengukuran karakterisasi sel surya I-V

Hasil karakterisasi lapisan aktif I-V dengan perbedaan ketebalan lapisan dengan Sun Simulator dan sinar matahari dapat dilihat pada Tabel 3, Gambar8 dan Tabel 4, Gambar 9.

Tabel 3. Karakterisasi I-V sel surya lapisan aktif a-Si:H dengan Sun Simulator.

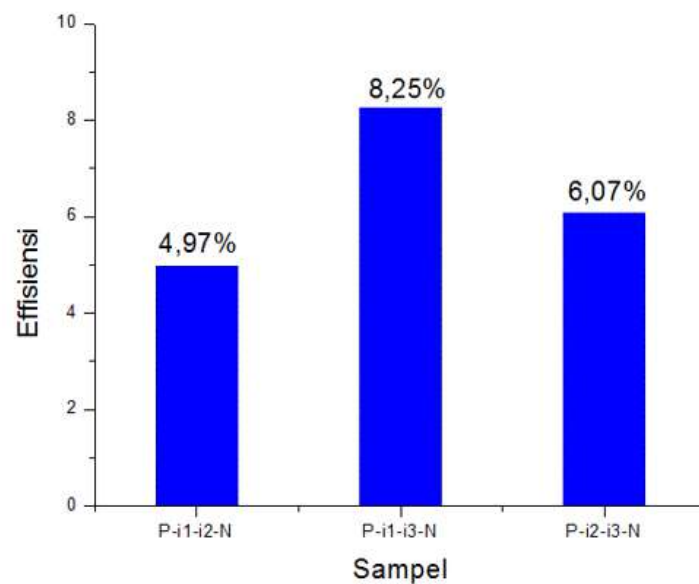
No	Sampel	V_{oc}	I_{sc}	P_{in}	P_{maks}	FF	H
		(mV)	(mA)	(mW)	(mW)		(%)
1	P-i ₁ -i ₂ -N	140,7	0,231	366	19,05	0,58	5,20
2	P-i ₁ -i ₃ -N	178,2	0,288	366	31,05	0,57	8,48
3	P-i ₂ -i ₃ -N	150,1	0,273	366	24,62	0,60	6,73



Gambar 8. Pengukuran Grafik Efisiensi Sampel dengan Sun Simulator

Tabel 4. Karakterisasi I-V sel surya lapisan aktif a-Si:H dengan Sinar Matahari

No	Sampel	V_{oc}	I_{sc}	P_{in}	P_{maks}	FF	η
		(mV)	(mA)	(mW)	(mW)		(%)
1	P-i ₁ -i ₂ -N	244,24	0,432	1144	56,96	0,54	4,97
2	P-i ₁ -i ₃ -N	374,60	0,586	1144	92,49	0,43	8,25
3	P-i ₂ -i ₃ -N	302,80	0,511	1144	69,51	0,45	6,07



Gambar 9. Pengukuran Grafik Efisiensi Sampel dengan Sinar Matahari

Hasil karakterisasi I-V sel surya lapisan aktif a-Si:H menggunakan Sun Simulator dan sinar matahari langsung menunjukkan bahwa pengukuran yang dihasilkan bervariasi pada ketebalan lapisan-i antara 400-800 nm. Pada hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan alat

PECVD yang sama dengan struktur p-i-n menghasilkan efisiensi sebesar 5,31%. Sedangkan dengan mengoptimalkan dengan memvariasikan energy gap dan ketebalan masing-masing sampel, diperoleh nilai efisiensi sebesar 8,48%. Terjadi peningkatan efisiensi yang sangat signifikan, hampir 60% dari yang pernah dilakukan sebelumnya.

Secara keseluruhan, sebagaimana dibuktikan dengan daya keluaran maksimum yang rendah, sel surya lapisan aktif a-Si:H yang dihasilkan biasanya memiliki FF yang buruk. Salah satu penyebab rendahnya nilai FF sel surya a-Si:H lapisan aktif adalah mekanisme pembuatan sambungan yang tidak sempurna, yang mengakibatkan cacat pada area antarmuka (Wang et al., 2020). Ada lima lokasi persimpangan pada sel surya a-Si:H yang dihasilkan, yang masing-masing merupakan persimpangan antara substrat (ITO) dan lapisan-p, antara lapisan-p dan lapisan-p. Kondisi cacat akan tercipta di area sambungan jika mekanisme penghubung antar lapisan tidak dibangun dengan benar

Untuk menggunakan energi foton untuk membangkitkan pembawa muatannya dari pita valensi ke pita konduksi dan untuk meningkatkan kekuatan medan listrik antara lapisan-p dan lapisan-n, lapisan aktif a-Si:H pada lapisan perangkat sel surya memainkan fungsi krusial. Semakin tebal lapisan aktif maka laju pembentukan pembawa muatan akan meningkat, dan penyerapan foton akan semakin besar (Duan et al., 2014). Namun, resistansi seri (R_s) juga naik karena keadaan lokal yang disebabkan oleh lapisan-i yang lebih tebal. Sebaliknya, medan listrik yang tercipta antara lapisan-p dan lapisan-n akan melemah jika lapisan-i terlalu tipis.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penambahan lapisan aktif pada struktur sel surya a-Si menggunakan teknik RF-PECVD dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi perangkat. Peningkatan efisiensi ini terutama disebabkan oleh dua faktor utama: peningkatan penyerapan cahaya dan pengurangan rekombinasi pembawa muatan. Lapisan aktif yang disintesis dengan teknik RF-PECVD memiliki karakteristik material yang sangat baik, seperti kepadatan tinggi, homogenitas, dan kekasaran permukaan yang rendah. Karakteristik ini memungkinkan lapisan aktif untuk berfungsi secara optimal dalam menyerap cahaya dan mengangkut muatan tanpa mengalami banyak kerugian energi.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan penambahan dan optimalisasi lapisan aktif menggunakan RF-PECVD memiliki potensi besar untuk meningkatkan kinerja sel surya a-Si:H. Metode ini tidak hanya efektif dalam meningkatkan efisiensi konversi energi, tetapi juga dapat diterapkan pada skala industri dengan biaya yang relatif rendah. Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengeksplorasi kombinasi material baru dan teknik deposisi yang lebih canggih guna terus mendorong batas efisiensi sel surya berbasis a-Si:H. Selain itu, studi jangka panjang mengenai stabilitas dan degradasi perangkat juga penting untuk memastikan bahwa peningkatan efisiensi ini dapat dipertahankan dalam penggunaan praktis. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi fotovoltaik yang lebih efisien dan ekonomis, serta membuka peluang untuk aplikasi yang lebih luas dalam industri energi terbarukan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyelidiki pengaruh penambahan lapisan aktif pada struktur sel surya berbasis hidrogenasi amorphous silikon (a-Si:H) terhadap efisiensi perangkat menggunakan teknik Radio Frekuensi Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (RF-PECVD). Dengan fokus pada optimalisasi efisiensi konversi energi, penelitian ini memperkenalkan variasi ketebalan dan komposisi lapisan aktif yang diterapkan pada substrat sel surya. Metode RF-PECVD digunakan untuk mengendalikan parameter deposisi secara presisi, memungkinkan pembuatan lapisan tipis berkualitas tinggi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan lapisan aktif dapat meningkatkan penyerapan cahaya dan memperbaiki pengangkutan muatan, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan efisiensi sel surya. Pengujian dilakukan dengan ukuran karakteristik IV di bawah simulasi sinar matahari standar, yang menunjukkan peningkatan efisiensi konversi energi sebesar 15% dibandingkan dengan Struktur sel surya tanpa penambahan lapisan aktif. Analisis lebih lanjut menggunakan spektroskopi impedansi elektrokimia dan teknik karakterisasi material lainnya mengungkapkan bahwa peningkatan efisiensi ini disebabkan oleh pengurangan rekombinasi muatan dan peningkatan mobilitas elektron dalam lapisan aktif yang dimodifikasi. Temuan ini memberikan wawasan baru dalam desain dan fabrikasi sel surya a-Si:H, serta membuka peluang untuk pengembangan teknologi fotovoltaik yang lebih efisien dan ekonomis dengan menggunakan teknik RF-PECVD.

Singkatnya, penelitian ini menyelidiki pengaruh penambahan lapisan aktif pada struktur sel surya berbasis hidrogenasi amorphous silicon (a-Si:H) terhadap efisiensi konversi energi menggunakan teknik *Radio Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (RF-PECVD). Hasil menunjukkan bahwa modifikasi lapisan aktif secara signifikan meningkatkan efisiensi sel surya a-Si:H. Penambahan lapisan aktif yang dioptimalkan dari segi ketebalan dan komposisi material mampu meningkatkan penyerapan cahaya dan mengurangi rekombinasi pembawa muatan, sehingga menghasilkan peningkatan efisiensi konversi energi sebesar 15% dibandingkan dengan sel surya tanpa modifikasi. Teknik RF-PECVD memungkinkan kontrol presisi terhadap parameter deposisi, menghasilkan lapisan tipis berkualitas tinggi dengan kepadatan dan homogenitas yang optimal. Analisis lebih lanjut menunjukkan peningkatan mobilitas elektron dan pengurangan rekombinasi pembawa muatan dalam lapisan aktif yang dimodifikasi. Kesimpulannya, penambahan dan optimalisasi lapisan aktif menggunakan RF-PECVD merupakan pendekatan efektif untuk meningkatkan kinerja sel surya a-Si. Temuan ini memberikan wawasan baru dalam desain dan fabrikasi sel surya, serta membuka peluang untuk pengembangan teknologi fotovoltaik yang lebih efisien dan ekonomis. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi kombinasi material baru dan teknik deposisi yang lebih canggih guna terus meningkatkan efisiensi sel surya berbasis a-Si:H.

SARAN

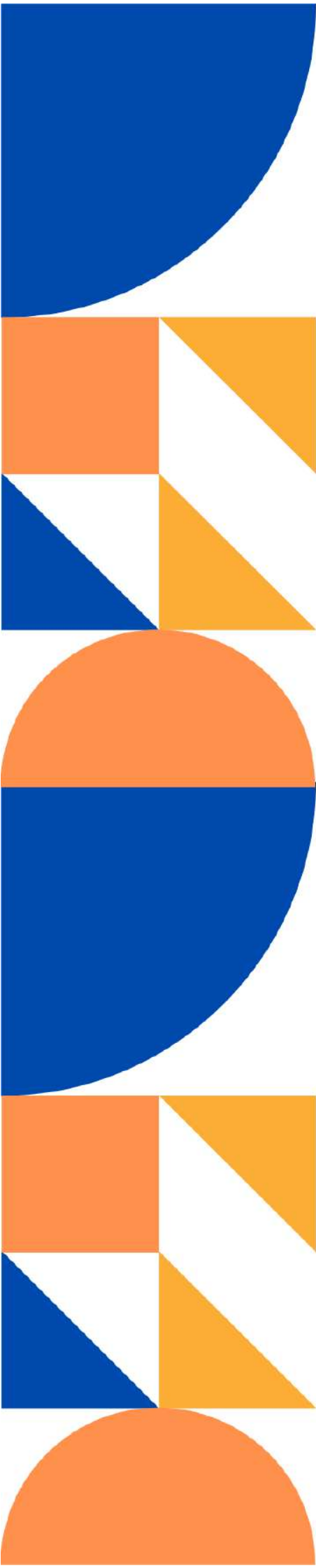
Untuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, saya merekomendasikan fokus pada analisis efisiensi sel surya a-Si:H dengan mempertimbangkan penyusun lapisan aktif. *Langkah pertama* adalah mendorong penelitian dan pengembangan berkelanjutan di bidang ini, melalui kerjasama dengan lembaga riset dan perguruan tinggi lokal. Dengan demikian, potensi untuk peningkatan efisiensi dan penurunan biaya produksi bisa terwujud. Selain itu, kolaborasi dengan industri baik lokal maupun internasional sangat penting untuk memperluas wawasan teknis dan akses terhadap sumber daya yang dibutuhkan. Infrastruktur yang mendukung penerapan sel surya, seperti sistem penyaluran listrik terbarukan dan kebijakan

pembangunan ramah lingkungan, juga harus diperkuat. Penguatan infrastruktur ini akan membuka jalan bagi adopsi yang lebih luas dari teknologi ini. Sosialisasi kepada masyarakat tentang manfaat penggunaan sel surya, disertai dengan pelatihan instalasi dan pemeliharaannya, akan meningkatkan pemahaman dan adopsi teknologi ini. *Terakhir*, penting untuk menetapkan metrik kinerja yang jelas dan melakukan pemantauan serta evaluasi rutin terhadap efisiensi dan kinerja sel surya yang terpasang di wilayah DKI Jakarta. Dengan demikian, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat memainkan peran penting dalam mendorong adopsi dan pengembangan teknologi sel surya a-Si:H, sambil mendukung upaya global dalam mengurangi emisi karbon dan melawan perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Beyer, W. (2003). Diffusion and evolution of hydrogen in hydrogenated amorphous and microcrystalline silicon. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 78(1), 235–267. [https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(02\)00438-5](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(02)00438-5).
- Cahyono, Y., Muttaqin, F. D., Maslakah, U., Baqiya, M. A., Zainuri, M., Yahya, E., Pratapa, S., & Darminto, D. (2017). Efek Staebler-Wronski dan Pengaruh Waktu Anil pada Lapisan Instrinsik Silikon Amorf Terhidrogenasi (α -Si:H). *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v13i2.2299>.
- Chittick, R. C., Alexander, J. H., & Sterling, H. F. (1969). The Preparation and Properties of Amorphous Silicon. *Journal of The Electrochemical Society*, 116(1), 77. <https://doi.org/10.1149/1.2411779>.
- Despotou, E. (2012). 1.10—Vision for Photovoltaics in the Future. In A. Sayigh (Ed.), *Comprehensive Renewable Energy* (pp. 179–198). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00109-8>.
- Duan, W., Qiu, Y., Zhang, L., Yu, J., Bian, J., & Liu, Z. (2014). Influence of precursor α -Si:H dehydrogenation on the aluminum-induced crystallization process. *Materials Chemistry and Physics*, 146(1), 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2014.03.012>.
- Dzedzickis, A., Bucinskas, V., Viržonis, D., Sesok, N., Ulcinas, A., Iljin, I., Sutiny, E., Petkevicius, S., Gargasas, J., & Morkvenaite-Vilkonciene, I. (2018). Modification of the AFM Sensor by a Precisely Regulated Air Stream to Increase Imaging Speed and Accuracy in the Contact Mode. *Sensors*, 18(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/s18082694>.
- Flewitt, A. J. (2016). Hydrogenated Amorphous Silicon Thin-Film Transistors (α -Si:H TFTs). In J. Chen, W. Cranton, & M. Fihn (Eds.), *Handbook of Visual Display Technology* (pp. 887–909). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14346-0_47.
- Illiberi, A., Kudlacek, P., Smets, A. H. M., Creatore, M., & van de Sanden, M. C. M. (2011). Effect of ion bombardment on the α -Si:H based surface passivation of c-Si surfaces. *Applied Physics Letters*, 98(24), 242115. <https://doi.org/10.1063/1.3601485>.
- Irvine, S. (2007). Solar Cells and Photovoltaics. In S. Kasap & P. Capper (Eds.), *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials* (pp. 1095–1106). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29185-7_46.
- Kasap, S., Koughia, C., Singh, J., Ruda, H., & O’Leary, S. (2007). Optical Properties of Electronic Materials: Fundamentals and Characterization. In S. Kasap & P. Capper (Eds.), *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials* (pp. 47–77). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29185-7_3.
- Morigaki, K., & Ogihara, C. (2007). Amorphous Semiconductors: Structure, Optical, and Electrical Properties. In S. Kasap & P. Capper (Eds.), *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials* (pp. 565–580). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29185-7_25.
- Pedrak, R., Ivanov, Tzv., Ivanova, K., Gotszalk, T., Abedinov, N., Rangelow, I. W., Edinger, K., Tomerov, E., Schenkel, T., & Hudek, P. (2003). Micromachined atomic force microscopy sensor with integrated piezoresistive sensor and thermal bimorph actuator for high-speed tapping-mode atomic force microscopy phase-imaging in higher eigenmodes. *Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures Processing, Measurement, and Phenomena*, 21(6), 3102–3107. <https://doi.org/10.1116/1.1614252>.
- Phillips, L. (2019). 9—Solar energy. In T. M. Letcher (Ed.), *Managing Global Warming* (pp. 317–

- 332). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00009-0>.
- Prayogi, S., Cahyono, Y., & Darminto, D. (2022). Electronic structure analysis of a-Si: H p-i-n solar cells using ellipsometry spectroscopy. *Optical and Quantum Electronics*, 54(11), 732. <https://doi.org/10.1007/s11082-022-04044-5>.
- Prayogi, S., Cahyono, Y., Iqballudin, I., Stchakovsky, M., & Darminto, D. (2021). The effect of adding an active layer to the structure of a-Si: H solar cells on the efficiency using RF-PECVD. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(6), 7609–7618. <https://doi.org/10.1007/s10854-021-05477-6>.
- Prior, K. A. (2005). SEMICONDUCTOR PHYSICS | Impurities and Defects. In R. D. Guenther (Ed.), *Encyclopedia of Modern Optics* (pp. 442–450). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369395-0/00624-2>.
- Wang, S.-H., Chang, H.-E., Lee, C.-C., Fuh, Y.-K., & Li, T. T. (2020). Evolution of a-Si:H to nc-Si:H transition of hydrogenated silicon films deposited by trichlorosilane using principle component analysis of optical emission spectroscopy. *Materials Chemistry and Physics*, 240, 122186. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122186>.



PEMANTAUAN ENERGI LISTRIK MENGUNAKAN ESP32, NODE-RED, INFLUXDB: STUDI KASUS

**Waluyo Nugroho^{1*}, Afianto², Mada Jimmy Fonda
Arifianto³, Syahril Ardi⁴**
^{1,2,3,4} Politeknik Astra Bekasi

e-mail: nugroho.research@gmail.com

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan, baik dari sumber terbarukan maupun tidak. Oleh karena itu, penting untuk memanfaatkannya dengan efisien (Siva Balan et al., 2023). Dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat, upaya penghematan energi dilakukan dengan berbagai cara agar efisien. Salah satunya melalui pemantauan penggunaan energi listrik, yang merupakan langkah awal untuk menghemat energi. Informasi yang tepat waktu dan akurat pada penggunaan energi tersebut sangat berguna untuk mengambil keputusan dalam mengelola efisiensi energi, baik di gedung maupun rumah. Selain untuk menghemat energi, sistem pemantauan juga berguna dalam merawat mesin atau peralatan listrik, seperti menentukan waktu penggantian motor listrik dan mengamati arus yang tidak normal dikarenakan alat sudah mulai menurun kinerjanya. Analisis berdasarkan pemantauan energi yang tersimpan di database juga bisa digunakan untuk mengetahui fluktuasi energi, seperti saat puncak penggunaan daya. Sebagai contoh, informasi energi yang spesifik, cepat, dan akurat pada mesin produksi dapat membantu perusahaan dalam menentukan biaya produksi sehingga harga produk tetap kompetitif.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah perkembangan Internet of Things (IoT) belakangan ini menjadi tren yang signifikan dalam meningkatkan kualitas hidup manusia. Teknologi IoT menggunakan konektivitas mesin-ke-mesin (M2M) dan melibatkan sensor nirkabel serta aktuator nirkabel untuk membantu pengguna dalam memantau dan mengendalikan perangkat dari jarak jauh. Kontrol perangkat dilakukan secara otomatis melalui perangkat komunikasi dengan mengirimkan data melalui jaringan, sehingga tidak memerlukan interaksi manusia antar manusia atau manusia ke komputer. IoT semakin berkembang dari sistem kendali manual menjadi sistem kendali otomatis berbasis internet, dan berbagai solusi telah ditemukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia dengan menggunakan teknologi IoT.

Salah satu bentuk penerapan IoT yang berpotensi memengaruhi kehidupan manusia sehari-hari adalah pemantauan jarak jauh energi listrik, dengan tujuan menghemat penggunaan energi listrik. Permintaan akan pemantauan konsumsi listrik dari jarak jauh semakin meningkat, terutama di sektor industri dengan teknologi telemetri. Penggunaan meteran listrik pintar telah memungkinkan pemantauan total konsumsi energi rumah tangga, namun sering kali dibatasi dalam pengambilan data beberapa kali sehari. Namun, kemampuan untuk memperoleh data konsumsi energi secara real-time akan memungkinkan pengembangan solusi inovatif terhadap permasalahan saat ini. Fleksibilitas menjadi aspek kunci dari sistem pemantauan energi, di mana sistem harus mampu memantau dan mengumpulkan data dengan tingkat akurasi yang diperlukan, dan melakukan pengambilan data secara terus-menerus.

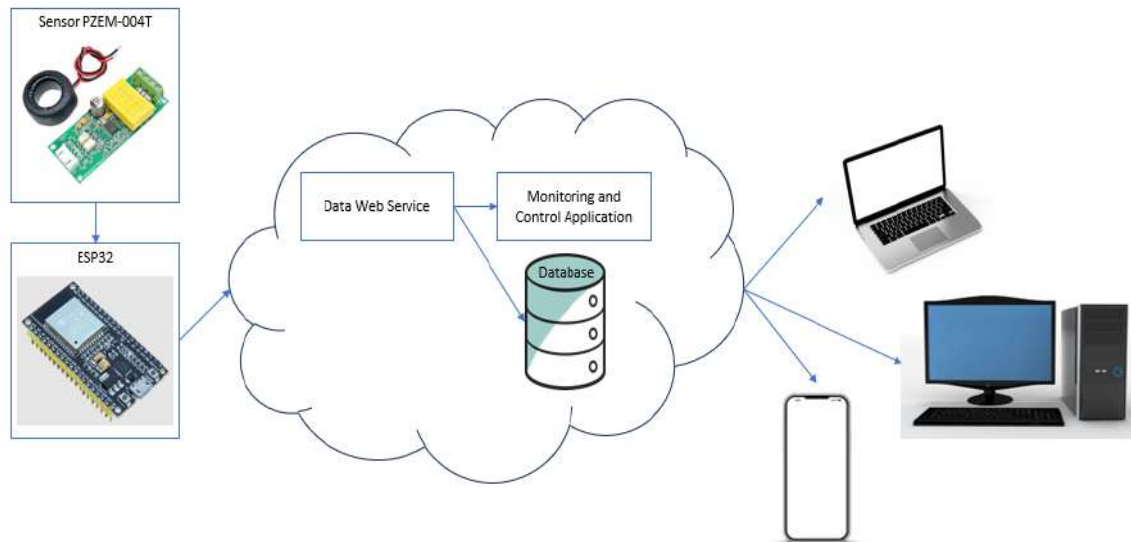
Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem monitoring energi listrik berbasis web. Data pemantauan terdiri dari tegangan dan arus listrik. Perangkat hardware yang digunakan meliputi: modul mikrokontroler esp32, sensor daya listrik PZEM-004T. Sedangkan visualisasi data dashboard monitoring menggunakan software node-red. Hasil dari pembacaan sensor akan disimpan dalam database influxDB dan divisualisasikan dalam bentuk grafik dan data.

PEMBAHASAN

Desain Sistem Monitoring Energi Listrik

Dalam penelitian ini, dibahas tentang sistem monitoring energi dengan IoT yang real-time dan berbiaya rendah. Sistem ini dimaksudkan untuk menjadi bagian dari sistem terdistribusi yang

memantau parameter jaringan listrik yang penting dan menyediakan kemampuan untuk mengendalikan pembangkit listrik secara lengkap (Selvaraj et al., 2023). Server online interaktif dapat berbagi data dengan peralatan penyeimbang beban dan mengumpulkan statistik penggunaan energi serta kualitas daya. Kecepatan akses data menjadi salah satu fitur utama dari perangkat ini, dan integrasi meter pintar dengan kemampuan komunikasi digital memungkinkan akses data baik secara lokal maupun jarak jauh (Tekler et al., 2022). Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol konsumsi listrik perangkat mereka sekaligus memantau biaya listrik yang dikeluarkan. Adanya pengukuran harga real-time merupakan salah satu tujuan utama dari upaya ini. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem.

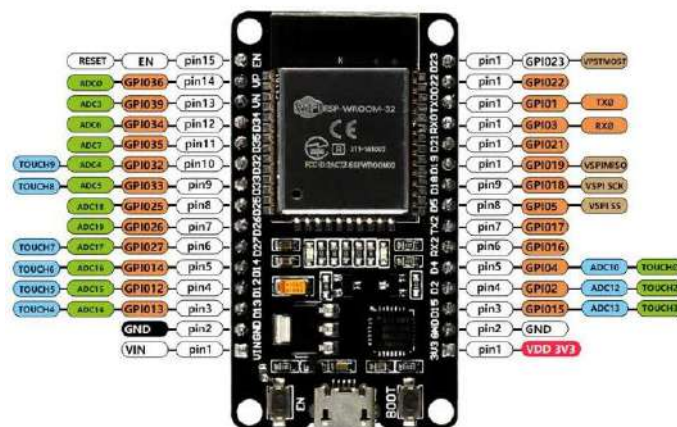


Gambar 16. Diagram Blok Konsep Sistem

Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan produk yang dikembangkan oleh SparkFun Electronics. Ini adalah salah satu mikrokontroler yang memiliki harga terjangkau, konsumsi daya rendah, dan ukuran kecil, dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth. Rentang tegangan operasi papan ini adalah 2,2 V hingga 3,6 V, dan dapat diberi daya melalui kabel USB 5 V atau baterai (Abu Sneineh & Shabaneh, 2023). Mikrokontroler ini diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino Integrated Development Environment (IDE) (Abu Sneineh & Shabaneh, 2023). Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk menulis program sesuai kebutuhan dan mengunggahnya ke papan melalui kabel USB. Dalam proyek ini, mikrokontroler ESP32 diatur sebagai Klien MQTT menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Perpustakaan Klien MQTT yang digunakan disebut PubSubClient. Program ini dirancang untuk mengumpulkan nilai-nilai real-time yang diukur dari variabel yang ditentukan, menampilkan nilai-nilai tersebut pada Monitor Serial Arduino IDE, dan secara terus-menerus menerbitkan data real-time ke Broker MQTT. Gambar 2 menunjukkan diagram fungsi pin dari mikrokontroler ESP32.

ESP32 ESP32S 30P



Gambar 2. Pinout Mikrokontroler ESP32

Sensor Arus dan Tegangan PZEM-004T

Sensor arus dan tegangan yang digunakan adalah PZEM-004T. Sensor PZEM-004T adalah sebuah perangkat meteran pintar yang umum digunakan untuk mengukur konsumsi listrik (Mudaliar & Sivakumar, 2020). Perangkat ini sangat berguna untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi. Meteran pintar ini dilengkapi dengan antarmuka serial TTL dan fitur deteksi beban berlebih. Komponen utama dari modul PZEM-004T adalah chip SD3004. Versi PZEM-004T 100 Ampere menggunakan model *Current Transformer split-core*. Konfigurasi ini memberikan keunggulan dalam hal kemudahan penggunaan karena dapat dipasang langsung ke kabel jaringan listrik yang ada tanpa memerlukan pelepasan kabel. Gambar 3 menunjukkan bentuk fisik sensor arus dan tegangan PZEM-004T.



Gambar 3. Sensor Arus dan Tegangan PZEM-004T

Node-Red

Node-RED merupakan sebuah alat berbasis browser yang digunakan untuk membuat aplikasi Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan pemrograman visual (Sorongan et al., 2023). Lingkungan visual ini mempermudah pengguna dalam membuat aplikasi sebagai aliran, yang terdiri dari node-node yang saling terhubung dan masing-masing node menjalankan tugas tertentu. Meskipun Node-RED awalnya dirancang untuk Internet of Things (IoT), namun alat ini juga dapat digunakan untuk tujuan umum dan berbagai aplikasi. Nama "Node" digunakan karena implementasinya sebagai aplikasi anoda, meskipun dari perspektif pengguna, ini hanya merupakan detail dari implementasi internal. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan Node-RED untuk mengintegrasikan data dari meteran daya ke IoT Gateway dan membuat dashboard lokal. Tampilan dashboard Node-Red ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Display Dashboard Node-Red

Database InfluxDB

InfluxDB adalah sebuah sistem penyimpanan data deret waktu yang khusus, ditulis dalam bahasa pemrograman Go (Giacobbe et al., 2020). Dikompilasi menjadi satu file biner tanpa memerlukan ketergantungan eksternal tambahan, InfluxDB sering digunakan dalam situasi di mana data dalam jumlah besar dengan penanda waktu sangat penting, seperti dalam lingkup DevOps, konteks aplikatif, dan analisis real-time dari Internet of Things (IoT), sehingga mampu mengakomodasi cakupan yang luas dari IoT.

Beberapa fitur utama yang dimiliki InfluxDB adalah penyimpanan data deret waktu, tidak memerlukan ketergantungan eksternal, efisiensi kinerja tinggi, ql (query language), serta integrasi dengan ekosistem iot. InfluxDB dapat diintegrasikan dengan berbagai alat dan platform IoT, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Gambar 5 menunjukkan tampilan database menggunakan InfluxDB.



Gambar 5. Tampilan Database InfluxDB

Implementasi Sistem

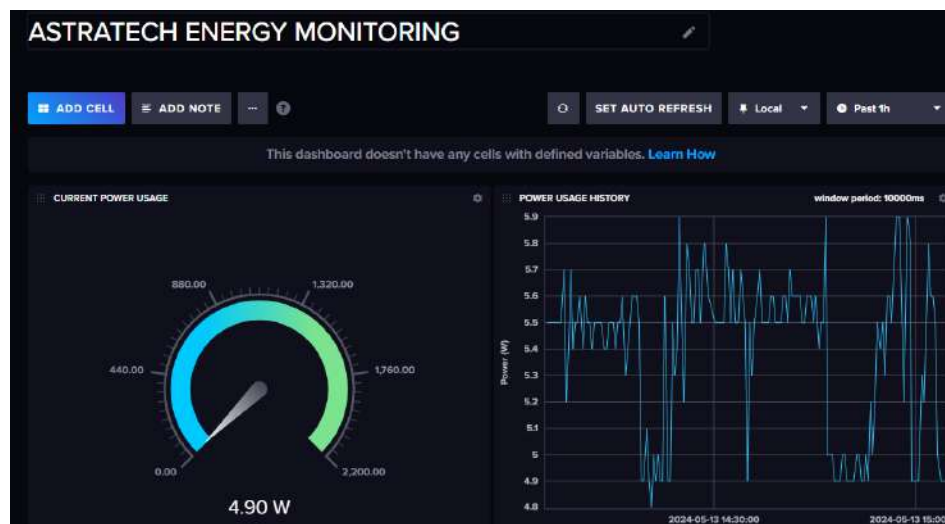
Pemantauan energi listrik dengan IoT dapat diimplementasikan untuk gedung komersil, industri manufaktur, atau rumah tangga. Studi kasus yang sudah dilakukan adalah melakukan pemantauan energi listrik di beberapa laboratorium Mekatronika di Politeknik Astra. Pada panel utama laboratorium dipasang sensor PZEM-004T sebagai deteksi arus dan tegangan yang digunakan masing-masing laboratorium. Sensor tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 yang berada dalam satu panel. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk membaca data

sensor, serta mengolah data tersebut sehingga data dapat dikirim ke *software* node-red, dan database InfluxDB. Gambar 6 menunjukkan panel utama beserta sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP32.



Gambar 6. Panel Utama Laboratorium Mekatronika

Kondisi pemakaian energi listrik setiap laboratorium dapat dilihat di website yang sudah terintegrasi. Sehingga kondisi total pemakaian dan pembacaan data setiap menit dapat dengan mudah dipantau dengan laptop atau handphone. Tampilan website yang sudah terintegrasi ditunjukkan pada Gambar 7 menunjukkan website pemantauan energi.



Gambar 7. Website Pemantauan Energi

Sistem pemantauan energi listrik tidak hanya di implementasikan di panel listrik, tetapi juga dibuat miniatur/maket industry dalam bentuk 3 Dimensi (3D). Hal ini diperlukan untuk membuat simulasi pemantauan energi dan system kendali mesin di industri. Gambar 8 menunjukkan miniatur industry yang digunakan untuk simulasi pemantauan energi listrik.



Gambar 9. Miniatur industri untuk pemantauan energi listrik

Tantangan dan Potensi Hambatan

Tantangan dan potensi hambatan pada sistem pemantauan energi listrik meliputi: Pengadaan dan instalasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk sistem pemantauan energi listrik dapat menjadi mahal, terutama untuk organisasi atau rumah tangga dengan anggaran terbatas (Rao et al., 2024). Sehingga diperlukan adanya investasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk implementasi. Sistem pemantauan energi listrik sering melibatkan teknologi yang kompleks, seperti sensor, perangkat pengukuran, gateway, server, dan perangkat lunak pengelolaan data. Memahami dan mengelola semua komponen ini dengan benar dapat menjadi tantangan, terutama bagi pengguna yang kurang berpengalaman dalam teknologi tersebut. Sosialisasi dalam penggunaan perangkat harus dilakukan secara menyeluruh, sehingga dalam pemakaian dan perawatan sistem dapat berjalan dengan lancar, sehingga mencegah kondisi *error* pada sistem (Bian et al., 2021).

Sistem pemantauan energi listrik yang terhubung secara nirkabel memerlukan sinyal yang stabil dan kuat untuk mentransmisikan data dengan akurat. Tantangan ini bisa muncul di lingkungan yang memiliki gangguan sinyal atau jaringan yang lemah (Alishahi et al., 2021). Solusi yang dapat diberikan dengan menambahkan *access point* dan internet di beberapa tempat sehingga area untuk melakukan akses semakin luas. Perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem pemantauan energi listrik memerlukan pemeliharaan rutin untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Ini termasuk perawatan, pembaruan perangkat lunak, dan penggantian baterai pada perangkat nirkabel. Perawatan secara berkala harus dilakukan sehingga menghindari kondisi tidak normal pada perangkat keras dan perangkat lunak. Data yang dikumpulkan dan disimpan oleh sistem pemantauan energi listrik dapat sensitif dan harus dilindungi dari ancaman keamanan, seperti peretasan atau pencurian data. Ini memerlukan langkah-langkah keamanan yang kuat, termasuk enkripsi data dan pengaturan akses yang tepat. Sehingga harus ditambahkan autentikasi keamanan pada aplikasi dan database sistem.

Pengembangan Sistem di Masa Depan

Teknologi Internet of Things (IoT) akan terus berkembang, memungkinkan penggunaan sensor yang lebih canggih dan terhubung untuk pemantauan energi yang lebih akurat dan efisien (Díaz et al., 2024). Sensor yang lebih pintar akan mampu mengumpulkan data secara lebih detail. Kemajuan dalam analitik data dan kecerdasan buatan akan memungkinkan sistem pemantauan energi untuk menganalisis data secara lebih kompleks dan menemukan pola atau tren yang tidak terlihat sebelumnya (A et al., 2023). Ini akan memungkinkan pengguna untuk

mengoptimalkan penggunaan energi dengan lebih baik dan membuat keputusan yang lebih cerdas (Díaz et al., 2024).

Sistem pemantauan energi akan semakin menjadi bagian dari infrastruktur yang responsif dan adaptif, yang dapat menyesuaikan penggunaan energi berdasarkan permintaan dan kondisi jaringan (Bellini et al., 2022). Ini dapat mencakup penggunaan energi yang lebih adaptif, pemrograman beban yang lebih cerdas, dan pengaturan energi yang dinamis. Grid listrik akan menjadi lebih terintegrasi dan lebih cerdas, dengan sistem pemantauan energi yang dapat berkomunikasi dan berkolaborasi dengan baik dengan infrastruktur grid (Gozuoglu et al., 2024). Ini akan memungkinkan pengoptimalan yang lebih baik dari sumber daya energi yang tersedia dan mengurangi risiko gangguan atau kegagalan dalam penyediaan energi.

Semakin meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan perlunya mengurangi emisi karbon, sistem pemantauan energi akan semakin fokus pada pemantauan dan pengelolaan energi yang berkelanjutan (Magrini et al., 2022). Ini dapat mencakup integrasi energi terbarukan, pemantauan emisi karbon, dan pengoptimalan penggunaan energi untuk mengurangi dampak lingkungan. Di lingkungan perkotaan, pengembangan infrastruktur pintar akan memainkan peran penting dalam sistem pemantauan energi. Hal ini melibatkan penggunaan sensor yang terhubung dan teknologi IoT untuk mengelola penggunaan energi di kota-kota besar dengan lebih efisien dan efektif.

Pengembangan teknologi penyimpanan energi yang lebih maju memungkinkan sistem pemantauan energi lebih fleksibel. Sehingga dalam mengelola pasokan energi, dapat dilakukan secara seimbang pasokan dan permintaan energi. Hal ini dapat mencakup penggunaan baterai, penyimpanan panas, atau teknologi penyimpanan energi lainnya yang inovatif.

KESIMPULAN

Pemantauan energi listrik di industri manufaktur atau industri rumah tangga sangat penting untuk mempersiapkan energi hijau di masa depan. Kondisi sekarang, masih ada beberapa industri rumah tangga yang belum menggunakan monitor energi. Fokus dari penelitian ini adalah mengembangkan alat pengukur energi yang dapat diterapkan pada setiap peralatan listrik. Mengetahui informasi penggunaan energi dari setiap perangkat secara real-time merupakan langkah awal dalam upaya penghematan energi listrik. Hasil pemantauan listrik akan membantu pengambilan keputusan terkait penggunaan yang efisien, seperti penjadwalan sistem produksi dan pemeliharaan preventif. Sistem pemantauan dan pengendalian energi yang diusulkan dalam penelitian ini melibatkan pengembangan perangkat keras yang menggunakan mikrokontroler ESP32, dan sensor energi PZEM-004T. Perangkat lunak pada sistem penelitian ini, yaitu Node-RED sebagai pengembangan dashboard dan backend, kemudian database InfluxDB digunakan sebagai manajemen basis data, dan visualisasi data. Prototipe yang telah berhasil dibuat memiliki fitur yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menampilkan konsumsi listrik masing-masing perangkat secara individu dan memantau mereka dalam jangka waktu tertentu.

Pemantauan dan pengendalian energi listrik dapat dilakukan menggunakan perangkat berbasis mikrokontroler yang terhubung ke gateway dan server. Pengguna dapat memantau dan mengendalikan perangkat listrik melalui komputer klien yang terhubung ke jaringan yang sama. Implementasi pemantauan energi listrik tidak hanya di rumah tangga, tetapi bisa lebih luas

untuk pemantauan listrik di industri. Sistem informasi yang mendukung penelitian ini melibatkan server (Raspberry Pi) dan infrastruktur jaringan WiFi. Pada server, terdapat perangkat lunak pendukung seperti Ubuntu sebagai sistem operasi, Node-RED untuk pengembangan dashboard dan komunikasi menggunakan MQTT, InfluxDB untuk manajemen basis data, serta Grafana untuk visualisasi data.

Sistem pemantauan energi akan menjadi bagian dari infrastruktur yang responsive, adaptif, serta menyesuaikan penggunaan energi berdasarkan permintaan dan kondisi jaringan. Permintaan untuk pemantauan konsumsi listrik dari jarak jauh semakin meningkat, terutama di sektor industri dengan teknologi telemetri. Kemampuan untuk memperoleh data konsumsi energi secara real-time akan membuka peluang untuk solusi inovatif. Kondisi saat ini membuat pertanyaan bagaimana cara meningkatkan sistem digitalisasi dan melakukan implementasi secara luas?

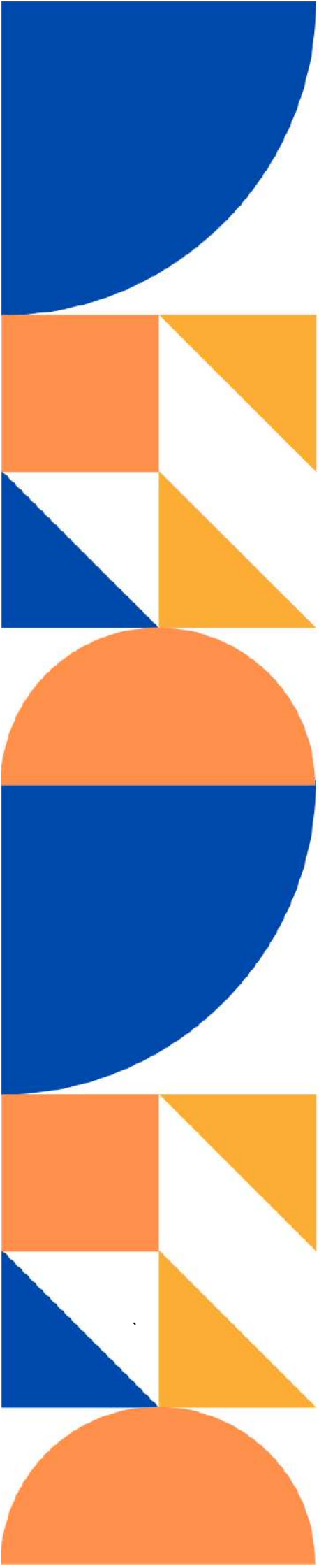
SARAN

Kebijakan yang dapat diusulkan dalam sistem pemantauan energi listrik bagi pemerintah dan masyarakat, sebagai berikut:

1. Standar dan Regulasi: Pemerintah dapat mengeluarkan standar dan regulasi yang mengatur penggunaan dan implementasi sistem pemantauan energi listrik. Ini termasuk standar untuk perangkat keras dan perangkat lunak pemantauan energi, persyaratan pelaporan energi, dan pedoman untuk privasi dan keamanan data.
2. Pelatihan dan Pendidikan: Pemerintah dapat menyediakan program pelatihan dan pendidikan untuk membantu masyarakat dan industri memahami dan mengadopsi teknologi pemantauan energi listrik dengan lebih baik. Ini dapat mencakup pelatihan teknis tentang cara menginstal dan mengoperasikan perangkat pemantauan energi, serta pendidikan tentang pentingnya efisiensi energi dan keberlanjutan.
3. Inisiatif Penelitian dan Pengembangan: Pemerintah dapat mendukung inisiatif penelitian dan pengembangan dalam teknologi pemantauan energi listrik melalui hibah riset, kemitraan industri-akademisi, atau pusat inovasi energi. Ini akan membantu mendorong inovasi dalam teknologi pemantauan energi listrik dan mempercepat pengembangan solusi yang lebih efisien dan efektif.
4. Kemitraan Publik-Swasta: Pemerintah dapat membentuk kemitraan dengan sektor swasta untuk memfasilitasi investasi dan pengembangan sistem pemantauan energi listrik. Ini dapat mencakup program kemitraan publik-swasta untuk membangun infrastruktur pemantauan energi, proyek demonstrasi teknologi, atau program insentif untuk investasi swasta dalam pemantauan energi.
5. Monitoring dan Pelaporan Kinerja Energi: Pemerintah dapat mewajibkan industri, perusahaan, dan organisasi besar untuk memantau dan melaporkan penggunaan energi mereka secara berkala. Ini akan membantu pemerintah memahami tren penggunaan energi, mengidentifikasi peluang efisiensi, dan mengukur kemajuan dalam pencapaian target energi nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- A, L., J, D. N., A, G., Ganesh, V., Sathik, M. J., K, V., & D, R. (2023). Smart energy monitoring and power quality performance based evaluation of 100-kW grid tied PV system. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17274>
- Abu Sneineh, A., & Shabaneh, A. A. A. (2023). Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things. *MethodsX*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102401>
- Alishahi, N., Nik-Bakht, M., & Ouf, M. M. (2021). A framework to identify key occupancy indicators for optimizing building operation using WiFi connection count data. *Building and Environment*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107936>
- Bellini, P., Nesi, P., & Pantaleo, G. (2022). IoT-Enabled Smart Cities: A Review of Concepts, Frameworks and Key Technologies. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12031607>
- Bian, S., Li, C., Fu, Y., Ren, Y., Wu, T., Li, G. P., & Li, B. (2021). Machine learning-based real-time monitoring system for smart connected worker to improve energy efficiency. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.08.009>
- Díaz, A. F., Prieto, B., Escobar, J. J., & Lampert, T. (2024). Vampire: A smart energy meter for synchronous monitoring in a distributed computer system. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2023.104794>
- Giacobbe, M., Chaouch, C., Scarpa, M., & Puliafito, A. (2020). An Implementation of InfluxDB for Monitoring and Analytics in Distributed IoT Environments. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 146, 155–162. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21005-2_15
- Gozuoglu, A., Ozgonenel, O., & Gezeğin, C. (2024). CNN-LSTM based deep learning application on Jetson Nano: Estimating electrical energy consumption for future smart homes. In *Internet of Things (Netherlands)* (Vol. 26). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101148>
- Magrini, A., Marenco, L., & Bodrato, A. (2022). Energy smart management and performance monitoring of a NZEB: Analysis of an application. *Energy Reports*, 8, 8896–8906. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.010>
- Mudaliar, M. D., & Sivakumar, N. (2020). IoT based real time energy monitoring system using Raspberry Pi. *Internet of Things (Netherlands)*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100292>
- Rao, C. K., Sahoo, S. K., & Yanine, F. F. (2024). An internet of things–based intelligent smart energy monitoring system for solar photovoltaic applications. In *Performance Enhancement and Control of Photovoltaic Systems* (pp. 375–416). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13392-3.00019-0>
- Selvaraj, R., Kuthadi, V. M., & Baskar, S. (2023). Smart building energy management and monitoring system based on artificial intelligence in smart city. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103090>
- Siva Balan, R. V., Gouri, M. S., Senthilnathan, T., Gondkar, S. R., Gondar, R. R., Loveline Zeema, J., & Jothikumar, R. (2023). Development of smart energy monitoring using NB-IOT and cloud. *Measurement: Sensors*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100884>
- Sorongan, E., Kango, R., & Suhaedi, S. (2023). The Application of Energy Management Systems Using the Internet of Things to Improve the Efficiency of Electrical Energy Usage in the MSMEs Sector. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(1), 26. <https://doi.org/10.33387/protk.v10i1.5042>
- Tekler, Z. D., Low, R., & Blessing, L. (2022). User perceptions on the adoption of smart energy management systems in the workplace: Design and policy implications. *Energy Research and Social Science*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102505>



SISTEM *MONITORING* STASIUN PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK UMUM BERBASIS KECERDASAN BUATAN UNTUK MEMBANGUN EKOSISTEM KENDARAAN LISTRIK

**Yohanes Climacus Sutama^{1*}, Rusdi Febriyanto²,
Afitro Adam Nugraha³,
Jeremi E. Sihombing⁴**
^{1,2,3,4} Politeknik Astra Jakarta

e-mail: yohanes.csutama@polytechnic.astra.ac.id

PENDAHULUAN

Tantangan perubahan iklim global telah berkembang menjadi isu penting bagi peradaban manusia yang disebabkan oleh pelepasan gas rumah kaca. Penggunaan bahan bakar fosil pada sektor transportasi menjadi penyumbang merupakan gas rumah kaca dan sumber emisi karbon dioksida (CO₂) terbesar kedua ke atmosfer (Huda, Aziz, and Tokimatsu 2019). Untuk mengatasi dan memitigasi emisi ini, sangat penting untuk menerapkan kebijakan ekonomi yang bijaksana, peraturan energi, dan mandat kebijakan lingkungan (Nugraha et al. 2021). Banyak negara menerapkan strategi transisi bertahap pada bidang transportasi dengan mendorong kendaraan listrik menggantikan kendaraan bermesin pembakaran internal untuk memenuhi target 100% nol emisi yang menetapkan batas waktu pada tahun 2050 (Veza et al. 2023).

Pemerintah Indonesia juga menerapkan strategi tersebut dan berkomitmen dalam transisi ini. Sejak tahun 2019, Pemerintah Indonesia memperkuat dukungannya terhadap pengembangan industri kendaraan listrik dalam negeri melalui beberapa kebijakan fiskal dan non-fiskal untuk mendorong konsumen membeli kendaraan listrik. Menurut penelitian Setiawan et al. (2022), menunjukkan kebijakan pemberian insentif dan pengurangan pajak untuk mengurangi biaya pembelian dan kepemilikan kendaraan listrik kepada konsumen mendorong secara efektif meningkatkan penggunaan kendaraan listrik dalam jangka. Sejalan dengan penelitian tersebut, menurut databoks, sepanjang 2023 volume penjualan wholesale mobil listrik berbasis baterai (BEV) di Indonesia mencapai 17,06 ribu unit meningkat 70% dibanding tahun lalu (Ahdiat 2024). Jumlah tersebut sudah melebihi prediksi pada proyeksi penggunaan mobil listrik di Indonesia tahun 2021-2030 yang disusun oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dimana pada proyeksi tersebut diprediksi pengguna mobil listrik sebanyak 16 ribu unit pada tahun 2025 (Yoshio 2021).

Jika tren positif ini terus berlanjut dan tidak didukung dengan pembangunan infrastruktur dan teknologi pendukung, maka akan berdampak buruk dan menghambat proses transisi pada bidang transportasi. Mayoritas populasi mobil listrik berada dan beroperasi di kota besar. Sehingga pembangunan infrastruktur dan teknologi pendukung kendaraan listrik seperti Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di kota besar harus terus dilakukan. Hal ini sangat penting untuk menyeimbangkan rasio jumlah kendaraan di banding SPKLU. DKI Jakarta sebagai salah satu kota besar di Indonesia pada tahun 2023 hanya memiliki sebanyak 258 unit (Muhamad 2024). Jumlah ini masih tergolong sedikit dan dimasa mendatang akan menimbulkan masalah ketidakselarasan rasio yang berakibat pada antrian kendaraan yang melakukan charging.

Hasil penelitian Pamidimukkala et al. (2023a) mengemukakan faktor-faktor yang memengaruhi keinginan individu untuk mengadopsi Individu dalam penggunaan kendaraan listrik. Faktor-faktor tersebut dikategorikan menjadi empat tipe utama (kontekstual, situasional, demografi, dan psikologis). Faktor yang paling banyak dikutip dalam penerapan kendaraan listrik adalah kurangnya ketersediaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum dan terbatasnya jarak tempuh, pengurangan polusi udara, dan ketersediaan insentif kebijakan. Penelitian lain dari Pamidimukkala et al. (2023b) mendukung hipotesis ini bahwa hambatan infrastruktur berdampak negatif secara signifikan terhadap niat untuk mengadopsi kendaraan listrik. Pemuatan faktor tertinggi sebesar 0,838 dalam model pengukuran menunjukkan bahwa kurangnya infrastruktur pengisian daya publik dapat menjadi penyebab permasalahan ini. Infrastruktur pengisian daya yang tidak memadai mengurangi kemampuan beradaptasi dan kenyamanan bagi pengguna, sehingga mengurangi daya tarik pengoperasian kendaraan listrik.

Infrastruktur pengisian daya kendaraan dianggap sangat penting karena kendaraan listrik tidak seperti kendaraan pembakaran dalam yang hanya memerlukan waktu sebentar untuk melakukan ulang bahan bakar. Mungkin untuk kendaraan roda dua tidak terlalu menjadi masalah dengan adanya sistem tukar baterai atau *swap* baterai. Permasalahan pentingnya Infrastruktur pengisian daya muncul pada kendaraan listrik untuk angkutan massal dan barang seperti mobil listrik, bus listrik, dll. Kendaraan yang masuk kategori itu tidak dapat melakukan penukaran baterai dan harus dilakukan pengisian listrik ke baterai dengan waktu yang lama. Pengisian ini tergantung dari teknologi yang diakomodasi oleh masing masing kendaraan listrik mulai dari level 1 sampai level 3 dengan durasi waktu 12 jam sampai yang paling singkat 30 menit.

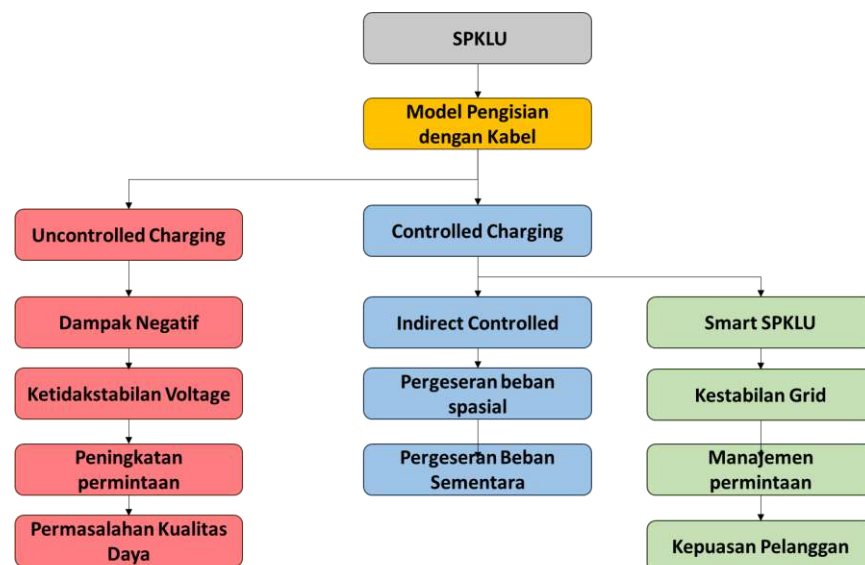
Oleh karena itu, penambahan dan pengembangan infrastruktur pengisian daya sangat berdampak pada adopsi penggunaan kendaraan listrik. Saat ini, jumlah stasiun pengisian kendaraan listrik terbatas sehingga selain menambah jumlah kita juga perlu mengoptimalkan teknologi monitoring yang dapat memfasilitasi pengguna untuk mengetahui berbagai informasi SPKLU ini. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan sistem monitoring adalah *Artificial Intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan yang digunakan untuk sistem monitoring Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) akan dapat memberikan saran pemilihan lokasi dan penempatan pengisi daya berdasarkan pertimbangan jarak, status pemakaian, dan durasi pemakaian. Semakin banyak data yang didapat kecerdasan buatan akan dapat memprediksi perilaku pengisian pengguna, optimalkan jadwal pengisian daya, dan memberikan saran penempatan stasiun pengisian daya yang optimal sebagai integrasi jaringan dan penyeimbangan beban.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) memiliki beberapa klasifikasi ini yang menyebabkan banyaknya tipe dan jenis. Sehingga kita sebagai pengguna harus cermat dalam menentukan jenis yang kita gunakan. Jenis diproduksi berdasarkan kebutuhan jaringan listrik masing-masing negara dikarenakan variasi voltase dan frekuensi di seluruh dunia. Umumnya terdiri dari empat jenis: (i) Level 1, (ii) Level 2, (iii) Pengisian DC, dan (iv) Supercharging (Chandra, Singh, and Samuel 2024).

- i. Pengisian daya level 1 merupakan salah satu metode pengisian daya AC paling lambat, karena hanya dapat menghasilkan daya hingga 2,3 kW. Tegangan dan arus untuk pengisian daya ini dibatasi hingga 120 V dan 15 A. Pengisian daya memerlukan waktu 10–13 jam dan digunakan di rumah atau kantor. Keuntungan dari tingkat pengisian ini adalah memberikan biaya permintaan di luar jam sibuk yang rendah.
- ii. Pengisian daya level 2 merupakan teknik pengisian AC semi cepat dengan suplai tegangan 240 V per fasa dengan arus maksimum 80 A, dan daya berkisar antara 3 hingga 22 kW. Dibutuhkan 8 jam untuk mengisi daya dan lebih hemat energi. Ini lebih mahal dan sangat berdampak pada banyaknya permintaan pemasangan dibandingkan dengan pengisi daya level 1.
- iii. Pengisian DC adalah teknik pengisian daya cepat yang digunakan di publik, dengan daya ekstrem 400 kW atau lebih. Kisaran tegangan dan arus suplai sangat tinggi, yaitu 500 V hingga 1500 V dan 40 A hingga 400 A. Pengisian daya memerlukan waktu maksimal 1 jam. Kelemahan utamanya adalah biayanya yang mahal, memerlukan keselamatan ekstra, meningkatkan puncak beban, dan dapat menyebabkan kesulitan dalam pengoperasian kendaraan listrik dalam cuaca dingin.
- iv. Supercharger merupakan pengisian daya diproduksi oleh Tesla yang beroperasi dengan pengisian daya pada tegangan 120 V, 240 V, 400 V, atau tinggi. Daya keluaran

berkisar antara 120 kW hingga 250 kW dan mengisi daya kendaraan listrik dalam 0,33 jam. Hal ini bergantung pada kapasitas baterai atau SoC pada tingkat pengisian daya tertentu. Ini menyediakan pengisian daya berkecepatan tinggi.

Selain itu, variasi diklasifikasi seperti Gambar 1. yang menjelaskan tentang metode perbandingan jenis SPKLU (Subashini and Vijayan 2023). Metode konvensional untuk mengisi daya kendaraan listrik adalah dengan mencolokkannya ke jaringan listrik, yang umumnya dikenal sebagai pengisian daya yang ‘tidak terkontrol’ atau ‘tidak terkoordinasi’. Namun, pengisian daya yang tidak terkontrol dapat menimbulkan dampak buruk jika jumlah pengisian daya meningkat atau jika waktu pengisian daya bertepatan dengan penggunaan jaringan puncak. Sedangkan Metode pengisian daya cerdas telah menjadi fitur penting untuk pengisian daya kendaraan listrik, khususnya di lingkungan dengan sumber daya terbatas. Hal ini memungkinkan Kendaraan listrik untuk diisi ulang secara terkendali menggunakan berbagai jenis persyaratan kontrol. Pengisian daya cerdas telah terbukti memberikan manfaat ekonomi dalam hal kesehatan baterai, sehingga meningkatkan masa pakai baterai dan mengurangi degradasi baterai, dibandingkan dengan pengisian daya yang tidak terkoordinasi. Pengisian daya cerdas menggabungkan pelanggan, operator jaringan, dan agregator ke dalam jaringan pintar dan menghubungkan mereka melalui fasilitas komunikasi yang andal.



Gambar 1. *Uncontrolled VS Smart Charging*

Mengacu pada kepuasan pelanggan secara garis besar menurut penelitian (Subashini and Vijayan 2023) menyatakan bahwa main parameter yang dibutuhkan oleh pelanggan kemudahan untuk mengetahui 1) waktu pengisian daya, 2) waktu tunggu, 3) parameter dukungan komunikasi. Menerapkan pendekatan yang berpusat pada pelanggan sering kali memerlukan pemanfaatan teknologi dan inovasi. Hal ini dapat melibatkan penerapan solusi aplikasi perangkat lunak canggih untuk memantau dan mengelola jaringan pengisian daya, mengembangkan aplikasi seluler untuk pengguna, dan menggabungkan *Artificial Intelligence* (AI) untuk pemeliharaan prediktif dan optimalisasi layanan yang lebih baik (Sabyasachi et al. 2024). Aplikasi seluler untuk memudahkan pelanggan mengakses dan mengetahui berbagai hal tentang Infrastruktur SPKLU pintar yang dapat menampilkan data *real-time* dapat dipantau, disimpan, dan diambil kapan pun diperlukan melalui internet cloud (Hemavathi and Shinisha 2022). Pengguna kendaraan listrik dapat mengirim permintaan melalui aplikasi seluler yang diinstal pada perangkat seluler pintar. Pengguna dapat memperoleh informasi tentang lokasi

stasiun, ketersediaan pengisian daya, layanan pembayaran, dan harga *real-time* melalui aplikasi.

PEMBAHASAN

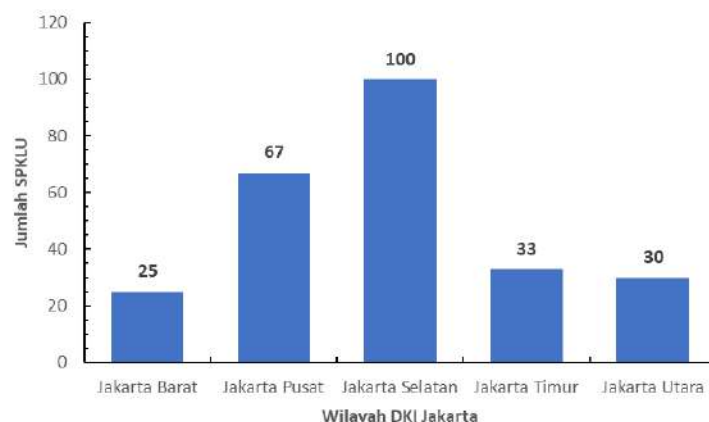
Material dan Instrumen

Dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif memanfaatkan analisa deskriptif dari data sekunder dari berbagai referensi jurnal, buku, internet dan lainnya sebagai teknik pengumpulan data. Dalam pembahasan penelitian mengkaji mengenai Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang berada di daerah DKI Jakarta. Peneliti menggunakan strategi PDCA sebagai upaya optimalisasi. Strategi PDCA merupakan strategi yang terdiri dari *Plan*, *Do*, *Check* dan *Act* yang merupakan suatu siklus untuk meningkatkan proses optimalisasi suatu produk untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Pemecahan masalah menggunakan 4 langkah yaitu perencanaan, pengerjaan, pemeriksaan, tindak lanjut dan dikaitkan dengan kebijakan dan dukungan pemerintah dalam rencana mengembangkan optimalisasi SPKLU.

SPKLU Area DKI Jakarta

SPKLU pada dasarnya adalah stasiun pengisian bahan bakar yang menyediakan listrik untuk mengisi daya kendaraan listrik. Titik pengisi daya terintegrasi ke dalam kabel, port pengisian daya, dan panel antarmuka. Tergantung pada konfigurasi jaringan, berbagai parameter seperti rating tegangan, rating frekuensi, dan standar transmisi menentukan konfigurasi stopkontak dan konektor. *The Electric Power Research Institute (EPRI)*, *Society of Automotive Engineers (SAE)*, and *the International Electrotechnical Commission (IEC)* memiliki peran penting dalam mengkategorikan mode, tingkat, model konektor pengisian daya di setiap negara serta mengelola perbedaan dalam standar keselamatan (Mastoi et al. 2022). Konektor pengisian harus memastikan kesesuaiannya dengan kendaraan dan stopkontak.

Secara garis besar konektor pengisian diklasifikasikan menjadi dua model yang tersedia di pasaran, yaitu konektor AC EV yang terdiri dari AC Type 1, AC Type 2, GB/T dan konektor DC EV yang terdiri dari CHAdeMO, CCS1, CCS2 dan GB/T (Mastoi et al. 2022). Dengan banyaknya spesifikasi mulai dari konfigurasi jaringan, kecepatan level pengisian, tipe konektor dll. Hal ini akan menyulitkan pengguna mobil listrik untuk melakukan pengisian daya ke kendaraan listrik mereka.



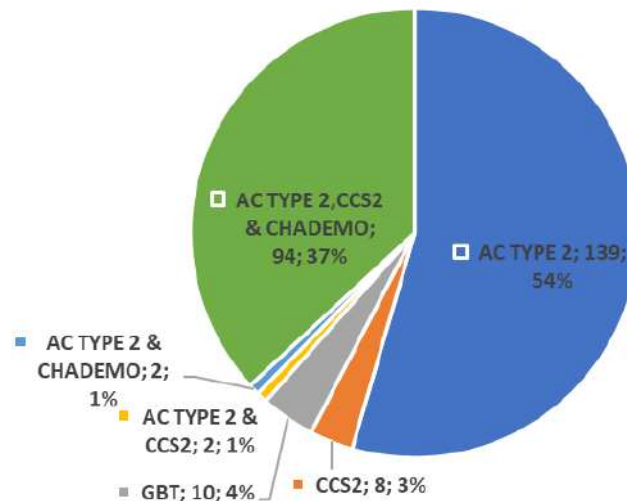
Gambar 2. Persebaran SPKLU area DKI Jakarta

Tercatat sampai akhir 2023, DKI Jakarta sebagai salah satu kota besar di Indonesia memiliki SPKLU sebanyak 258 unit. Gambar 2. merupakan data yang dapat kami himpun melalui Pln Mobile sebanyak 255 unit yang tersebar 134 titik di 5 kota wilayah DKI Jakarta. Kota Jakarta Selatan menjadi kota di DKI Jakarta yang memiliki SPKLU terbanyak dengan jumlah 100 unit yang tersebar di 50 titik lokasi. Sedangkan Paling sedikit yaitu kota Jakarta Barat dengan 25 unit yang tersebar di 21 lokasi.

Tabel 1. Merk dan Konfigurasi Listrik SPKLU

No	Merk dan Konfigurasi SPKLU	Jumlah
1	ABB AC Charger	1
2	ABB Terra 53 CJG, Delta DC 200 KW City Charger & Delta Ultra Fast Charger	9
3	AC Mini Plus	36
4	AC Mini Plus, Delta DC Wallbox	10
5	Altro AC	13
6	Altro DC	6
7	Altro DC & Altro AC	4
8	Delta AC Max	23
9	Delta AC Max & Delta DC Wallbox	33
10	Delta AC Max, Delta DC Wallbox & Pihong DC Wall Mount	5
11	Delta DC 200 KW City	9
12	Delta DC 200 KW City	5
13	Delta DC 200 KW City, Proteksindo DC	5
14	Delta DC 200 KW City, Schneider DC Fast	9
15	EV Power 60	6
16	Exicom DC	3
17	Marvel 72 AC & Aurora 11 AC	10
18	Proteksindo DC	3
19	Terra 54 UL	2
20	Terra AC Wallbox	4
21	Voltron AC 22 KW	8
22	Voltron AC 22 KW & Voltron AC 7 KW	38
23	Voltron AC 7 KW & Voltron DC 30 KW	2
24	Wall Mount AC	1
25	Wuling AC 7 KW	10
	Grand Total	255

Tabel 1. Menunjukkan merk dan konfigurasi listrik dari SPKLU yang tersebar di area DKI Jakarta. Dimana mayoritas sekitar 73% menggunakan konfigurasi AC dan sisanya DC. Yang banyak digunakan adalah mini plus, Voltron dan delta. Dari konfigurasi ini masih diklasifikasikan lagi dengan model tipe konektor yang digunakan seperti konektor AC EV yang terdiri dari AC Type 1, AC Type 2, GB/T dan konektor DC EV yang terdiri dari CHAdeMO, CCS1, CCS2 dan GB/T.



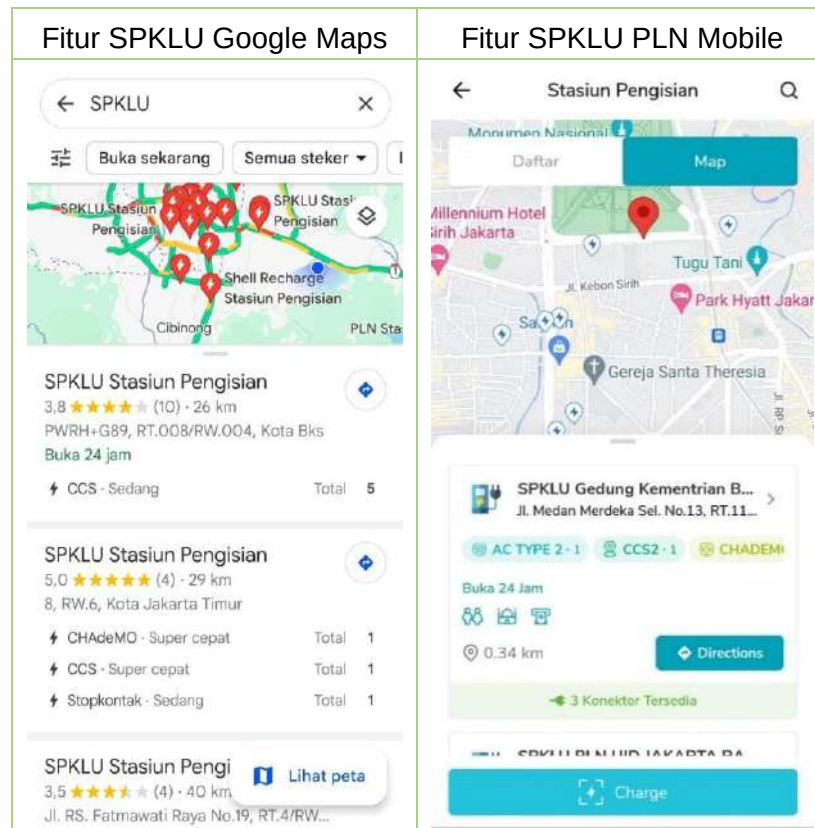
Gambar 3. Persentase tipe konektor SPKLU area DKI Jakarta

Tidak semua titik SPKLU memiliki setiap tipe konektor, sehingga ini akan membatasi dan setiap pengguna harus dapat mengetahui dan memetakan titik mana saja yang dapat digunakan. Gambar 3. menjelaskan persentase tipe konektor pada 255 unit yang tersebar 134 titik di 5 kota wilayah DKI Jakarta. Sebanyak 54% menggunakan hanya dapat mengakomodir tipe konektor AC Type 2. SPKLU yang dapat mengakomodir ketiga model konektor model AC Type 2, CCS2 dan CHADEMO hanya sebanyak 37%. Sedangkan untuk tipe GB/T hanya sebanyak 4% dari total jumlah SPKLU yang berada di DKI Jakarta. Secara bauran gabungan tipe AC Type 2 mendominasi dengan memiliki jumlah 93%.

Dengan banyaknya klasifikasi SPKLU, diperlukan aplikasi yang mudah digunakan, dapat memfiltrasi klasifikasi dan dapat memberikan saran mengenai Stasiun daya yang cocok dengan kendaraan listrik yang digunakan. Sehingga akan mempermudah pengguna kendaraan listrik dalam mengoperasikan dan melakukan pengisian daya. Solusi yang dapat diterapkan adalah pembuatan aplikasi perangkat lunak canggih untuk memantau dan mengelola jaringan pengisian daya, mengembangkan aplikasi seluler untuk pengguna, dan menggabungkan *Artificial Intelligence* (AI) untuk pemeliharaan prediktif dan optimalisasi layanan yang lebih baik (Sabyasachi et al. 2024).

App Mobile SPKLU

Pada era digital, hampir semua masyarakat menggunakan telepon seluler. Sehingga pemanfaatan seluler dengan menggunakan aplikasi seluler atau app mobile menjadi solusi terbaik untuk mempermudah mencari informasi mengenai SPKLU di area tertentu. App Mobile untuk monitoring SPKLU menjadi hal yang penting dalam mendukung terbentuknya ekosistem kendaraan listrik. Aplikasi ini berguna untuk mempermudah pengguna dalam menemukan SPKLU yang cocok untuk kendaraan listrik yang digunakan (Debadarshini et al. 2024). Aplikasi yang dapat menginformasikan tentang SPKLU di Indonesia saat ini ada dua aplikasi, masuk dalam fitur google maps dan fitur dalam PLN Mobile. Gambar 4. Menampilkan Display fitur SPKLU dalam aplikasi google maps dan PLN Mobile.



Gambar 4. Display fitur SPKLU dalam aplikasi google maps dan PLN Mobile

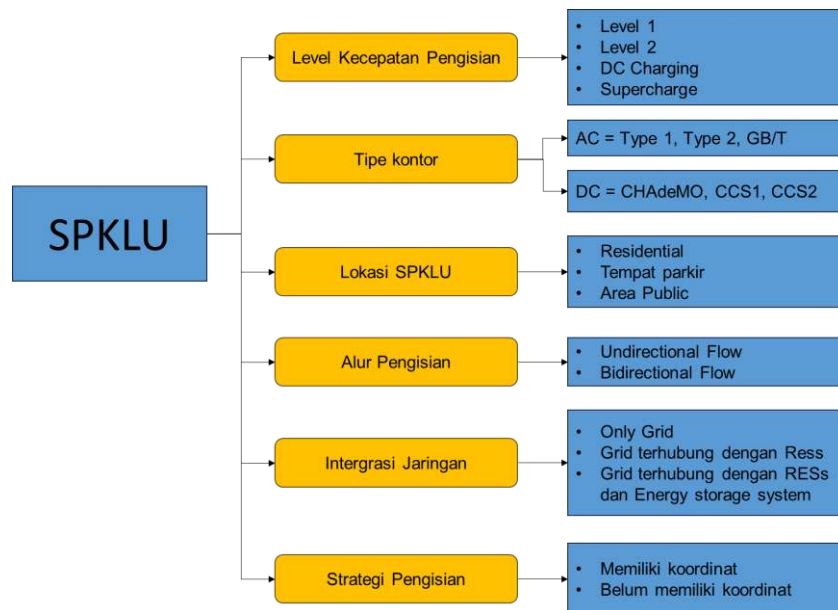
Fitur dalam kedua aplikasi seluler aplikasi ini menginformasikan dan membantu pengguna kendaraan listrik dalam mencari keberadaan SPKLU. Namun saat ini, masih ada beberapa hal yang belum diakomodir dalam kedua aplikasi seluler ini seperti ditampilkan pada Tabel 2. Komparasi fitur SPKLU dalam aplikasi google maps dan PLN Mobile. Fitur yang dapat dikembangkan mulai dari sistem kecerdasan buatan yang dapat memberikan saran untuk memilih lokasi, filter untuk level dan tipe, sistem *booking*, serta estimasi monitoring penggunaan secara global(Karmaker et al. 2023).

Tabel 2. Komparasi fitur SPKLU dalam aplikasi google maps dan PLN Mobile.

No	Filtrur aplikasi	Google Maps	PLN mobile
1	Titik lokasi	V	V
2	Merk	V	V
3	Level kecepatan pengisian	V	V
4	Tipe conector	V	V
5	Jumlah	V	V
6	Harga	X	V
7	Layanan pembayaran	X	V
8	Status pemakaian	X	V
9	Estimasi waktu	X	X
10	Sistem <i>booking</i>	X	X
11	Filter untuk level dan tipe	X	X

Strategi Pengembangan aplikasi monitoring SPKLU menggunakan *Plan-Do-Check-Act* (PDCA)

Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) dapat diproduksi berdasarkan kebutuhan jaringan listrik masing-masing negara dikarenakan variasi voltase dan frekuensi di seluruh dunia (Fescioglu-Unver and Yıldız Aktaş 2023). Gambar 5. Menjelaskan klasifikasi dari SPKLU dapat ditinjau dari beberapa aspek mulai dari Level kecepatan, Lokasi, Alur pengisian, Integrasi Jaringan dan Strategi pengisian.



Gambar 5. Klasifikasi SPKLU

Kecepatan pengisian pada umumnya terdiri dari empat jenis: (i) Level 1, (ii) Level 2, (iii) Pengisian DC, dan (iv) Supercharging (Chandra et al. 2024). Konektor pengisian diklasifikasikan menjadi dua model yang tersedia di pasaran, yaitu konektor AC EV yang terdiri dari AC Type 1, AC Type 2, GB/T dan konektor DC EV yang terdiri dari CHAdeMO, CCS1, CCS2 dan GB/T. Dengan banyaknya spesifikasi ini akan menyulitkan pengguna mobil listrik untuk melakukan pengisian daya ke kendaraan listrik.

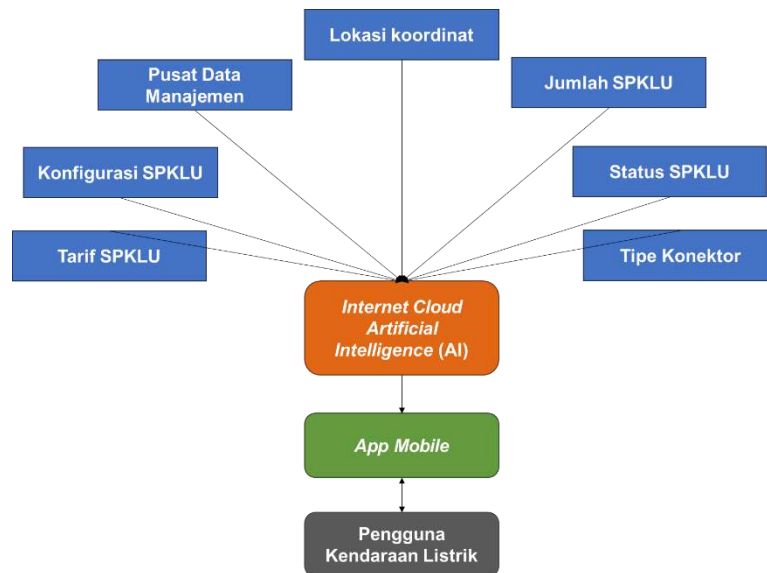
Oleh karena itu, penerapan solusi aplikasi perangkat lunak canggih untuk memantau dan mengelola jaringan pengisian daya, mengembangkan aplikasi seluler untuk pengguna, dan menggabungkan *Artificial Intelligence* (AI) untuk pemeliharaan prediktif dan optimalisasi layanan yang lebih baik. Kecerdasan buatan yang digunakan untuk membuat aplikasi sistem monitoring Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) akan dapat memberikan saran pemilihan lokasi dan penempatan pengisi daya berdasarkan pertimbangan jarak, status pemakaian, dan durasi pemakaian. Semakin banyak data yang didapat kecerdasan buatan akan dapat memprediksi perilaku pengisian pengguna, optimalkan jadwal pengisian daya, dan memberikan saran penempatan stasiun pengisian daya yang optimal sebagai integrasi jaringan dan penyeimbangan beban. Aplikasi seluler untuk memudahkan pelanggan mengakses dan mengetahui berbagai hal tentang Infrastruktur SPKLU pintar yang dapat menampilkan data informasi tentang lokasi stasiun, ketersediaan pengisian daya, layanan pembayaran, dan harga *real-time* dapat dipantau, disimpan, dan diambil kapan pun diperlukan melalui *internet cloud*.

Tabel 3. Sistem P-D-C-A dalam mendukung Perkembangan aplikasi monitoring SPKLU

Plan-Do-Check-Act aplikasi monitoring SPKLU		
Peraturan Mengenai SPKLU	1	Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 55 Tahun 2019
	2	Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 Tahun 2020
	3	Peraturan Gubernur (PERGUB) Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 3 Tahun 2020
	4	Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 79 Tahun 2023
	5	Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1 Tahun 2023
Plan (Perencanaan)	1	Mempermudah perizinan dalam pendirian SKPKLU di wilayah DKI Jakarta
	2	Memetakan titik lokasi dan menyusun strategi pemerataan titik lokasi baru SPKLU di wilayah DKI Jakarta
	3	Mengatur dan memasukkan data setiap SPKLU di wilayah DKI Jakarta masuk ke dalam internet Cloud Database
	4	Mengatur standarisasi konektor pengisian daya setiap SPKLU di wilayah DKI Jakarta
	5	Merencanakan membuat aplikasi untuk monitoring SPKLU dengan menggandeng PLN dan kementerian terkait
	6	Membuat idea box untuk aplikasi monitoring SPKLU berbasis Artificial Intelligence
Do (Implementasi)	1	Mengeluarkan peraturan untuk perizinan dalam pendirian SKPKLU di wilayah DKI Jakarta
	2	Menambah jumlah sesuai titik lokasi SPKLU di wilayah DKI Jakarta
	3	Membuat database untuk titik lokasi, tipe konektor, level pengisian, status pemakaian, durasi waktu pemakaian dll
	4	Membuat peraturan standarisasi konektor pengisian daya setiap SKPKLU di wilayah DKI Jakarta
	5	Membuat aplikasi monitoring SPKLU berbasis Artificial Intelligence (AI) berdasarkan idea box dan database SPKLU
Check (Monitoring dan Evaluasi)	1	Melakukan monitoring terhadap keberjalanan dari peraturan yang dibuat dan menerima masukan untuk evaluasi terhadap peraturan tersebut
	2	Melakukan evaluasi perihal data kepadatan atau load pengisian dan jumlah SPKLU di setiap wilayah
	3	Melakukan perbaikan data base sesuai dengan penambahan titik lokasi SPKLU di wilayah DKI Jakarta
	4	Melakukan evaluasi terhadap penerapan standarisasi konektor pengisian daya setiap SPKLU
	5	Melakukan percobaan dan memberikan sosialisasi penggunaan aplikasi monitoring SPKLU berbasis Artificial Intelligence (AI)
Action (Penyesuaian pengerjaan)	1	Melakukan revisi peraturan berdasarkan masukan dan evaluasi jika diperlukan
	2	Menerapkan strategi kemudahan sistem <i>booking</i> dan penjadwalan pada semua SPKLU untuk melakukan keseimbangan beban
	3	Kemudahan akses pada data base mengenai titik lokasi, tipe konektor, level pengisian, status pemakaian, durasi waktu pemakaian SPKLU
	4	Semua SPKLU di wilayah DKI Jakarta dapat mengakomodir tipe kontak dengan model konektor pengisian yang sudah distandarisasi
	5	Menerapkan penggunaan aplikasi monitoring SPKLU berbasis Artificial Intelligence (AI) pada semua SPKLU yang berada Di daerah DKI Jakarta

Konsep aplikasi monitoring SPKLU berbasis Kecerdasan Buatan

Aplikasi monitoring SPKLU dibuat dengan memanfaatkan kecerdasan buatan yang dihimpun data base pada internet cloud (Subashini and Vijayan 2023). Data base yang digunakan sebagai input kecerdasan buatan ditampilkan pada Gambar 6. Diagram jaringan aplikasi monitoring SPKLU berbasis kecerdasan buatan. Melalui data base yang sudah dihimpun maka kecerdasan buatan dapat mengolah dan menampilkan pada aplikasi sistem monitoring akan dapat memberikan saran pemilihan lokasi dan penempatan pengisi daya berdasarkan pertimbangan jarak, status pemakaian, dan durasi pemakaian yang ditampilkan dalam fitur didalam aplikasi tersebut.



Gambar 6. Diagram jaringan aplikasi monitoring SPKLU berbasis kecerdasan buatan.

Rencana fitur-fitur aplikasi monitoring SPKLU berbasis kecerdasan buatan sebagai berikut:

- Aplikasi Seluler dapat terintegrasi dengan banyak layanan periksa ketersediaan stasiun layanan, status baterai.
- Fitur Chatbot untuk komunikasi yang mudah dengan kecerdasan buatan.
- Mengumpulkan data SPKLU secara real-time
- HoloLens yang dapat memeriksa infrastruktur stasiun pengisian daya.
- Tampilan dari tarif pengisian.
- Dapat menerima Saran dan rencana perjalanan yang optimal.
- Dapat melakukan pemesanan slot pengisian kendaraan listrik.
- Dapat memesan ruang kerja/restoran/outlet yang dipetakan pada stasiun pengisian daya.
- Dapat melakukan pembayaran dengan berbagai pilihan pembayaran.
- Pelayanan Mitra untuk *pickup* dan *drop* untuk pengisian EV.
- Operator armada – Sarankan untuk penyedia layanan armada.
- Pelayanan Mitra Storing dengan fasilitas pengisian daya mobil van.
- Pelayanan Asuransi – Rincian asuransi kendaraan.
- Pelayanan SOS: - Komunikasi otomotif saat darurat/kecelakaan.
- Dapat Kompatibel dalam berbagai sistem IOS/Android/Windows.
- Pengisian daya di rumah - Ketersediaan jalur khusus untuk pengisian daya di rumah.

KESIMPULAN

Ekosistem kendaraan listrik berbasis baterai mencakup pengguna, produsen, dan infrastruktur kendaraan listrik. Pengguna kendaraan listrik di Indonesia semakin meningkat, menurut data Gaikindo, sepanjang 2023 volume penjualan wholesale mobil listrik berbasis baterai (BEV) di Indonesia mencapai 17,06 ribu unit meningkat 70% dibanding tahun lalu. Pengoperasian kendaraan listrik di DKI Jakarta khususnya sedang mengalami perkembangan dengan tantangan yang signifikan. Hal ini dikarenakan jumlah infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) masih berada pada 258 unit di 2023. Sehingga diperlukan sistem monitoring SPKLU untuk memudahkan pengguna mengetahui status SPKLU terdekat sedang digunakan atau tidak dan memantau waktu durasi lamanya pengisian listrik. Dengan Kecerdasan Buatan atau Artificial Intelligence (AI), ekosistem diharapkan mendapatkan manfaat pada berbagai aspek, termasuk efisiensi energi, peningkatan efisiensi baterai, dan peningkatan kenyamanan pengguna. AI memainkan peran penting dalam mengelola dan memprediksi kebutuhan energi, memperbaiki algoritma pengisian baterai, dan meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, AI juga membantu dalam menganalisis data pengguna, menyesuaikan strategi pengisian, dan penggunaan energi kendaraan listrik. Dengan demikian, integrasi AI dalam ekosistem kendaraan listrik berbasis baterai di DKI Jakarta dapat meningkatkan kinerja dan keberlanjutan sistem ini. Manfaat yang akan dicapai adalah antara lain peningkatan efisiensi energi, pengurangan polusi, peningkatan keamanan energi, serta pengembangan infrastruktur.

Ketidaknyamanan pengguna dalam pengoperasian kendaraan listrik dikarenakan kurang dan minimnya informasi mengenai infrastruktur pengisian atau SPKLU. Data yang dapat kami himpun melalui PIn Mobile sebanyak 255 unit yang tersebar 134 titik di 5 kota wilayah DKI Jakarta. Sehingga penambahan dan pemerataan titik SPKLU menjadi prioritas utama yang didukung dengan pengembangan Aplikasi seluler atau App Mobile untuk monitoring SPKLU juga menjadi hal yang penting dalam menjawab permasalahan ini. Dengan menerapkan metode PDCA untuk mendukung Perkembangan aplikasi monitoring SPKLU, akan memudahkan pengguna kendaraan listrik untuk mengakses dan mengetahui berbagai hal tentang Infrastruktur SPKLU. Fitur dalam aplikasi ini dapat menampilkan data informasi tentang lokasi stasiun, ketersediaan pengisian daya, layanan pembayaran, dan harga *real-time* melalui *internet cloud*.

Dengan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI), ekosistem diharapkan mendapatkan manfaat pada berbagai aspek, termasuk efisiensi energi, peningkatan efisiensi baterai, dan peningkatan kenyamanan pengguna. Kecerdasan buatan membantu dalam menganalisis data pengguna, menyesuaikan strategi pengisian, dan penggunaan energi kendaraan listrik. Pengintegrasian kecerdasan buatan dalam ekosistem kendaraan listrik berbasis baterai di DKI Jakarta dapat memberi manfaat yang akan dicapai adalah antara lain peningkatan efisiensi energi, pengurangan polusi, peningkatan keamanan energi.

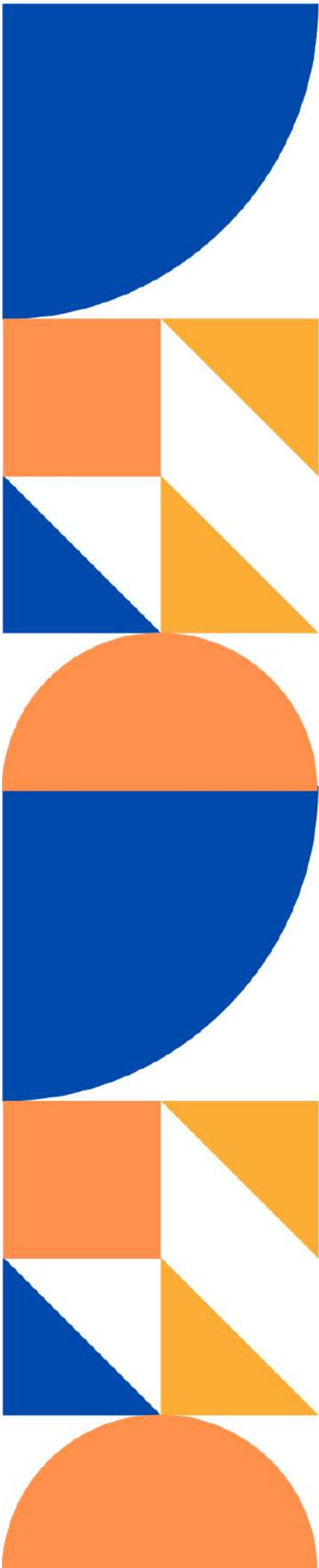
SARAN

1. Pemerintah DKI Jakarta melakukan koordinasi dengan kementerian terkait untuk berkoordinasi tentang pembuatan aplikasi daring SPKLU sebagaimana diatur pada Pasal 14 ayat 2,3,4 dan 5 dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1 Tahun 2023.
2. Pemerintah DKI Jakarta dapat memetakan dan menambah pendirian SPKLU.
3. Pemerintah DKI Jakarta dapat membuat peraturan daerah untuk mempermudah perizinan pendirian SPKLU.
4. Pemerintah DKI Jakarta dapat melakukan regulasi dan standarisasi konektor dengan koordinasi instansi terkait, sehingga dapat digunakan untuk segala tipe konektor pengisian daya di SPKLU dengan *safety*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiat, Adi (Databoks). 2024. "Volume Penjualan Wholesale Bulanan Mobil Listrik BEV Di Indonesia." *Databoks Katadata Media Network*. Retrieved February 1, 2024 (<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/01/16/penjualan-mobil-listrik-di-indonesia-melonjak-pada-akhir-2023>).
- Chandra, Isha, Navneet Kumar Singh, and Paulson Samuel. 2024. "A Comprehensive Review on Coordinated Charging of Electric Vehicles in Distribution Networks." *Journal of Energy Storage* 89(November 2023):111659. doi: 10.1016/j.est.2024.111659.
- Debadarshini, Jagnyashini, Rejeti Megha Vardhan, Sudipta Saha, and Chandrashekhar N. Bhende. 2024. "ICoord: Efficient Charging of the Electric-Vehicles through IoT-Assisted Coordination with the Charging-Infrastructure." *Ad Hoc Networks* 153(October 2023):103345. doi: 10.1016/j.adhoc.2023.103345.
- Fescioglu-Unver, Nilgun, and Melike Yıldız Aktaş. 2023. "Electric Vehicle Charging Service Operations: A Review of Machine Learning Applications for Infrastructure Planning, Control, Pricing and Routing." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 188(March):113873. doi: 10.1016/j.rser.2023.113873.
- Hemavathi, S., and A. Shinisha. 2022. "A Study on Trends and Developments in Electric Vehicle Charging Technologies." *Journal of Energy Storage* 52(PC):105013. doi: 10.1016/j.est.2022.105013.
- Huda, Muhammad, Muhammad Aziz, and Koji Tokimatsu. 2019. "The Future of Electric Vehicles to Grid Integration in Indonesia." *Energy Procedia* 158(2018):4592–97. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.749.
- Karmaker, Ashish Kumar, Sam Behrens, M. J. Hossain, and Hemanshu Pota. 2023. "Multi-Stakeholder Perspectives for Transport Electrification: A Review on Placement and Scheduling of Electric Vehicle Charging Infrastructure." *Journal of Cleaner Production* 427(June):139145. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139145.
- Mastoi, Muhammad Shahid, Shenxian Zhuang, Hafiz Mudassir Munir, Malik Haris, Mannan Hassan, Muhammad Usman, Syed Sabir Hussain Bukhari, and Jong Suk Ro. 2022. "An In-Depth Analysis of Electric Vehicle Charging Station Infrastructure, Policy Implications, and Future Trends." *Energy Reports* 8:11504–29. doi: 10.1016/j.egyr.2022.09.011.
- Muhamad, Nabilah (Databoks). 2024. "Jumlah Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum/SPKLU Di Indonesia (2023)." *Databoks Katadata Media Network*. Retrieved February 2, 2024 (<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/01/22/ada-911-spkludi-indonesia-pada-2023-ini-sebarannya>).
- Nugraha, Afitro Adam, Danardono Agus Sumarsono, Mohammad Adhitya, and Sonki Prasetya. 2021. "Development of Brake Booster Design for Electric City Cars." *International Journal of Technology* 12(4):802–12. doi: 10.14716/ijtech.v12i4.4636.
- Pamidimukkala, Apurva, Sharareh Kermanshachi, Jay Michael Rosenberger, and Greg Hladik. 2023a. "Adoption of Electric Vehicles: A State-of-Art Review." *Transportation Research Procedia* 73:313–20. doi: 10.1016/j.trpro.2023.11.923.
- Pamidimukkala, Apurva, Sharareh Kermanshachi, Jay Michael Rosenberger, and Greg Hladik. 2023b. "Evaluation of Barriers to Electric Vehicle Adoption: A Study of Technological, Environmental, Financial, and Infrastructure Factors." *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 22(August):100962. doi: 10.1016/j.trip.2023.100962.
- Sabyasachi, Sidharth, Arvind R. Singh, Revati Godse, Supriya Jaiswal, Mohit Bajaj, Ishan Srivastava, Vojtech Blazek, Lukas Prokop, and Stanislav Misak. 2024. "Reimagining E-Mobility: A Holistic Business Model for the Electric Vehicle Charging Ecosystem." *Alexandria Engineering Journal* 93(July 2023):236–58. doi: 10.1016/j.aej.2024.03.004.

- Setiawan, Andri D., Teuku Naraski Zahari, Fara Jetira Purba, Armand O. Moeis, and Akhmad Hidayatno. 2022. "Investigating Policies on Increasing the Adoption of Electric Vehicles in Indonesia." *Journal of Cleaner Production* 380(P2):135097. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.135097.
- Subashini, M., and Sumathi Vijayan. 2023. "Smart Charging for Zero Emission Vehicles – A Comprehensive Review." *Renewable Energy Focus* 46:57–67. doi: 10.1016/j.ref.2023.05.005.
- Veza, Ibham, Muhammad Zacky Asy'ari, M. Idris, Vorathin Epin, I. M. Rizwanul Fattah, and Martin Spraggon. 2023. "Electric Vehicle (EV) and Driving towards Sustainability: Comparison between EV, HEV, PHEV, and ICE Vehicles to Achieve Net Zero Emissions by 2050 from EV." *Alexandria Engineering Journal* 82(October):459–67. doi: 10.1016/j.aej.2023.10.020.
- Yoshio, Alfons (Databoks). 2021. "Proyeksi Pertambahan Mobil Listrik Di Indonesia." *Databoks Katadata Media Network*. Retrieved February 2, 2024 (<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/07/08/mobil-listrik-di-indonesia-diprojektikan-tumbuh-pesat>).



AI DALAM KOMUNIKASI SMART CITY: TRANSFORMASI KOMUNIKASI MASYARAKAT DENGAN PEMERINTAH DI ERA DIGITAL

Aan Widodo^{1*}, Diah Ayu Permatasari²

^{1,2} Universitas Bhayangkara Jakarta

e-mail: aan.widodo@dsn.ubharajaya.ac.id

PENDAHULUAN

Berbagai kota di wilayah Indonesia, mencanangkan program *Smart City* sebagai tanda kota yang cerdas, kota yang transformatif. Kota yang cerdas ditandai dengan berbagai penerapan teknologi komunikasi dan informasi yang mendukung dalam berbagai layanan, antara lain pelayanan kesehatan, layanan administrasi, layanan publik hingga layanan transportasi. Kota yang transformatif, ditandai dengan perubahan perilaku, misalnya perilaku pengguna, termasuk perilaku komunikasi dari sisi pemerintah tetapi juga masyarakat. *Smart City* diterapkan salah satunya berkaitan dengan efisiensi dan peningkatan dan kualitas hidup (Mursalim, 2017; Widodo & Permatasari, 2020b)

Beberapa kota di Indonesia telah menerapkan konsep *smart city*. Jakarta dan Bandung mengintegrasikan teknologi dalam transportasi, pelayanan publik untuk mengatasi berbagai masalah (Rahdeana Almeyna Kurnia, Kushandajani, 2016). Surabaya, mengimplementasikan berbagai solusi teknologi dalam manajemen limbah, tata kota, dan transportasi (Amalia & Dkk, 2021). Kota Medan juga tidak ketinggalan dengan program *Smart City* yang fokus pada efisiensi energi, tata kelola transportasi, dan layanan publik berbasis teknologi (Hartono et al., 2023). Dengan memanfaatkan sumber daya dan teknologi guna mendukung peningkatan kualitas hidup masyarakat kota-kota ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih berkelanjutan dan berkualitas bagi masyarakatnya (Amalia & Dkk, 2021; Hartono et al., 2023; Rahdeana Almeyna Kurnia, Kushandajani, 2016)

Smart City menjadi salah satu program yang diandalkan dalam beberapa waktu terakhir. Secara sederhana implementasi program ini ditandai dengan hadirnya dukungan teknologi berbasis aplikasi yang bertujuan mempermudah atau mengefisienkan waktu berkaitan dengan layanan ataupun informasi bagi masyarakat. Salah satu bentuk implementasi ini antara lain hadirnya aplikasi berbasis web atau teknologi yang dapat diunduh oleh masyarakat. Di Jakarta Aplikasi Smart City menjadi sebuah inovasi teknologi yang dirancang untuk meningkatkan kualitas hidup warga dengan mengintegrasikan berbagai layanan publik dalam satu platform digital. Aplikasi ini memungkinkan warga untuk melaporkan masalah perkotaan, seperti jalan berlubang, sampah yang menumpuk, atau lampu jalan yang rusak, dengan mudah dan cepat. Smart City di Jakarta dikenal dengan Jakarta Smart City (JSC) sebagai sebuah fitur menyediakan informasi *real-time* tentang kondisi lalu lintas, cuaca, dan kualitas udara, membantu warga merencanakan perjalanan mereka dengan lebih efisien. Fitur lainnya termasuk pembayaran pajak dan retribusi secara online, pemantauan ketersediaan transportasi umum, serta akses ke pelayanan kesehatan dan pendidikan. Jakarta Smart City (JSC) sebagai bagian dari Pemprov DKI Jakarta hadir dengan memberikan berbagai solusi inovatif untuk mengatasi tantangan dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi.

JSC terbagi dalam beragam bentuk antara lain aplikasi Jakarta Kini (JAKI) sebagai platform digital yang memungkinkan warga Jakarta untuk mengakses informasi dan layanan publik secara mudah dan efisien, Jakarta Future City Hub (JFCH), sebuah pusat inovasi yang bertujuan untuk mengumpulkan dan mengembangkan solusi cerdas untuk meningkatkan kualitas hidup di Jakarta. JFCH menjadi tempat kolaborasi antara pemerintah, industri, serta masyarakat untuk menciptakan solusi inovatif dalam berbagai bidang, seperti transportasi, energi, lingkungan, dan sebagainya. Seiring perkembangan dan kemajuan teknologi implementasi pemanfaatan berbagai fitur dan aplikasi diterapkan dengan dukungan kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI).

Artikel ini menjelaskan tentang implementasi AI dalam Program Smart City dilihat dari perspektif komunikasi. Data dikumpulkan melalui studi literatur dengan mengumpulkan artikel yang sesuai tema dengan menggunakan kata kunci, Smart City Jakarta, Komunikasi pemerintah, Smart City, Artificial Intelligence.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah implementasi kecerdasan buatan (AI) dalam konteks Smart City memerlukan kerja sama dan komunikasi yang kuat antara pemerintah dan masyarakat. AI tidak hanya digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem, tetapi juga untuk memberdayakan warga dengan informasi yang relevan (Marsella et al., 2023; Suharmato, 2019). Pemerintah perlu berkomunikasi dengan masyarakat untuk mengumpulkan data yang diperlukan berkaitan dengan kebutuhan layanan publik. Komunikasi yang terbuka memungkinkan pemerintah untuk menjelaskan manfaat, risiko, dan batasan dari sistem AI yang diimplementasikan, sehingga masyarakat dapat berpartisipasi secara aktif dalam proses pembangunan Smart City, sebab pada kenyataan penerapan aplikasi berbasis AI dalam konteks Smart City masih menemui sejumlah kendala, khususnya berkaitan dengan komunikasi (Firdaus, 2018; Rosdiana et al., 2023; Sari, 2018). Komunikasi menjadi kunci dalam proses keberhasilan penerapan program smart city (Hartono et al., 2023; Lianjani, 2018; Widodo & Permatasari, 2020a)

PEMBAHASAN

Komunikasi Efektif dalam Implementasi *Smart City*.

Komunikasi yang efektif berfungsi untuk memastikan bahwa setiap elemen dalam program *Smart City* dapat berlangsung dengan baik, sehingga tujuan untuk menciptakan kota yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan dapat tercapai dengan sukses (Widodo & Permatasari, 2020b). Komunikasi efektif dalam implementasi program *smart city* adalah kunci keberhasilan untuk mengintegrasikan teknologi dengan kehidupan sehari-hari masyarakat kota. Pertama, komunikasi yang baik memungkinkan adanya koordinasi yang lebih baik antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah kota, sektor swasta, komunitas, dan penyedia layanan teknologi (Hartono et al., 2023; Teguh Khristianto et al., 2024; Widodo & Permatasari, 2020a). Hal ini penting untuk memastikan bahwa setiap pihak memiliki pemahaman yang sama tentang tujuan program dan peran mereka dalam mencapainya. Kedua, komunikasi yang efektif juga melibatkan transparansi dalam penyampaian informasi. Pemerintah harus memberikan informasi yang jelas dan tepat waktu mengenai rencana, progres, dan tantangan yang dihadapi dalam implementasi *smart city*. Hal ini membantu membangun kepercayaan masyarakat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan partisipasi dan dukungan mereka terhadap program yang diimplementasikan. Misalnya, jika ada perubahan, penundaan program, hambatan yang dijalankan dapat menjelaskan alasan perubahan, termasuk mengurangi ketidakpastian dan frustrasi publik. Setidaknya terdapat beberapa aktivitas komunikasi yang menunjang implementasi melalui komunikasi efektif, antara lain:

- **Komunikasi dengan masyarakat**

Komunikasi efektif dalam menunjang program *smart city* dalam bentuk komunikasi dua arah. Melalui komunikasi ini pemerintah dapat secara aktif mendengarkan dan merespons masukan serta kekhawatiran masyarakat. Melalui berbagai saluran komunikasi seperti forum publik, media sosial, dan aplikasi kota pintar, masyarakat dapat menyampaikan pendapat dan kebutuhan. Komunikasi ini memungkinkan pemerintah untuk menyesuaikan program agar lebih sesuai dengan kebutuhan nyata

masyarakat, sehingga solusi yang dihasilkan lebih relevan dan efektif (Ambarsari et al., 2024). Komunikasi dengan masyarakat ini juga mencakup edukasi masyarakat mengenai manfaat dan cara menggunakan teknologi *smart city*. Kampanye edukasi, sosialisasi serta pelatihan dapat membantu masyarakat memahami dan memanfaatkan teknologi yang ada, seperti aplikasi mobile untuk layanan kota, sistem pembayaran digital, dan platform berbagi informasi. Dengan demikian, masyarakat dapat merasakan manfaat penuh dari inisiatif *smart city* dan lebih termotivasi untuk mendukung dan terlibat (Lianjani, 2018; Teguh Khristianto et al., 2024; Yud, 2019)

- **Komunikasi internal pemerintah**

Komunikasi internal antar pemerintah dilakukan sebagai upaya meningkatkan koordinasi, kerja sama dan pemahaman. Kerja sama yang baik antar departemen juga menghindari duplikasi usaha dan memastikan bahwa sumber daya digunakan secara efisien (Meijer & Bolívar, 2016). Komunikasi internal ini dilakukan untuk memastikan hal-hal kebijakan dan teknis pelaksanaan dapat berlangsung dengan baik (Meijer & Bolívar, 2016; Rahdeana Almeyna Kurnia, Kushandajani, 2016; Syalianda & Kusumastuti, 2021)

- **Transformasi Komunikasi Masyarakat dengan Pemerintah**

Transformasi komunikasi antara masyarakat dan pemerintah di era digital dengan pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) telah membawa perubahan mendalam dan mendasar dalam cara kedua pihak berinteraksi (Ambarsari et al., 2024). AI memungkinkan interaksi yang lebih cepat, responsif, dan efisien melalui berbagai platform digital seperti chatbot, asisten virtual, dan aplikasi berbasis AI lainnya. Chatbot, misalnya digunakan oleh banyak pemerintah untuk menyediakan layanan informasi 24/7, menjawab pertanyaan umum, membantu masyarakat menemukan informasi, dan bahkan memproses permintaan layanan tertentu tanpa perlu tatap muka (Firdaus, 2018). Kehadiran layanan chatbot dapat mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan aksesibilitas layanan pemerintah, memungkinkan warga untuk mendapatkan bantuan yang mereka butuhkan kapan saja (Manish et al., 2021; Suharmato, 2019; Yogaswara, 2019). AI berperan penting dalam mengelola dan menganalisis data dari interaksi dengan masyarakat. Teknologi ini mampu mengolah jumlah data yang sangat besar dengan cepat dan akurat, membantu pemerintah memahami tren dan kebutuhan warga secara lebih mendalam. Analisis data yang dilakukan oleh AI dapat mengidentifikasi pola-pola tertentu, seperti area kebutuhan layanan kesehatan yang lebih tinggi atau wilayah yang sering mengalami kemacetan lalu lintas. Informasi ini sangat penting bagi pemerintah dalam merancang kebijakan dan program yang lebih tepat sasaran dan berbasis data, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Hartono et al., 2023; Meijer & Bolívar, 2016; Tarissa, 2023).

AI juga mendukung inisiatif transparansi dan akuntabilitas pemerintah dengan membuat data publik lebih mudah diakses dan dipahami oleh masyarakat. Misalnya, melalui penggunaan dashboard kota pintar, data real-time mengenai berbagai aspek kehidupan kota—seperti status lalu lintas, kualitas udara, penggunaan energi, dan tingkat kriminalitas—dapat disajikan secara terbuka. Dashboard ini memungkinkan warga untuk melihat informasi terkini dan membuat keputusan yang lebih baik dalam kehidupan sehari-hari, serta mendorong partisipasi aktif dalam proses pengawasan dan perencanaan kota.

Transformasi komunikasi dengan dukungan AI ini juga memperkuat hubungan antara masyarakat dan pemerintah, menciptakan kepercayaan dan keterlibatan yang lebih besar. Ketika warga merasa bahwa suara mereka didengar dan kebutuhan mereka

dipahami serta ditangani dengan cepat dan tepat, kepercayaan terhadap pemerintah meningkat. Selain itu, keterlibatan masyarakat dalam proses pemerintahan menjadi lebih mudah dan menyenangkan melalui platform digital yang intuitif dan interaktif (Wirtz et al., 2019). Meski demikian, dalam transformasi ini tak luput dari berbagai tantangan yang kompleks, antara lain: (a) Privasi dan Keamanan Data, Salah satu tantangan terbesar adalah menjaga privasi dan keamanan data masyarakat. AI membutuhkan akses ke data dalam jumlah besar untuk berfungsi dengan efektif, namun pengumpulan dan pengolahan data ini menimbulkan kekhawatiran tentang privasi. Ada risiko bahwa data pribadi dapat disalahgunakan atau bocor, yang dapat mengurangi kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah. Perlindungan data yang kuat dan kebijakan privasi yang transparan sangat penting untuk mengatasi tantangan ini (Meijer & Bolívar, 2016). (b) Kesenjangan Digital, Tidak semua warga memiliki akses yang sama terhadap teknologi digital. Kesenjangan digital dapat disebabkan oleh faktor ekonomi, geografis, atau demografis. Warga yang tidak memiliki akses ke internet atau perangkat digital yang memadai mungkin tidak dapat memanfaatkan layanan berbasis AI, yang dapat memperburuk ketidaksetaraan dalam akses layanan pemerintah. Pemerintah perlu memastikan bahwa infrastruktur digital tersedia dan terjangkau bagi semua lapisan masyarakat (Wibowo & Dinilhaq, 2021).

KESIMPULAN

Komunikasi yang efektif antara pemerintah dan masyarakat merupakan elemen utama dalam pembangunan Smart City. Dalam era digital, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) telah mempercepat transformasi dalam interaksi antara masyarakat dan pemerintah. Dalam pengembangan Smart City, komunikasi masyarakat dengan pemerintah ditandai dengan adanya berbagai aplikasi yang menghubungkan informasi dari pemerintah dan kebutuhan informasi bagi masyarakat, yang dalam pelaksanaannya membutuhkan dukungan sumber daya yang memadai. Artikel ini bertujuan menjelaskan bagaimana penerapan AI dalam mendukung komunikasi masyarakat dengan pemerintah yang efisien dan transparan, serta menumbuhkan partisipasi aktif masyarakat. Selain itu juga berupaya memberikan gambaran mengenai tantangan dalam komunikasi Smart City.

Implementasi *Smart City* dengan dukungan kecerdasan buatan (AI) telah menjadi fokus utama di beberapa kota di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Program ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kualitas hidup masyarakat perkotaan. Dalam praktiknya, penerapan teknologi komunikasi dan informasi yang cerdas telah memainkan peran penting dalam menciptakan kota-kota yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan. Melalui penerapan kecerdasan buatan (AI), kota-kota di Indonesia telah menerapkan berbagai solusi inovatif untuk mengatasi berbagai persoalan perkotaan. Dalam konteks *smart city*, AI digunakan untuk mengoptimalkan transportasi, layanan publik, serta mengelola dan menganalisis data yang sangat besar. Sistem AI digunakan untuk memprediksi kemacetan lalu lintas, mengatur aliran kendaraan secara efisien, dan menyajikan informasi real-time kepada masyarakat. Dengan adanya AI, kota-kota di Indonesia akan berhasil mengintegrasikan teknologi pada kehidupan sehari-hari masyarakat, memberikan aksesibilitas yang lebih baik terhadap layanan publik, dan menciptakan lingkungan yang lebih cerdas.

Implementasi *smart city* tidak dapat terwujud tanpa komunikasi yang efektif antara pemerintah dan masyarakat. Komunikasi yang baik harus ada antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat umum. Koordinasi yang baik dan

pemahaman bersama tentang tujuan program *smart city* sangat penting dalam mencapai keberhasilannya. Selain itu, komunikasi efektif juga melibatkan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan dan perencanaan kota. Dengan melibatkan masyarakat, pemerintah dapat memahami lebih baik kebutuhan dan harapan mereka, sehingga solusi yang dihasilkan dapat lebih relevan dan efektif. Melalui komunikasi dua arah yang terus-menerus, masyarakat dapat menyampaikan masukan, mendapatkan bantuan, dan berpartisipasi aktif dalam membangun kota yang lebih baik.

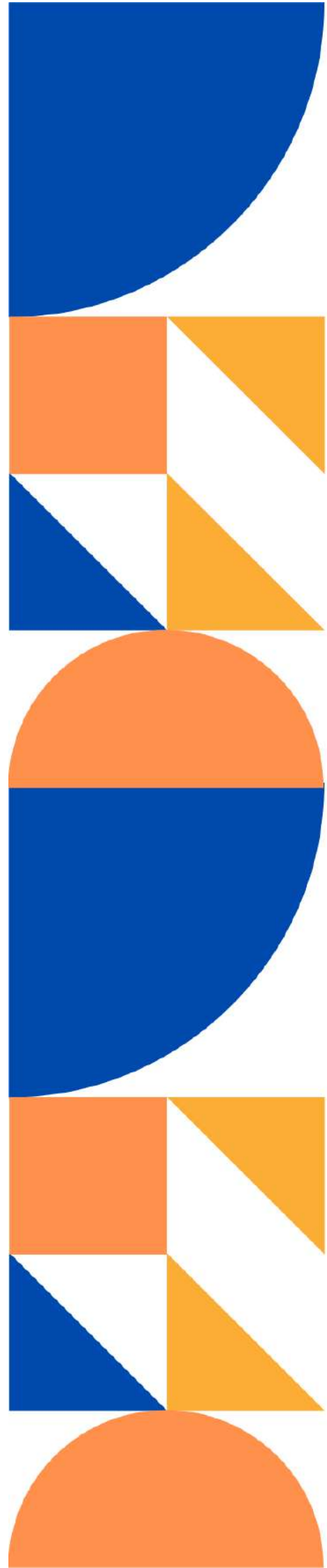
SARAN

Rekomendasi berkaitan dengan terwujudnya program *smart city* antara lain, menjaga kerjasama antarlembaga, meningkatkan literasi teknologi di masyarakat, menjaga privasi dan keamanan data, mengatasi kesenjangan digital, dan menerapkan program edukasi dan promosi. Dengan langkah-langkah ini, pemerintah dapat memastikan implementasi yang efektif dari program *smart city* dengan dukungan kecerdasan buatan (AI), meningkatkan partisipasi masyarakat, dan menciptakan kota yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D., & Dkk. (2021). Implementasi Kota Pintar (Smart City) Di Kota Surabaya. *Jurnal Birokrasi & Pemerintahan Daerah*, 5(1), 2013–2015.
- Ambarsari, I. F., Azizah, N., Ansori, A., Al-Faruq, Y. F., & Fahrozi, K. K. (2024). Digitalisasi Informasi Dan Peningkatan Kualitas Pelayanan Publik Transformasi Desa Digital Melalui Pengembangan Website Desa Klatakan. *I-Com: Indonesian Community Journal*. <https://doi.org/10.33379/Icom.V4i1.4041>
- Firdaus, A. (2018, June 3). Transformasi Smart City Kota Bekasi. <https://megapolitan.antaranews.com>.
<https://megapolitan.antaranews.com/Berita/40265/Transformasi-Smart-City-Kota-Bekasi>
- Hartono, A. H., Ginting, S. R. B., & Pohan, S. (2023). Implementasi Teknologi Informasi Dalam Pelayanan Publik: Studi Kasus Kota Medan Sebagai Smart City. *Jurnal Ilmu Komunikasi Dan ...*, 01(02), 265–268.
<https://jurnal.ittc.web.id/index.php/jiksp/article/view/484%0ahttps://jurnal.ittc.web.id/index.php/jiksp/article/download/484/440>
- Lianjani, A. (2018). Strategi Komunikasi Pemerintah Kota Tangerang Selatan Dalam Mensosialisasikan Program Smart City. In *Gender And Development*.
- Manish, Gupta, S., & Khan, S. (2021). Artificial Intelligence Healthcare Chatbot System. *International Advanced Research Journal In Science, Engineering And Technology*.
- Marsella, M., Wijaya, C. S., Wijaya, I., Shidqi, M. T., & Novita, D. (2023). Analisis Implementasi Artificial Intelligence Untuk Bisnis: Systematic Literature Review. *Device : Journal Of Information System, Computer Science And Information Technology*. <https://doi.org/10.46576/Device.V4i2.4037>
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing The Smart City: A Review Of The Literature On Smart Urban Governance. *International Review Of Administrative Sciences*, 82(2), 392–408. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>
- Mursalim, S. W. (2017). Implementasi Kebijakan Smart City Di Kota Mursalim, S. W. (2017). Implementasi Kebijakan Smart City Di Kota Bandung Siti Widharetno Mursalim. *Jurnal Ilmu Administrasi*, 14, 126–138. Bandung Siti Widharetno Mursalim. *Jurnal Ilmu Administrasi*.
- Rahdeana Almeyna Kurnia, Kushandajani, L. K. A. (2016). Implementasi Smart City Di Kota Bandung Dalam Mewujudkan Konsep Smart Governance. *Departemen Politik Dan Ilmu Pemerintahan Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Diponegoro*, 1–23.
- Rosdiana, R., Bachtiar, B., & Ashariana, A. (2023). Implementasi Kebijakan Transformasi Digital Dalam Pelayanan Publik Di Kelurahan Tamalanrea Jaya Kota Makassar. *Al Qisthi Jurnal Sosial Dan Politik*. <https://doi.org/10.47030/Aq.V13i2.178>
- Sari, R. F. (2018). Menilik Aplikasi Qlue Jakarta Smart City: Dinamika Transformasi Khalayak Dalam Perspektif Ruang Publik. *Jurnal Penelitian Pers Dan Komunikasi Pembangunan*. <https://doi.org/10.46426/Jp2kp.V22i2.85>
- Suharmato, P. (2019). Artificial Intellegence-Driven Innovation In Smart City. *Simposium Nasional Ilmiah Tema: (Peningkatan Kualitas Publikasi Ilmiah Melalui Hasil Riset Dan Pengabdian Kepada Masyarakat)*.
- Syalianda, S. I., & Kusumastuti, R. D. (2021). Implementation Of Smart City Concept: A Case Of Jakarta Smart City, Indonesia. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012128>
- Tarissa, D. (2023). Comparison Of Smart City Program In Indonesia And China Study Case: Jakarta And Beijing. *Journal Of Infrastructure Policy And Management*. <https://doi.org/10.35166/Jipm.6.2.77-88>

- Teguh Khristianto, Widiyanto Tri Handoko, Agus Prasetyo Utomo, & Zuly Budiarmo. (2024). Peran Penting Keterlibatan Masyarakat Dalam Implementasi Smart City Di Kota Semarang. *Ikra-lth Informatika: Jurnal Komputer Dan Informatika*. <https://doi.org/10.37817/ikraith-Informatika.V8i1.3220>
- Wibowo, P. J. J., & Dinilhaq, A. (2021). *Apa Itu Transformasi Digital*. Wartaekonomi.Co.Id.
- Widodo, A., & Permatasari, D. A. (2020a). Strategi Komunikasi Pemerintah Kota Bekasi Dalam Program Bekasi Smart City. *Ettisal: Journal Of Communication*, 5(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21111/Ejoc.V5i1.3454>
- Widodo, A., & Permatasari, D. A. (2020b). Strategi Komunikasi Dalam Program Bekasi Smart City. *Ettisal: Journal Of Communication*, 5(1). <https://doi.org/10.21111/Ejoc.V5i1.3454>
- Yogaswara, R. (2019). Artificial Intelligence Sebagai Penggerak Industri 4.0 Dan Tantangannya Bagi Sektor Pemerintah Dan Swasta. *Masyarakat Telematika Dan Informasi: Jurnal Penelitian Teknologi Informasi Dan Komunikasi*. <https://doi.org/10.17933/Mti.V10i1.144>
- Yud. (2019). *Program Smart City Kota Bekasi Dinilai Hanya Sebatas Wacana*. <https://m.radaronstop.co>. <https://m.radaronstop.co/read/9979/Program-Smart-City-Kota-Bekasi-Dinilai-Hanya-Sebatas-Wacana>



NORMA DAN ETIKA KECERDASAN BUATAN DALAM PEMBANGUNAN KOTA PINTAR

Arif R. Dwiyanto^{1*}, Nurfiyah², Yoana Nurul Asri³

^{1,2} Universitas Bhayangkara Jakarta

³ Universitas Nurtanio Bandung

e-mail: arif.dwiyanto@ubharajaya.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) disebutkan bahwa teknologi kecerdasan buatan merupakan kemampuan mesin yang memiliki fungsi kognitif untuk melakukan pembelajaran dan pemecahan masalah sebagaimana halnya dilakukan manusia. Teknologi ini dapat diterapkan pada layanan administrasi pemerintahan untuk mengurangi beban kerja administrasi dan pada layanan publik untuk memecahkan permasalahan yang kompleks (Indonesia, 2018) (Cahyono Tri Birowo, 2023).

Teknologi kecerdasan buatan (AI) memiliki potensi besar untuk mengubah kehidupan masyarakat dan mendukung kemajuan ilmu pada pertumbuhan kota pintar (OECD. AI, n.d.)

Kecerdasan buatan didukung oleh teknologi *big data analytics* untuk menghasilkan informasi analisis dari data yang besar, tidak terstruktur, dan kompleks. Hasil analisis big data dimanfaatkan oleh mesin kecerdasan buatan untuk pembelajaran kondisi yang kompleks (Gandomi et al., 2023). Kecerdasan buatan tidak hanya meningkatkan akurasi data dengan mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan, tetapi juga memungkinkan melakukan analisis pola dan tren data secara real-time yang dapat berkontribusi pada penerapan pembangunan kota pintar (Andriyani, 2024).

Namun perubahan teknologi yang pesat ini juga menimbulkan pertanyaan kompleks tentang dampaknya terhadap orang lain dalam aspek masyarakat: pekerjaan, privasi, keamanan, inklusivitas dan keadilan. Ketika AI meningkatkan pengambilan keputusan manusia, bagaimana kita dapat memastikan bahwa negara tersebut memperlakukan semua orang secara adil, aman, dan dapat diandalkan? Bagaimana kita menghormati privasi? bagaimana bisa kita memastikan masyarakat tetap bertanggung jawab atas sistem yang menjadi lebih cerdas dan kuat? (Microsoft, 2018).

Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (PDP) telah mengatur dasar hukum bagi keempat subjek, yaitu perseorangan, korporasi, badan publik, dan organisasi internasional. Keempat subjek tersebut memiliki kewajiban untuk melindungi data pribadi konsumen, khususnya dalam penggunaan AI. Sedangkan data pribadi perseorangan yang dimaksud dalam UU tersebut merupakan data seseorang yang teridentifikasi secara tersendiri atau gabungan informasi lain, baik secara langsung ataupun tidak, dan melalui sistem elektronik atau non-elektronik. Kewajiban keempat subjek tersebut adalah memastikan apakah data yang digunakan oleh AI merupakan data yang didefinisikan sebagaimana dalam UU tersebut (Republik Indonesia, 2022).

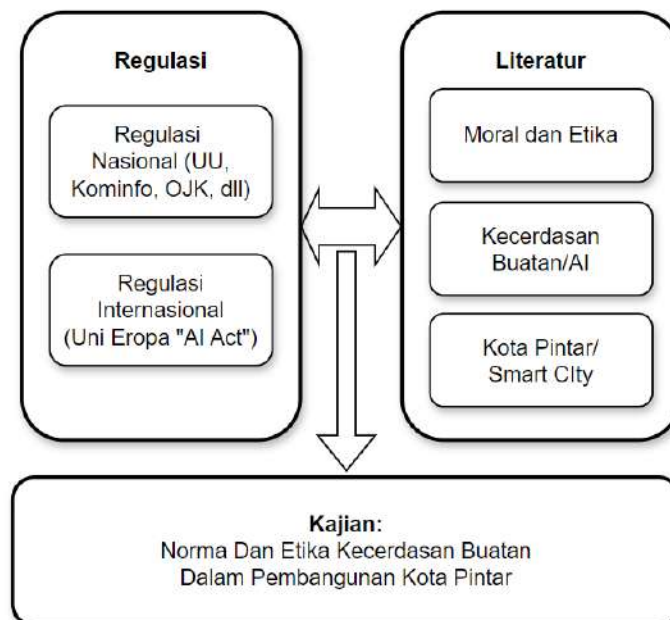
Disamping manfaat yang didapatkan dalam penerapan AI, terdapat risiko negatif yang dapat ditimbulkan terhadap individu, kelompok, organisasi, komunitas, masyarakat, dan lingkungan. Penerapan AI untuk *smart city* perlu memperhatikan aspek moral dan etika agar dapat memberikan manfaat namun tidak memberikan dampak negatif bagi warga sehingga dapat dilakukan secara aman dan produktif. Norma dan etika AI merupakan sebuah komponen kunci dalam pengembangan dan penggunaan sistem AI yang bertanggung jawab. Praktik AI yang bertanggung jawab dapat membantu menyelaraskan keputusan tentang desain, pengembangan, dan penggunaan sistem AI dengan tujuan dan nilai yang diinginkan sehingga aspek moral dan etika pada sistem AI akan menumbuhkan kepercayaan pada warga / masyarakat dengan berpedoman pada prinsip-prinsip etika yang mengakar kuat pada nilai-nilai yang berlaku.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah aspek etika dalam penerapan kecerdasan buatan telah menjadi perhatian pemerintahan di berbagai negara, hal ini kemudian dituangkan dalam bentuk panduan, pedoman, dan peraturan sampai dengan level undang-undang. Beberapa bentuk regulasi terkait AI di antaranya adalah:

1. Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) resmi merilis Surat Edaran nomor 9 tahun 2023 tentang Etika Kecerdasan Artifisial yang bertujuan untuk memberikan panduan kepada pelaku industri teknologi di Indonesia agar dapat memanfaatkan kecerdasan buatan (AI) dengan cara yang aman dan produktif (Komunikasi dan Informatika, n.d.).
2. Panduan Kode Etik Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/Ai) Yang Bertanggung Jawab Dan Terpercaya Di Industri Teknologi Finansial yang dikeluarkan Otoritas Jasa Keuangan tahun 2023 (Keuangan, n.d.)
3. Penggunaan kecerdasan buatan di Uni Eropa diatur oleh "AI Act" <https://artificialintelligenceact.eu/the-act/> . "AI Act" adalah undang-undang AI secara komprehensif pertama di dunia (Future Of Life Institute, n.d.).

Beberapa prinsip dasar dalam penerapan AI berdasarkan "IA Act" dari Uni Eropa adalah bermanfaat, adil dan akuntabel, transparan dan dapat dijelaskan, serta kokoh dan aman.

Kajian dalam tulisan ini menerapkan metode kualitatif melalui studi literatur dari regulasi dan literatur terkait penerapan AI sebagai tinjauan untuk mendapatkan data perbandingan. Regulasi baik yang ada di level internasional maupun level nasional seperti Undang-undang, surat edaran, pedoman dan prosedur dari instansi yang terkait. Sementara penelitian terkait etika dan juga teknologi penerapan AI dan kota pintar. Dari kajian literatur dan regulasi kemudian disusun penelitian ini sebagai rekomendasi terkait norma dan etika kecerdasan buatan dalam pembangunan kota pintar. Metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Kajian Literatur dan Regulasi

Regulasi dibuat untuk meminimalkan risiko dari penerapan teknologi. Teknologi berkembang sangat pesat dan regulasi menjadi alat kendali agar teknologi dalam hal ini kecerdasan buatan tidak memberikan dampak negatif bagi masyarakat.

PEMBAHASAN

Perkembangan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi pendorong utama berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam transformasi kota menuju kota pintar atau *smart city*. Kota pintar adalah konsep yang menggabungkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dengan infrastruktur kota untuk meningkatkan kualitas hidup, efisiensi operasi, dan layanan kota. AI memainkan peran kunci dalam mewujudkan konsep ini dengan menawarkan solusi inovatif untuk manajemen kota yang lebih efisien dan responsif. Namun, penerapan AI dalam konteks kota pintar tidak hanya berkaitan dengan kemajuan teknologi semata tetapi juga menimbulkan sejumlah isu dan risiko yang memerlukan perhatian serius terhadap norma dan etika.

Prinsip Etika dalam Konteks AI

Prinsip etika menjadi landasan penting dalam penerapan AI di kota pintar. Ada beberapa prinsip utama yang perlu diperhatikan:

1. **Transparansi:** AI harus beroperasi dengan transparansi tinggi agar pengguna dan pemangku kepentingan dapat memahami bagaimana keputusan diambil. Transparansi mencakup penjelasan tentang cara kerja algoritma dan data apa yang digunakan.
2. **Akuntabilitas:** Tanggung jawab atas keputusan yang diambil oleh sistem AI harus dapat ditelusuri kembali ke individu atau organisasi yang mengelolanya. Ini penting untuk memastikan bahwa jika terjadi kesalahan atau penyalahgunaan, sehingga ada pihak yang bertanggung jawab.
3. **Keadilan:** Sistem AI harus dirancang dan dioperasikan untuk mencegah diskriminasi dan memastikan bahwa semua kelompok masyarakat diperlakukan secara adil. Algoritma harus bebas dari bias yang dapat merugikan kelompok tertentu.

Tantangan Etis dalam Penerapan AI di Kota Pintar

Penerapan AI di kota pintar menghadapi berbagai tantangan etis yang signifikan:

1. **Privasi Data:** Kota pintar mengandalkan pengumpulan dan analisis data dalam jumlah besar, yang seringkali mencakup informasi pribadi warga. Hal ini menimbulkan kekhawatiran tentang privasi dan perlindungan data. Penting untuk memastikan bahwa data pribadi dilindungi dengan baik dan hanya digunakan untuk tujuan yang sah.
2. **Diskriminasi berbasis Algoritma:** Diskriminasi berbasis algoritma terjadi ketika algoritma secara tidak adil memengaruhi individu atau kelompok berdasarkan ras, jenis kelamin, agama, atau faktor lainnya. (Merza Gamal, 2023) Algoritma AI dapat secara tidak sengaja mengandung bias yang mencerminkan atau memperkuat ketidaksetaraan yang ada dalam masyarakat. Misalnya, sistem pengenalan wajah mungkin bekerja lebih baik pada kelompok etnis tertentu dibandingkan yang lain, yang dapat menyebabkan diskriminasi.
3. **Pengambilan Keputusan Otonom:** AI yang mampu mengambil keputusan secara otonom, seperti dalam sistem transportasi atau penegakan hukum, menimbulkan pertanyaan tentang kontrol manusia dan tanggung jawab atas keputusan tersebut. Apakah kita siap mempercayakan keputusan penting kepada mesin tanpa campur tangan manusia.

Pendekatan untuk Mengatasi Tantangan Etis

Untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut, beberapa pendekatan dapat diambil:

1. **Pengembangan Kerangka Kerja Regulasi:**

Regulasi yang jelas dan komprehensif diperlukan untuk mengatur penggunaan AI di kota pintar. Ini termasuk standar untuk perlindungan data, transparansi algoritma, dan tanggung jawab. Di Indonesia, Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) telah mengeluarkan regulasi terkait Etika Kecerdasan Artifisial yang bertujuan untuk memastikan penggunaan AI yang etis dan bertanggung jawab.

2. **Pelibatan Masyarakat dalam Pengambilan Keputusan:**

Keputusan terkait penerapan AI harus melibatkan masyarakat luas untuk memastikan bahwa berbagai perspektif dan kepentingan diperhatikan. Proses partisipatif ini membantu membangun kepercayaan dan legitimasi.

3. **Penerapan Prinsip Desain yang Berorientasi pada Keadilan:**

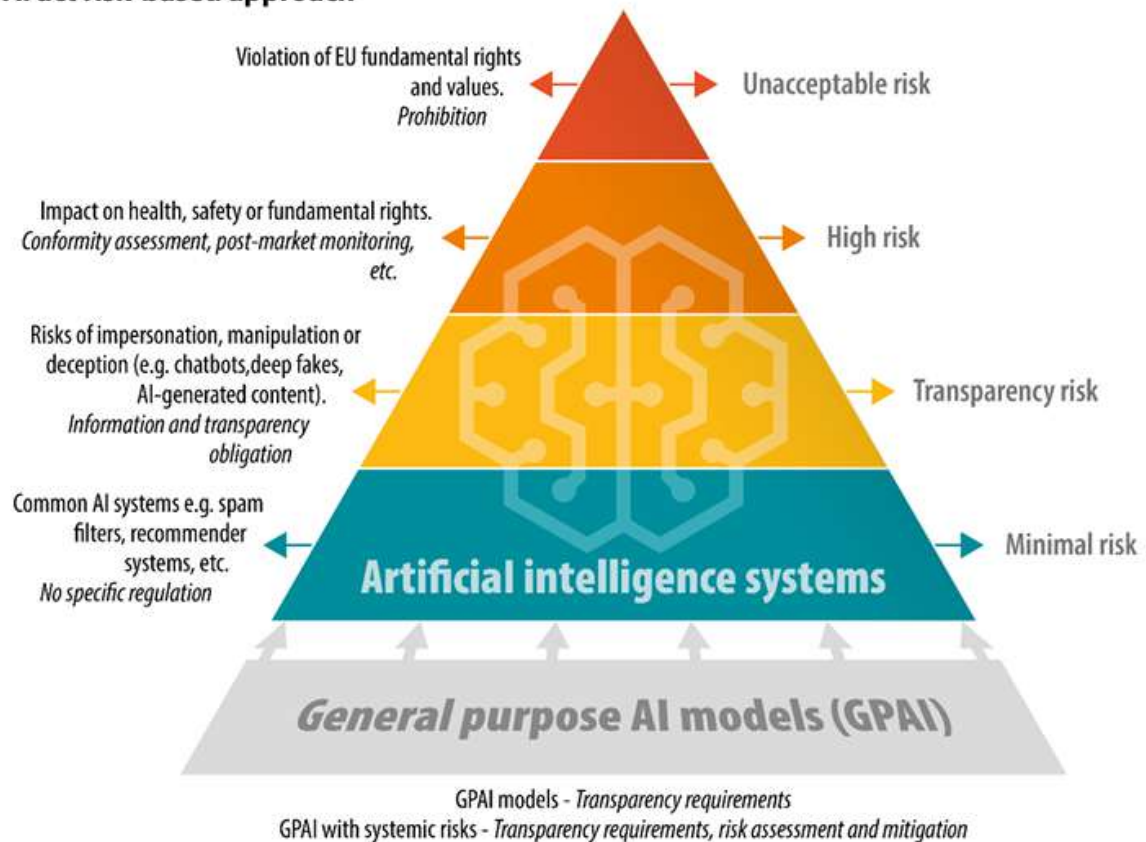
Desain sistem AI harus mempertimbangkan keadilan dan inklusivitas sejak awal. Ini termasuk pengujian dan validasi algoritma untuk mendeteksi dan menghilangkan bias serta memastikan akses yang adil bagi semua kelompok masyarakat.

Regulasi Etika AI

Berbagai regulasi telah diimplementasikan di berbagai negara untuk memastikan penerapan AI yang etis. Uni Eropa, misalnya, telah mengembangkan kerangka kerja regulasi AI yang mencakup pedoman etika, transparansi, dan akuntabilitas. Regulasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa AI digunakan dengan cara yang menghormati hak asasi manusia dan nilai-nilai demokratis.

Di Indonesia, Kemkominfo Kominfo telah mengeluarkan regulasi yang menekankan pentingnya transparansi, akuntabilitas, dan keadilan dalam penerapan AI. Regulasi ini mencakup pedoman untuk pengembangan dan penggunaan teknologi AI yang bertanggung jawab serta langkah-langkah untuk melindungi privasi dan data pribadi.

EU AI act risk-based approach



Gambar 2. EU AI Act menggunakan pendekatan berbasis risiko
Sumber: (Madiega, 2024)

Contoh Praktis Implementasi Etika dalam Pengembangan Kota Pintar

Beberapa contoh praktis dapat menunjukkan bagaimana prinsip-prinsip etika dapat diterapkan dalam pengembangan kota pintar:

1. **Transportasi Publik:** AI dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute transportasi publik, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan efisiensi layanan. Misalnya, di Singapura, sistem transportasi publik menggunakan AI untuk memprediksi dan mengelola aliran penumpang, memastikan perjalanan yang lebih lancar dan efisien.
2. **Manajemen Energi:** AI dapat membantu kota mengelola konsumsi energi secara lebih efisien. Di Barcelona, AI digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi di gedung-gedung publik dan mengurangi emisi karbon.
3. **Layanan Kesehatan:** AI dapat digunakan untuk meningkatkan layanan kesehatan dengan memprediksi wabah penyakit, mengelola sumber daya medis, dan memberikan perawatan yang lebih personal. Misalnya, di beberapa kota di Amerika Serikat, AI digunakan untuk menganalisis data kesehatan masyarakat dan mengidentifikasi area yang memerlukan intervensi segera.

Pentingnya Pendekatan Multidisiplin dan Kolaborasi

Untuk memastikan penerapan AI yang etis di kota pintar, diperlukan pendekatan multi-disiplin dan kolaborasi antara berbagai pihak. Pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil perlu bekerja sama untuk mengembangkan dan mengimplementasikan solusi AI yang tidak hanya efektif tetapi juga etis dan berkelanjutan.

Pemerintah memiliki peran penting dalam menetapkan regulasi dan standar etika. Sektor swasta dapat berkontribusi melalui inovasi teknologi dan investasi dalam penelitian dan pengembangan. Akademisi dapat menyediakan penelitian mendalam tentang dampak sosial dan etika dari AI, sementara masyarakat sipil dapat memastikan bahwa suara dan kepentingan publik diperhitungkan dalam setiap tahap pengembangan dan penerapan AI.

KESIMPULAN

Perkembangan teknologi Kecerdasan Buatan/Artificial Intelligence (AI) telah menjadi pendorong berbagai aspek kehidupan manusia termasuk penerapannya dalam transformasi kota menuju kota pintar/smart city. Namun, penerapan AI dalam konteks kota pintar tidak hanya berkaitan dengan kemajuan teknologi, tetapi juga menimbulkan sejumlah isu dan risiko. Tulisan ini mengeksplorasi peran norma dan etika dalam penerapan AI untuk pembangunan kota pintar yang berkelanjutan dan beradab. Pertama akan dibahas prinsip etika dalam konteks AI, termasuk transparansi, akuntabilitas, dan keadilan. Ini penting untuk memahami bagaimana keputusan yang dihasilkan oleh sistem berbasis AI dapat memengaruhi masyarakat secara keseluruhan. Tantangan-tantangan etis yang muncul dalam penerapan AI di kota pintar akan diuraikan, termasuk privasi data, diskriminasi berbasis algoritma, dan pengambilan keputusan secara otonom. Kemudian akan dikaji pendekatan-pendekatan yang dapat diambil untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, termasuk pengembangan kerangka kerja regulasi yang sesuai, pelibatan masyarakat yang luas dalam proses pengambilan keputusan, dan penerapan prinsip-prinsip desain yang berorientasi pada keadilan. Melalui pendekatan ini, kota-kota dapat memastikan bahwa penerapan AI tidak hanya membawa manfaat teknologi, tetapi juga menghormati nilai-nilai etika dan keadilan yang mendasari pembangunan yang berkelanjutan. Pada bagian ini juga akan diangkat regulasi Etika Kecerdasan Artifisial yang dikeluarkan oleh Kominfo, regulasi Uni Eropa terkait penerapan AI dan contoh regulasi lain yang terkait. Selanjutnya akan dibahas contoh-contoh praktis dari implementasi etika dalam pengembangan kota pintar, misalnya penggunaan AI untuk meningkatkan transportasi publik, manajemen energi, dan layanan kesehatan. Studi kasus ini memberikan wawasan tentang bagaimana prinsip-prinsip etika dapat diterapkan dalam konteks nyata untuk mencapai hasil yang positif bagi masyarakat. Terakhir, akan mengangkat pentingnya pendekatan multidisiplin dan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil dalam mempromosikan penerapan AI yang etis di kota pintar. Adopsi teknologi AI diperlukan untuk kota pintar, namun kita juga harus memastikan bahwa penerapannya selaras dengan nilai-nilai moral dan etika yang mendasari pembangunan kota yang berkelanjutan dan beradab.

Penerapan AI dalam pembangunan kota pintar menawarkan banyak manfaat, termasuk peningkatan efisiensi, kualitas hidup, dan layanan publik. Namun, untuk memastikan bahwa manfaat ini dapat dirasakan oleh semua lapisan masyarakat, penting untuk memperhatikan norma dan etika dalam setiap tahap pengembangan dan penerapan teknologi AI. Dengan mengadopsi prinsip-prinsip transparansi, akuntabilitas, dan keadilan, serta mengembangkan kerangka kerja regulasi yang komprehensif dan inklusif, kota-kota dapat memastikan bahwa AI digunakan dengan cara yang bertanggung jawab dan beradab.

Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil adalah kunci untuk mencapai tujuan ini. Dengan pendekatan yang holistik dan inklusif, kita dapat membangun kota pintar yang tidak hanya canggih secara teknologi tetapi juga berkelanjutan dan adil bagi semua. Ini adalah langkah penting menuju masa depan di mana teknologi AI dapat

digunakan untuk kebaikan bersama, menghormati nilai-nilai kemanusiaan, dan mendukung pembangunan kota yang beradab dan berkelanjutan.

SARAN

Perkembangan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi katalis utama dalam transformasi kota-kota menuju konsep kota pintar (smart city), yang dirancang untuk meningkatkan kualitas hidup dan efisiensi. Namun, penerapan AI dalam kota pintar tidak lepas dari tantangan etis yang signifikan yang harus dihadapi untuk memastikan pembangunan kota yang berkelanjutan dan beradab.

Dalam konteks ini, prinsip-prinsip etika seperti transparansi, akuntabilitas, dan keadilan menjadi sangat penting. Transparansi memastikan bahwa masyarakat memahami bagaimana keputusan diambil oleh sistem AI. Akuntabilitas menegaskan bahwa ada pihak yang bertanggung jawab atas keputusan tersebut. Sementara itu, keadilan mengharuskan sistem AI bebas dari bias yang dapat merugikan kelompok masyarakat tertentu.

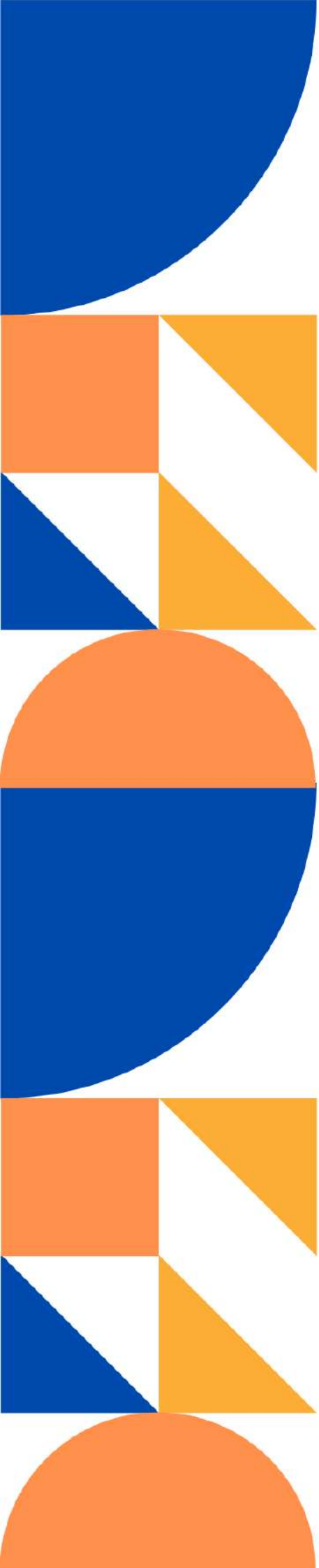
Beberapa tantangan etis utama dalam penerapan AI di kota pintar termasuk privasi data, diskriminasi berbasis algoritma, dan pengambilan keputusan otonom. Pengumpulan data dalam jumlah besar untuk keperluan kota pintar dapat mengancam privasi warga, sehingga perlindungan data pribadi harus dijaga dengan ketat. Selain itu, algoritma AI bisa mengandung bias yang mencerminkan atau memperkuat ketidaksetaraan sosial. Pengambilan keputusan secara otonom oleh AI juga menimbulkan kekhawatiran tentang kontrol manusia dan tanggung jawab atas keputusan tersebut.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, beberapa pendekatan dapat diambil. Pertama, pengembangan kerangka regulasi yang jelas dan komprehensif sangat penting. Di Indonesia, misalnya, Kementerian Komunikasi dan Informatika telah mengeluarkan regulasi tentang Etika Kecerdasan Artifisial untuk memastikan penggunaan AI yang etis. Kedua, pelibatan masyarakat dalam pengambilan keputusan akan memastikan berbagai perspektif dan kepentingan diperhatikan. Ketiga, penerapan prinsip desain yang berorientasi pada keadilan harus menjadi standar dalam pengembangan sistem AI.

Perlu dilakukan pendekatan berbasis risiko dalam penerapan AI. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil sangat penting untuk memastikan bahwa penerapan AI tidak hanya membawa manfaat teknologi tetapi juga menghormati nilai-nilai kemanusiaan dan keadilan, menuju pembangunan kota yang berkelanjutan dan beradab.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, W. (2024). *Data Sebagai Fondasi Kecerdasan Buatan*.
- Cahyono Tri Birowo. (2023). Pemanfaatan AI Pada Layanan Pemerintah Terintegrasi. In *Prosiding Use Cases Artificial Intelligence Indonesia: Embracing Collaboration for Research and Industrial Innovation in Artificial Intelligence*. Penerbit BRIN. <https://doi.org/10.55981/brin.668.c537>
- Future Of Life Institute. (n.d.). *EU Artificial Intelligence Act*. <https://Artificialintelligenceact.eu/the-act/>.
- Gandomi, A. H., Chen, F., & Abualigah, L. (2023). Big Data Analytics Using Artificial Intelligence. In *Electronics (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/electronics12040957>
- Indonesia, P. P. (2018, October 2). *Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik*. Peraturan Presiden (Perpres).
- Keuangan, O. J. (n.d.). *Panduan Kode Etik Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) yang Bertanggung Jawab dan Terpercaya*.
- Komunikasi dan Informatika, M. (n.d.). *Etika Kecerdasan Artifisial*.
- Madiega, T. (2024). *Artificial Intelligence Act*.
- OECD. AI, P. O. (n.d.). *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)*. <https://Oecd.ai/En/Catalogue/Tools/Artificial-Intelligence-Risk-Management-Framework-%28ai-Rmf-1.0%29>.
- Republik Indonesia, P. (2022). *Undang-Undang Tentang Perlindungan Data Pribadi*.
- Microsoft, N. (2018). *The Future Computed: Artificial Intelligence and its role in society*.



REGULASI & KONTRIBUSI AI: MEWUJUDKAN INKLUSIVITAS TEKNOLOGI DALAM TRANSPORTASI JAKLIGKO UNTUK PENYENDANG DISABILITAS

Firman F^{1*} & Wagiman²

^{1,2} Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta,

PENDAHULUAN

Kendala yang dihadapi oleh penyandang disabilitas dalam mengakses transportasi publik seringkali menciptakan hambatan yang signifikan bagi kehidupan sehari-hari mereka. Dari stasiun yang tidak dilengkapi dengan fasilitas aksesibilitas hingga kurangnya pelatihan bagi pengemudi transportasi umum, berbagai faktor ini secara kolektif mempersempit pilihan mobilitas bagi penyandang disabilitas, mengakibatkan mereka kesulitan untuk mencapai lokasi yang dibutuhkan. Belum lagi pada penyediaan aplikasi yang belum mengakomodir dan ramah terhadap penyandang disabilitas.

Akibatnya, mereka mungkin terbatas dalam mengikuti aktivitas sosial, akses ke pelayanan kesehatan, atau peluang pekerjaan, yang berpotensi menyebabkan isolasi sosial dan kesenjangan ekonomi yang lebih dalam. Ketidakmampuan untuk mengakses sarana transportasi bukan hanya merupakan kendala fisik, tetapi juga memiliki dampak yang mendalam secara sosial dan ekonomi bagi penyandang disabilitas. Terbatasnya aksesibilitas transportasi dapat mengisolasi individu ini dari jaringan sosial dan peluang ekonomi yang ada di masyarakat. Dalam situasi di mana transportasi yang mudah diakses seringkali menjadi kunci untuk kemandirian dan integrasi sosial, hambatan ini dapat memperburuk ketidaksetaraan dan menghalangi kemajuan mereka dalam berbagai aspek kehidupan (A.W.K et al., 2020; Ariya & Putranto, 2020).

Keberadaan teknologi informasi juga menjadi tidak terelakkan dalam membangun kemajuan dalam aksesibilitas transportasi. Kecerdasan buatan (AI) dan teknologi lainnya membuka peluang baru untuk mengatasi tantangan aksesibilitas dalam transportasi bagi penyandang disabilitas. Dengan kemampuan untuk menganalisis data secara cepat dan akurat, AI dapat mengidentifikasi pola-pola dalam mobilitas penyandang disabilitas dan merancang solusi yang sesuai. Misalnya, penggunaan aplikasi mobile yang didukung AI dapat memberikan informasi real-time tentang rute transportasi yang ramah disabilitas, menyediakan rekomendasi perjalanan yang optimal berdasarkan kebutuhan individu, serta membantu mengoordinasikan transportasi dari pintu ke pintu. Sensor pintar yang terhubung dengan AI juga dapat memantau kondisi fasilitas transportasi, seperti lift atau tangga eskalator, untuk memastikan bahwa mereka berfungsi dengan baik dan aman digunakan oleh penyandang disabilitas. Dengan mengintegrasikan teknologi AI ke dalam infrastruktur transportasi, kita dapat meningkatkan ketersediaan layanan yang lebih inklusif bagi penyandang disabilitas. Algoritma cerdas dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan lalu lintas dan memperhitungkan kebutuhan mobilitas khusus, seperti memberikan prioritas kepada kendaraan yang mengangkut penyandang disabilitas atau menyesuaikan jadwal transportasi umum sesuai dengan permintaan pengguna. Dengan demikian, penerapan solusi teknologi yang didukung AI tidak hanya membantu meningkatkan aksesibilitas transportasi secara langsung, tetapi juga mempromosikan inklusivitas dalam pengembangan infrastruktur dan layanan transportasi secara keseluruhan (Fitriani, 2023; Maulana et al., 2023; Wahyudiyanta, 2023)

Perspektif hukum dikenal terminology *Smart Sustainable Cities* atau U4SSC yang merupakan inisiatif global Perserikatan Bangsa-Bangsa yang dikoordinasikan oleh ITU (*International Telecommunication Union*) dan UNECE (*Nations Economic Commission for Europe*) serta UN-Habitat. Ketiga komponen ini menyediakan platform internasional untuk pertukaran informasi dan pembangunan kemitraan untuk memandu kota dan komunitas.

Regulasi-regulasi yang dihasilkan oleh ITU, UNECE, dan UN Habitat ini tertuang dalam perjanjian-perjanjian internasional yang kemudian dikembangkan dalam peraturan perundang-undangan Indonesia. Untuk memfokuskan penulisan topik ini, penulis hanya memfokuskan smart city pada sektor transportasi atau *smart mobility*, lebih khususnya lagi *JakLingko*.

Guna mewujudkan transportasi yang inklusif bagi penyandang disabilitas, peran regulasi yang mendukung sangatlah penting. Regulasi yang tepat dapat menjadi landasan untuk memastikan bahwa solusi teknologi yang dikembangkan memenuhi standar aksesibilitas yang jelas dan dapat diakses oleh semua individu tanpa terkecuali. Hal ini mencakup persyaratan teknis yang jelas mengenai desain dan implementasi teknologi, seperti tuntutan akan antarmuka yang ramah disabilitas dan kemampuan untuk berintegrasi dengan perangkat bantu yang digunakan oleh penyandang disabilitas. Selain itu, kerangka kerja hukum yang mendukung inovasi juga penting untuk memfasilitasi pengembangan dan implementasi solusi teknologi inklusif dalam transportasi. Regulasi harus memberikan insentif kepada perusahaan dan pengembang teknologi untuk berinvestasi dalam riset dan pengembangan solusi aksesibilitas, serta memberikan perlindungan hukum terhadap hak-hak pengguna dengan disabilitas. Dengan adanya regulasi yang memadai, para pemangku kepentingan dapat bekerja sama untuk menciptakan lingkungan yang kondusif bagi inovasi dalam transportasi yang memperhatikan kebutuhan semua individu, termasuk penyandang disabilitas.

Dengan AI, pengoperasian transportasi Jakligko dapat ditingkatkan melalui sistem pengelolaan lalu lintas yang lebih cerdas, prediksi kebutuhan penumpang secara real-time, serta analisis data untuk merancang rute yang lebih efisien dan aksesibel. Selain itu, implementasi teknologi AI dalam angkot dapat menghadirkan inovasi seperti kendaraan otonom atau semi-otonom, yang memiliki potensi untuk meningkatkan keamanan perjalanan dengan mengurangi risiko kecelakaan dan meminimalkan human error. Dengan demikian, penggunaan kecerdasan buatan dalam transportasi Jakligko tidak hanya mengoptimalkan efisiensi dan keamanan, tetapi juga mendorong inklusivitas dengan memperluas aksesibilitas bagi semua individu, termasuk penyandang disabilitas, dalam mengakses layanan transportasi yang diperlukan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah peran regulasi dan kontribusi teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam mewujudkan inklusivitas dalam transportasi, khususnya dalam konteks pengembangan layanan transportasi untuk penyandang disabilitas di Jakarta, seperti Angkutan Kota (Angkot) JakLingko. Regulasi dan kontribusi AI menjadi sangat penting dalam menciptakan lingkungan transportasi yang ramah disabilitas dan meningkatkan aksesibilitas bagi semua individu, termasuk mereka yang memiliki kebutuhan khusus. Dalam bab ini, akan dibahas mengenai tantangan dan hambatan yang dihadapi dalam menciptakan transportasi yang inklusif bagi penyandang disabilitas, termasuk kurangnya aksesibilitas fisik, kurangnya pendidikan dan kesadaran, serta keterbatasan teknologi. Selain itu, bab ini juga akan membahas potensi pengaturan inklusivitas bagi penyandang disabilitas melalui regulasi yang mendukung, serta kontribusi teknologi AI dalam mengatasi hambatan tersebut.

Secara khusus, pembahasan akan mencakup analisis terhadap regulasi yang ada dan kontribusi teknologi AI dalam meningkatkan aksesibilitas transportasi bagi penyandang disabilitas, dengan fokus pada studi kasus implementasi di Angkot JakLingko di Jakarta. Dengan memperkuat

regulasi yang mendukung dan mengoptimalkan kontribusi teknologi AI, diharapkan dapat diciptakan lingkungan transportasi yang lebih inklusif dan ramah disabilitas bagi semua individu. Kondisi faktual Indonesia kaitannya dengan regulasi masih belum optimal, jika dibandingkan dengan beberapa negara Asean. Namun yang lebih penting, terbitnya beberapa regulasi terkait dengan fasilitas pelayanan penyandang disabilitas dalam pelaksanaannya dinilai masih minim.

PEMBAHASAN

Dilema Mengatur AI dan Transportasi

Mengatur kecerdasan buatan (AI) dalam konteks transportasi membawa tantangan dan dilema yang kompleks. Di satu sisi, penggunaan AI dalam transportasi menjanjikan berbagai manfaat, termasuk peningkatan keamanan, efisiensi, dan aksesibilitas. Namun, di sisi lain, ada beberapa isu yang perlu dipertimbangkan dalam merancang regulasi yang efektif. Salah satu dilema utama adalah sejauh mana regulasi harus mengatur AI dalam transportasi untuk memastikan bahwa teknologi tersebut digunakan secara etis dan aman. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan AI dalam kendaraan otonom atau sistem manajemen lalu lintas dapat menimbulkan risiko keamanan dan privasi, serta potensi untuk menggantikan pekerjaan manusia. Oleh karena itu, perlu ada keseimbangan antara mendorong inovasi dan melindungi kepentingan masyarakat secara keseluruhan. Selain itu, regulasi harus menciptakan kerangka kerja yang mendukung pengembangan dan adopsi teknologi AI yang inklusif. Hal ini mencakup memastikan bahwa solusi AI dalam transportasi tidak meninggalkan kelompok-kelompok yang rentan, seperti penyandang disabilitas, dan bahwa ada akses yang adil terhadap teknologi ini bagi semua orang. Dengan mempertimbangkan berbagai aspek ini, penting bagi pembuat kebijakan untuk bekerja sama dengan ahli teknologi, industri, dan masyarakat umum untuk merancang regulasi yang seimbang dan progresif. Hal ini memungkinkan pemanfaatan potensi penuh dari AI dalam transportasi sambil memastikan bahwa nilai-nilai etika, keamanan, dan inklusivitas tetap terjaga.

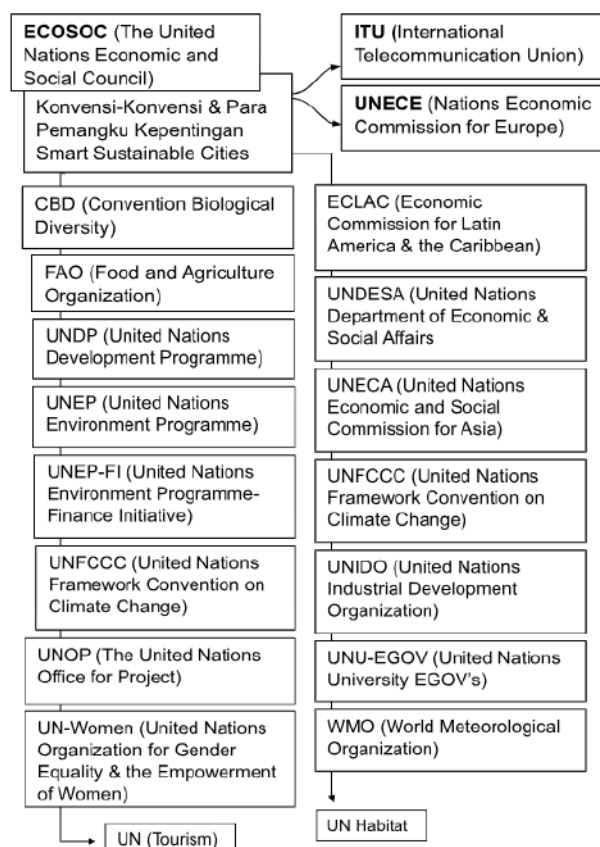
Pertama, hukum harus mencerminkan keadilan, yaitu memastikan bahwa penggunaan AI dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam transportasi, tidak menyebabkan diskriminasi atau ketimpangan sosial. Regulasi harus mengakomodasi kebutuhan semua pihak, termasuk penyandang disabilitas, dan memastikan bahwa akses terhadap teknologi AI tidak terbatas pada kelompok-kelompok tertentu saja. *Kedua*, hukum harus menegakkan ketertiban, baik dalam hal keamanan maupun stabilitas. Regulasi AI harus memastikan bahwa teknologi yang digunakan dalam transportasi mematuhi standar keamanan yang ketat, terutama ketika melibatkan kendaraan otonom. Hal ini juga mencakup perlindungan terhadap data pribadi dan privasi pengguna, serta penanganan yang tepat terhadap risiko kecelakaan atau kegagalan sistem. *Ketiga*, hukum harus memberikan kepastian hukum bagi semua pihak yang terlibat dalam pengembangan, implementasi, dan penggunaan teknologi AI.

Regulasi harus jelas dan dapat dipahami oleh semua pihak, termasuk perusahaan teknologi, pengguna transportasi, dan masyarakat umum. Hal ini akan membantu mencegah ambiguitas dalam penerapan hukum dan memastikan bahwa semua pihak memahami tanggung jawab mereka dalam menggunakan teknologi AI secara bertanggung jawab. Dalam konteks Indonesia, mengingat perkembangan teknologi AI yang pesat, penting bagi regulasi untuk terus beradaptasi dan berkembang sesuai dengan perubahan dalam teknologi dan tuntutan sosial. Pembuat kebijakan harus bekerja sama dengan para ahli teknologi, akademisi, dan masyarakat sipil untuk merancang regulasi yang efektif, progresif, dan memperhitungkan

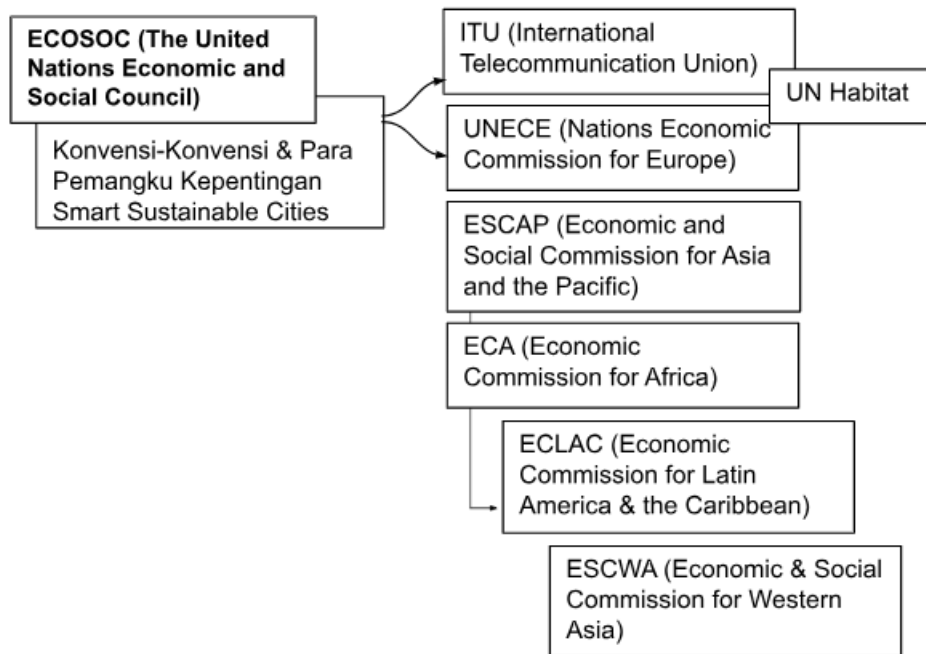
kepentingan semua pihak yang terlibat.

Kota Cerdas Berkelanjutan (*Smart Sustainable Cities*)

Dari perspektif hukum, regulasi-regulasi yang berkaitan dengan *United for Smart Sustainable Cities* (U4SSC) merupakan sebuah upaya global yang diprakarsai oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), yang dikoordinasikan oleh *International Telecommunication Union* (ITU), *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE), dan UN-Habitat. Ini juga mendapat dukungan dari berbagai lembaga dan badan PBB lainnya seperti Convention Biological Diversity (CBD), Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), *Food and Agriculture Organization* (FAO), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), United Nations Development Programme (UNDP), dan berbagai lembaga PBB lainnya. U4SSC (United for Smart Sustainable Cities) memainkan peran penting dalam menyediakan platform internasional yang memungkinkan pertukaran informasi serta pembangunan kemitraan yang efektif. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan panduan kepada kota-kota dan komunitas dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yang telah ditetapkan oleh PBB. Skema pernyataan Kota Cerdas Berkelanjutan (United for Smart Sustainable Cities) menjadi landasan bagi berbagai inisiatif dan tindakan yang bertujuan untuk meningkatkan keberlanjutan perkotaan secara global. Keterlibatan berbagai badan PBB seperti Pariwisata PBB, World Meteorological Organization (WMO), dan United Nations Environment Programme (UNEP) menambah kekuatan serta cakupan dari inisiatif U4SSC ini. Melalui kerjasama lintas badan ini, diharapkan dapat diciptakan solusi yang holistik dan terintegrasi untuk tantangan keberlanjutan perkotaan yang semakin mendesak. Dengan demikian, U4SSC menjadi sebuah upaya bersama yang sangat signifikan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal dan global (Sang, Z., & Li, K., 2019).



Bagan: U4SSC (United for Smart Sustainable Cities)

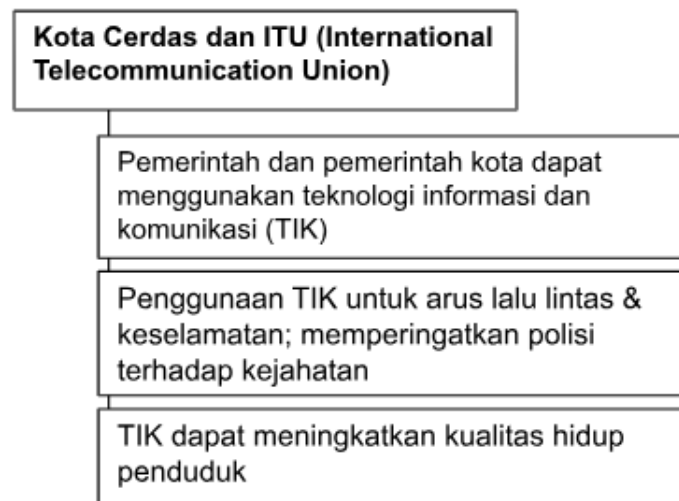


Bagan: Smart Sustainable Cities Suatu Kolaborasi ITU, UNECE & UN-Habitat

Regulasi ECOSOC dan Pengaturan UNECE

Komisi Ekonomi Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Eropa (UNECE) merupakan salah satu dari lima komisi regional di bawah Dewan Ekonomi dan Sosial Perserikatan Bangsa-Bangsa atau *The United Nations Economic and Social Council* (ECOSOC). Peran UNECE dan *International Telecommunication Union* (ITU) sangatlah penting dalam konteks pembangunan Kota Cerdas Berkelanjutan. UNECE, didirikan pada tahun 1947, bertujuan utamanya adalah untuk mendorong integrasi ekonomi di Eropa. Dengan 56 negara anggota yang tersebar di Eropa, Amerika Utara, dan Asia, UNECE juga terbuka bagi partisipasi negara-negara anggota PBB lainnya serta lebih dari 70 organisasi profesi internasional dan non-pemerintah (Sharp, W. R., 1969).

Kerangka kerja UNECE telah ditetapkan oleh ECOSOC, menetapkan landasan penting bagi berbagai inisiatif di wilayah tersebut. Kolaborasi antara ITU, UNECE, dan UN-Habitat dalam mengembangkan skema Kota Cerdas Berkelanjutan menjadi suatu contoh konkret bagaimana badan-badan PBB bekerja bersama untuk mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, UNECE memberikan kontribusi yang signifikan dalam memperkuat kerjasama lintas-batas untuk memajukan inovasi dan solusi yang mengarah pada pembangunan kota yang cerdas dan berkelanjutan secara global. Melalui partisipasi negara-negara anggota serta organisasi profesi dan non-pemerintah yang beragam, UNECE mampu menjadi wadah bagi berbagai pemangku kepentingan untuk berkolaborasi dalam merumuskan kebijakan dan praktik terbaik dalam pembangunan kota. Dengan demikian, peran UNECE tidak hanya terbatas pada tingkat regional, tetapi juga memiliki dampak yang signifikan dalam membentuk pandangan global tentang bagaimana Kota Cerdas Berkelanjutan dapat direalisasikan secara efektif (Finer, H., 1946).



Persatuan Telekomunikasi Internasional atau ITU (*International Telecommunication Union*), yaitu badan khusus PBB untuk teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Organisasi Persatuan Telekomunikasi Internasional ini terdiri dari 193 Negara Anggota dan lebih dari 1000 perusahaan, universitas, serta organisasi internasional dan regional. Berkantor pusat di Jenewa, Swiss, dan dengan kantor regional di setiap benua, Persatuan Telekomunikasi Internasional merupakan badan tertua di lingkungan PBB. Transformasi digital mengubah cara berpikir tentang kehidupan sosial, bisnis, dan pendidikan. Percepatan laju transformasi digital serta peluang terkait untuk menata ulang perencanaan kota dan investasi dapat membantu menyelaraskan kembali pembangunan perkotaan dengan jalur yang sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan SDGs (*United Nations Sustainable Development Goals*) PBB. Cara kerja standardisasi ITU dan mendukung inisiatif kolaborasi yang memungkinkan kemajuan bersama menuju kota dan komunitas cerdas yang berkelanjutan (<https://www.itu.int/>).

Persatuan Telekomunikasi Internasional (ITU), menentukan tiga hal penting terkait dengan *Smart City*, yaitu: (1) Pemerintah dan pemerintah kota dapat menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), yang dikombinasikan dengan energi terbarukan dan teknologi lainnya, untuk membangun kota yang lebih cerdas dan berkelanjutan bagi warganya. Kota cerdas yang berkelanjutan adalah kota yang inovatif. Pemerintah menggunakan TIK untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, membuat operasi dan layanan perkotaan menjadi lebih efisien, dan meningkatkan daya saing kota, sekaligus memastikan bahwa kota tersebut memenuhi kebutuhan ekonomi, sosial, lingkungan, dan budaya generasi sekarang dan masa depan; (2) Belum ada kota yang seluruh sistem dan layanan perkotaannya terhubung. Namun, banyak kota yang sudah berada di jalur menuju kota cerdas dan berkelanjutan. Mereka mengandalkan TIK, misalnya, untuk meningkatkan efisiensi energi dan pengelolaan limbah, meningkatkan perumahan dan layanan kesehatan, mengoptimalkan arus lalu lintas dan keselamatan, memantau kualitas udara, memperingatkan polisi terhadap kejahatan yang terjadi di jalanan, dan menjaga kualitas air dan sanitasi yang tinggi; dan (3) Menjadikan masyarakat pedesaan cerdas dan berkelanjutan dapat meningkatkan kualitas hidup penduduk pedesaan dan membantu mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau SDGs (*Sustainable Development Goals*) PBB. TIK dapat membantu mempercepat pencapaian seluruh 17 SDG, termasuk SDG 11, yang menyerukan penciptaan kota dan komunitas yang berkelanjutan.

Regulasi dan Arah Smart Cities di Indonesia

Sejak tahun 2017, Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) telah memulai Gerakan Smart City yang bertujuan untuk meningkatkan mobilitas, meningkatkan kualitas hidup, mempromosikan pembangunan ramah lingkungan, serta memperluas penggunaan sumber energi terbarukan. Gerakan ini juga dimaksudkan untuk mengoordinasikan berbagai sektor di tingkat pemerintah daerah dan menggalang kerjasama antara pemerintah daerah, pemerintah pusat, pelaku usaha, dan bahkan negara lain dalam pengembangan smart city. Melalui inisiatif ini, tujuan utamanya adalah untuk mencapai integrasi yang lebih baik antara sektor-sektor tersebut guna menciptakan kota-kota yang pintar dan berkelanjutan secara holistik. Teknis terkait regulasi Smart City diuraikan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 59 tahun 2022 tentang Perkotaan untuk mendukung pelaksanaan Kota Cerdas. PP No. 59 ini mencakup tiga aspek utama, yakni Rencana Penyelenggaraan Pengelolaan Perkotaan (RP2P), standar pengelolaan perkotaan, dan konsep Kota Cerdas. Di Pasal 41 Ayat 1, PP No. 59 Tahun 2022 tentang Perkotaan, disebutkan bahwa Indeks perkotaan berkelanjutan mengadopsi Standar Nasional Indonesia. Langkah ini memperkuat kebutuhan akan standar yang konsisten dalam pengembangan Kota Cerdas dan berkelanjutan.

Gerakan Smart City di Indonesia, yang dicanangkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) sejak tahun 2017, merupakan langkah progresif dalam meningkatkan kualitas hidup dan efisiensi infrastruktur perkotaan. Fokus utama dari inisiatif ini adalah untuk memperbaiki mobilitas, menciptakan lingkungan yang lebih ramah lingkungan, dan mempromosikan penggunaan sumber energi terbarukan. Melalui kemitraan antara pemerintah daerah, pemerintah pusat, dunia usaha, dan bahkan negara lain, Smart City bertujuan untuk menyelaraskan berbagai sektor dan mengintegrasikan teknologi modern dalam penyediaan layanan publik.

Regulasi yang terkait dengan pengembangan Smart City di Indonesia diatur secara teknis melalui Peraturan Pemerintah No. 59 tahun 2022 tentang Perkotaan dalam Mendukung Implementasi Kota Cerdas. Dokumen ini menguraikan tiga hal penting, yaitu Rencana Penyelenggaraan Pengelolaan Perkotaan (RP2P), standar pengelolaan perkotaan, dan konsep Kota Cerdas itu sendiri. Pasal 41 Ayat 1 dari PP No. 59 Tahun 2022 menekankan pentingnya mengacu pada Standar Nasional Indonesia dalam menentukan Indeks Perkotaan Berkelanjutan. Langkah ini memberikan dasar yang kuat untuk memastikan bahwa Smart City yang dikembangkan juga berkelanjutan, serta memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan secara nasional. Dengan demikian, regulasi ini bukan hanya mengatur aspek teknis, tetapi juga memberikan arah yang jelas dalam upaya menciptakan kota-kota yang cerdas dan berkelanjutan di Indonesia.

Regulasi Jakarta Smart City & Harmonisasinya

Peraturan Gubernur DKI Jakarta (Pergub) No. 144 Tahun 2019, yang mengatur khusus mengenai *Smart City* terdapat dalam “BAB VII UNIT PELAKSANA TEKNIK”, Bagian Ketiga tentang “Unit Pengelola Jakarta Smart City” mulai Pasal 62 sampai dengan Pasal 68. Di Pasal 62 disebutkan: Ayat (1) Unit Pengelola Jakarta Smart City berkedudukan di bawah dan bertanggung jawab kepada Kepala Dinas; Ayat (2) Unit Pengelola Jakarta Smart City sebagaimana dimaksud pada Ayat 1, dipimpin oleh Kepala Unit.

Pasal 63 menjelaskan bahwa Unit Pengelola Jakarta Smart City bertanggung jawab untuk mengembangkan ekosistem yang mendukung pembangunan Provinsi dan kota cerdas di area Pemerintahan Provinsi DKI Jakarta. Dalam menjalankan tugasnya, Unit Pengelola Jakarta Smart City melaksanakan fungsi-fungsi utama dapat dilihat pada berikut ini.

Unit Pengelola Jakarta Smart City memiliki tanggung jawab dalam beberapa bidang, termasuk penyusunan Rencana Strategis, Rencana Kerja, dan Rencana Kerja serta Anggaran Dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya. Selain itu, unit ini bertanggung jawab atas pelaksanaan Dokumen Pelaksanaan Anggaran Dinas sesuai dengan tugasnya yang telah ditetapkan. Unit Pengelola Jakarta Smart City juga bertanggung jawab atas perumusan kebijakan, proses bisnis, standar, dan prosedur yang berlaku di dalamnya. Selain merumuskan, unit ini juga bertanggung jawab atas pelaksanaan kebijakan, proses bisnis, standar, dan prosedur yang telah ditetapkan. Tanggung jawabnya juga mencakup pelaksanaan pengelolaan pusat pemantauan operasi (pemantauan room) Jakarta Smart City, pengelolaan, pemanfaatan, dan pengendalian sistem elektronik Jakarta Smart City beserta infrastrukturnya, serta pengelolaan portal resmi Jakarta Smart City.



Unit Pengelola Jakarta Smart City bertanggung jawab atas sejumlah kegiatan yang meliputi fasilitasi penyampaian aspirasi dan opini publik kepada Pemerintah Daerah mengenai berbagai informasi terkait pemerintahan, ekonomi, lingkungan, mobilitas, pendidikan, kesehatan, dan topik lainnya. Tugasnya juga mencakup pengumpulan, pengolahan, dan analisis data terkait pengaduan, kendala, serta masalah yang dihadapi oleh masyarakat, serta penyusunan laporan dan tindak lanjut yang diperlukan. Selain itu, unit ini bertanggung jawab atas pengelolaan dan pelaporan data dan informasi terkait pemerintahan, ekonomi, lingkungan, mobilitas, pendidikan, kesehatan, dan aspek lain yang terkait dengan Jakarta

Smart City, serta melakukan pemantauan dan evaluasi atas aspirasi dan opini publik yang disampaikan.

Selain itu, Unit Pengelola Jakarta Smart City juga bertanggung jawab atas perencanaan, kajian, dan analisis terkait pengelolaan Jakarta Smart City secara keseluruhan. Unit ini juga menangani pengelolaan tarif layanan informasi, penyusunan standar sistem, integrasi data, dan pengelolaan ruang kerja digital yang terhubung dengan sistem Jakarta Smart City. Tugas tambahan termasuk pelaksanaan fungsi kesekretariatan, serta koordinasi, pemantauan, evaluasi, pelaporan, dan pertanggungjawaban atas pelaksanaan semua tugas yang diemban oleh Unit Pengelola Jakarta Smart City, termasuk pelaksanaan tugas-tugas kedinasan lain yang diberikan oleh Kepala Dinas.

Dalam Pasal 64 Pergub No. 144 Tahun 2019, diatur bahwa Bagian Tata Usaha memiliki kedudukan di bawah dan bertanggung jawab kepada Kepala Unit. Bagian Tata Usaha dipimpin oleh Kepala Bagian dan memiliki tugas untuk menyusun Rencana Strategis, Rencana Kerja, dan Rencana Kerja serta Anggaran Dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya. Selain itu, Bagian Tata Usaha juga bertanggung jawab untuk mengoordinasikan penyusunan Rencana Strategis, Rencana Kerja, dan Rencana Kerja serta Anggaran Dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya, serta melaksanakan Dokumen Pelaksanaan Anggaran Dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya.

Unit Pengelola Jakarta Smart City memiliki sejumlah tanggung jawab yang meliputi berbagai bidang operasional. Salah satu tanggung jawabnya adalah mengoordinasikan pelaksanaan Dokumen Pelaksanaan Anggaran Dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya. Selain itu, unit ini juga bertanggung jawab atas merumuskan kebijakan, proses bisnis, standar, dan prosedur yang berlaku di dalamnya serta melaksanakan kebijakan, proses bisnis, standar, dan prosedur tersebut sesuai dengan tugasnya. Selanjutnya, Unit Pengelola Jakarta Smart City juga memiliki tanggung jawab dalam mengelola kepegawaian, keuangan, dan barang-barang yang dimiliki oleh unit tersebut. Tugas-tugas lainnya mencakup pengelolaan kerumahtanggaan, ketatalaksanaan, ketatausahaan, kearsipan, kehumasan, serta pengelolaan data dan sistem informasi. Unit ini juga bertanggung jawab atas koordinasi, pemantauan, evaluasi, pelaporan, dan pertanggungjawaban pelaksanaan tugas sesuai dengan ruang lingkupnya serta mengoordinasikan pelaksanaan tugas-tugas tersebut. Disamping itu, Unit Pengelola Jakarta Smart City juga diamanahkan untuk melaksanakan tugas-tugas kedinasan lain yang diberikan oleh Kepala Unit Pengelola Jakarta Smart City.

Pasal 68 dalam Pergub No. 144 Tahun 2019 mengatur mengenai Satuan Pelaksana Pengembangan Sistem yang memiliki peran penting dalam pengembangan dan pengelolaan sistem di lingkungan Unit Pengelola Jakarta Smart City. Unit ini berada di bawah pengawasan dan bertanggung jawab kepada Kepala Unit, dan dipimpin oleh seorang Koordinator sebagai kepala unit kerja nonstruktural. Koordinator tersebut diangkat dan diberhentikan oleh Kepala Dinas atas usul Kepala Unit, menegaskan hubungan hierarki dan tanggung jawab antara unit kerja tersebut. Satuan Pelaksana Pengembangan Sistem memiliki serangkaian tugas yang mencakup penyusunan rencana strategis, rencana kerja, dan rencana kerja serta anggaran dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya, serta melaksanakan dokumen pelaksanaan anggaran dinas sesuai dengan ruang lingkup tugasnya.

Selain itu, unit ini juga memiliki tanggung jawab dalam merumuskan kebijakan, proses bisnis, standar, dan prosedur yang berlaku di dalam Unit Pengelola Jakarta Smart City serta melaksanakan kebijakan, proses bisnis, standar, dan prosedur tersebut sesuai dengan ruang lingkup tugasnya. Selanjutnya, Satuan Pelaksana Pengembangan Sistem bertugas dalam melaksanakan pembangunan dan pengembangan sistem informasi atau aplikasi Jakarta Smart City, serta mengelola pusat pengendali operasi dan portal resmi Jakarta Smart City. Unit ini juga bertanggung jawab atas penyusunan rencana pembangunan dan pengembangan sistem elektronik untuk kebutuhan internal dan pengguna Jakarta Smart City. Tugas lainnya meliputi koordinasi, pemantauan, evaluasi, pelaporan, dan pertanggungjawaban pelaksanaan tugas Unit Pengelola Jakarta Smart City sesuai dengan ruang lingkupnya, serta pelaksanaan tugas kedinasan lain yang diberikan oleh Kepala Unit.

Smart Mobility & Penyandang Disabilitas

Dari sudut pandang hukum, Peraturan Menteri, yang secara khusus diwakili oleh Peraturan Menteri (Permenhub), Nomor 98 Tahun 2017 mengenai Penyediaan Aksesibilitas Pada Pelayanan Jasa Transportasi Publik Bagi Pengguna Jasa Berkebutuhan Khusus, masih menimbulkan beberapa isu yang belum terselesaikan. Sejatinya, Permenhub No. 98 ini bertujuan untuk memperbaiki dan melengkapi Keputusan Menteri, yang dalam konteks ini diwakili oleh Keputusan Menteri Perhubungan (Kepmenhub) Nomor 71 Tahun 1999 mengenai Aksesibilitas bagi Penyandang Cacat dan Orang Sakit. Di dalam Pasal 1 Permenhub Nomor 98 Tahun 2017, konsep-konsep seperti 'Aksesibilitas', 'Pengguna Jasa Berkebutuhan Khusus', dan 'Penyandang Disabilitas' telah disesuaikan dengan adanya layanan Busway Transjakarta dan penggunaan Angkot JakLingko.

Pasal (3) dari Peraturan Menteri Nomor 89 menentukan kriteria untuk 'Penyandang Disabilitas', merujuk pada individu yang mengalami keterbatasan fisik, intelektual, mental, atau sensorik dalam jangka waktu yang panjang, yang mungkin menghadapi hambatan dalam berinteraksi dengan lingkungan dan mengalami kesulitan untuk berpartisipasi secara sepenuhnya dan efektif dalam kehidupan sehari-hari bersama dengan warga negara lainnya, dengan mempertimbangkan prinsip kesetaraan. Sementara itu, Pasal (1) Permenhub Nomor 89 menjelaskan bahwa 'Aksesibilitas' adalah upaya untuk menyediakan kemudahan bagi pengguna layanan khusus dengan tujuan mencapai kesetaraan kesempatan. Pasal ini juga menegaskan bahwa 'Pengguna Jasa Berkebutuhan Khusus' meliputi individu yang memerlukan fasilitas atau perlakuan khusus dalam penggunaan layanan transportasi, tidak hanya terbatas pada 'penyandang disabilitas', tetapi juga melibatkan lanjut usia, anak-anak, wanita hamil, dan orang sakit.

Konsep Smart Mobility, di sisi lain, merujuk pada pengelolaan mobilitas yang berfokus pada peningkatan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas layanan transportasi perkotaan. Inovasi dalam bidang ini meliputi pengembangan sistem transportasi terintegrasi, layanan transportasi online, penyewaan sepeda, informasi transportasi yang lebih baik, aplikasi berbagi perjalanan, aplikasi parkir, dan berbagai solusi lainnya yang mendukung mobilitas yang lebih baik bagi masyarakat.

Ayat (3) dari Peraturan Menteri Nomor 89 menjelaskan definisi untuk 'Penyandang Disabilitas', yang merujuk pada individu yang menghadapi keterbatasan fisik, intelektual, mental, atau sensorik dalam jangka waktu yang lama, yang mungkin mengalami kesulitan dalam berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan menghadapi hambatan dalam

partisipasi yang efektif dan penuh hak bersama dengan warga negara lainnya, dengan mempertimbangkan prinsip kesetaraan. Di Ayat (1) Permenhub Nomor 89 diuraikan bahwa 'Aksesibilitas' dimaksudkan untuk memberikan kemudahan bagi pengguna layanan khusus dengan tujuan mencapai kesetaraan kesempatan. Selanjutnya, Ayat (2) Pasal ini menjelaskan bahwa 'Pengguna Jasa Berkebutuhan Khusus' meliputi individu yang membutuhkan fasilitas atau perlakuan khusus dalam penggunaan layanan transportasi, tidak hanya terbatas pada 'penyandang disabilitas', tetapi juga melibatkan lanjut usia, anak-anak, wanita hamil, dan orang sakit.

Smart Mobility, yang merupakan prinsip tata kelola mobilitas yang berfokus pada efisiensi, keberlanjutan, dan peningkatan kualitas layanan transportasi perkotaan, telah menumbuhkan beragam inovasi. Inovasi ini meliputi pengembangan sistem transportasi terintegrasi, layanan transportasi online, penyewaan sepeda, informasi transportasi yang lebih baik, aplikasi berbagi perjalanan, serta aplikasi parkir dan peta kota untuk mendukung mobilitas yang lebih baik. Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Nomor 33 Tahun 2017, dan Perubahan Atas Peraturan Gubernur Nomor 33 Tahun 2017, yang diterbitkan dengan Nomor 13 Tahun 2019, mengatur mengenai Standar Pelayanan Minimal (SPM) pada layanan angkutan umum Transjakarta, termasuk sistem BRT dan jenis angkutan umum lainnya, serta menetapkan indikator kinerja dan batasan waktu pencapaian.

Implementasi Smart Mobility melalui Jaklingko

PT JakLingko Indonesia merupakan hasil dari kolaborasi empat entitas transportasi, termasuk PT MRT Jakarta (Perseroda), PT Jakarta Propertindo (Perseroda), PT TransJakarta, dan PT Moda Integrasi Transportasi Jabodetabek (MITJ). Perusahaan ini difokuskan pada pengembangan sistem pembayaran dan penetapan tarif lintas moda melalui proyek Elektronifikasi Integrasi Pembayaran Transportasi Umum Jakarta (EIPTJ). Selain itu, PT JakLingko Indonesia juga melakukan ekspansi di wilayah Jabodetabek dengan potensi untuk memperluas operasinya ke seluruh Indonesia. Sebagai pemilik dan pengembang Aplikasi dan Kartu Transportasi JakLingko, perusahaan ini menyediakan solusi pembayaran untuk perjalanan lintas moda, termasuk layanan dari MRT Jakarta, Transjakarta, LRT Jakarta, dan Kereta Commuter Line. Dimulai sejak tanggal 15 Juli 2020 dengan dukungan dari Gubernur Provinsi DKI Jakarta, Menteri BUMN RI, dan Menteri Perhubungan RI, serta merujuk pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 63 Tahun 2020, PT JakLingko Indonesia telah secara konsisten berupaya untuk mengintegrasikan sistem pembayaran dan menerapkan tarif integrasi multimoda yang terjangkau bagi masyarakat.

Secara komprehensif, JakLingko terbentuk sebagai sebuah sistem transportasi yang menyatukan berbagai aspek, termasuk penggabungan fisik infrastruktur, penyediaan layanan, pengaturan manajemen, dan penyelarasan sistem pembayaran. Ini mencakup jaringan yang luas dari armada transportasi, seperti bus rapid transit (BRT) yang dioperasikan oleh PT Transjakarta, mencakup Metrotrans dan Minitrans, serta moda transportasi berbasis rel seperti MRT Jakarta dan LRT Jakarta. Nama JakLingko sendiri mencerminkan keterikatan dengan Jakarta (Jak) dan konsep integrasi (Lingko), yang diambil dari budaya persawahan di Manggarai, Nusa Tenggara Timur, menggambarkan semangat kerjasama dan interkoneksi yang diusung oleh sistem ini.

Beberapa waktu lalu (25 Maret 2024) Pj. Gubernur Heru menyampaikan saat ngabuburit bareng Bersama penyandang disabilitas bahwa pengalaman positif dalam menggunakan transportasi publik, seperti LRT Jakarta, Transjakarta, dan MRT Jakarta dengan aplikasi JakLingko, dapat dijadikan contoh bagi teman-teman penyandang disabilitas lainnya. Tujuannya adalah untuk memfasilitasi aksesibilitas yang lebih baik bagi mereka dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Selanjutnya, Pj Gubernur Heru menekankan komitmen Pemprov DKI Jakarta dalam meningkatkan minat masyarakat untuk menggunakan transportasi umum dengan mengenalkannya kepada seluruh lapisan masyarakat, termasuk para penyandang disabilitas.

Disebutkan pula bawah implementasi Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2019 tentang Perlindungan Hak Penyandang Disabilitas. Salah satu implementasinya adalah pemberian aksesibilitas pelayanan transportasi publik yang ramah terhadap penyandang disabilitas. Dia menganggap hari ini sebagai bukti konkret bahwa Pemprov DKI telah melaksanakan peraturan tersebut dengan baik, terbukti dari pengalaman teman-teman disabilitas yang baru pertama kali naik MRT Jakarta. Pesan kepada penyandang disabilitas agar memanfaatkan fasilitas transportasi publik yang ramah dengan sebaik-baiknya, sehingga mereka dapat menjadi lebih mandiri dalam kehidupan sehari-hari dan ekonomi.

Penggunaan aplikasi dan pemberian layanan gratis melalui aplikasi jaklingko memang cukup baik untuk dapat dimanfaatkan bagi penyandang disabilitas. Namun, hal ini belum cukup karena penyandang disabilitas selain layanan gratis juga dibutuhkan fasilitas infrastruktur yang memadai. Hal ini dapat dilihat dari berbagai angkutan umum. Adanya jaklingko sebagai bagian integrasi transportasi tidak boleh diabaikan dari layanan dan penyediaan fasilitas infrastruktur yang ada di DKI Jakarta.

Jak Lingko, sebelumnya dikenal dengan nama OK OTrip, merupakan sebuah inisiatif integrasi angkutan umum yang telah dirancang untuk menyatukan sistem pembayaran dan koneksi fisik antar berbagai moda transportasi di Jakarta. Integrasi ini mencakup berbagai layanan seperti BRT, kereta komuter, Light Metro, MRT, LRT, Airport rail link, dan angkutan lokal seperti mikrotrans (angkot). Sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam Peraturan Gubernur (Pergub) DKI Jakarta Nomor 68 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Sistem Transportasi Terpadu dan Terintegrasi, JakLingko dijelaskan sebagai sebuah sistem terpadu yang bertujuan untuk mendukung kebijakan pemerintah dalam meningkatkan penggunaan angkutan umum massal serta mengurangi penggunaan kendaraan bermotor pribadi. Dalam upaya meningkatkan penggunaan angkutan umum, JakLingko mengintegrasikan berbagai moda transportasi publik secara serentak.

Hambatan Inklusivitas Transportasi Jaklingko

Hambatan inklusivitas dalam transportasi mencakup beragam tantangan yang dapat menghambat aksesibilitas bagi penyandang disabilitas. Salah satu hambatan utama adalah kurangnya aksesibilitas fisik dalam infrastruktur transportasi, seperti stasiun kereta api atau halte bus yang tidak dilengkapi dengan fasilitas aksesibilitas seperti lift atau tangga bergerak. Keterbatasan aksesibilitas ini membuat sulit bagi penyandang disabilitas untuk menggunakan transportasi umum dengan mandiri. Salah satu cara mengatasi hambatan ini adalah dengan melakukan pembaruan infrastruktur transportasi untuk memasukkan fasilitas aksesibilitas yang memadai, serta membangun desain yang inklusif dari awal dalam pengembangan

infrastruktur baru (Arianto, D., & Apsari, N. C, 2022).

Kurangnya pendidikan dan kesadaran tentang kebutuhan penyandang disabilitas juga merupakan hambatan yang signifikan dalam mencapai inklusivitas transportasi. Banyak operator transportasi dan penumpang mungkin tidak sepenuhnya memahami tantangan yang dihadapi oleh penyandang disabilitas, yang dapat mengakibatkan perilaku atau kebijakan yang tidak ramah terhadap mereka. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan pendidikan dan kesadaran melalui pelatihan bagi operator transportasi, kampanye publik, dan integrasi isu aksesibilitas dalam kurikulum Pendidikan (Abdussamad, Z., dkk, (2023). Selain itu, keterbatasan dalam teknologi yang tersedia saat ini juga dapat menjadi hambatan dalam menciptakan transportasi yang inklusif. Beberapa aplikasi transportasi mungkin belum sepenuhnya dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan penyandang disabilitas, seperti fitur navigasi yang ramah disabilitas. Untuk mengatasi ini, diperlukan terus menerus pengembangan dan peningkatan teknologi, serta mendorong kolaborasi antara pengembang teknologi, penyandang disabilitas, dan ahli aksesibilitas.

Potensi pengaturan inklusivitas bagi penyandang disabilitas adalah dengan menetapkan regulasi yang mengamanatkan standar aksesibilitas yang tinggi dalam transportasi. Hal ini dapat mencakup persyaratan untuk memasukkan perspektif disabilitas dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur transportasi, serta menetapkan sanksi bagi pelanggaran terhadap standar aksesibilitas. Dengan mengintegrasikan perspektif disabilitas dalam regulasi transportasi, kita dapat memastikan bahwa transportasi menjadi lebih inklusif dan dapat diakses oleh semua individu, tanpa memandang kecacatan mereka (Abdussamad, Z., dkk, (2023).

Pengaturan inklusivitas bagi penyandang disabilitas dalam konteks transportasi termasuk *jaklingko* seringkali menghadapi sejumlah hambatan yang memengaruhi efektivitas implementasinya. Salah satu hambatan utama adalah kurangnya kesadaran dan pemahaman tentang kebutuhan penyandang disabilitas di kalangan pembuat kebijakan dan operator transportasi. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakterpenuhan terhadap standar aksesibilitas dan kurangnya dukungan untuk pengembangan infrastruktur yang ramah disabilitas. Selain itu, hambatan pengaturan juga dapat timbul akibat kurangnya sumber daya, baik finansial maupun teknis, untuk menerapkan standar aksesibilitas yang diperlukan. Pembangunan infrastruktur transportasi yang memadai dan pengembangan solusi teknologi untuk meningkatkan aksesibilitas seringkali membutuhkan investasi yang signifikan. Keterbatasan sumber daya ini dapat menghambat kemajuan dalam menciptakan lingkungan transportasi yang inklusif bagi penyandang disabilitas (Santoso, A. D., 2015).

Selanjutnya, masalah koordinasi antara berbagai lembaga dan pemangku kepentingan juga dapat menjadi hambatan dalam pengaturan inklusivitas transportasi. Proses pengambilan keputusan yang kompleks dan adanya perbedaan pendapat antara berbagai pihak terkait implementasi regulasi dapat menghambat upaya untuk meningkatkan aksesibilitas bagi penyandang disabilitas. Terakhir, tantangan dalam menegakkan kepatuhan terhadap regulasi juga merupakan hambatan yang signifikan. Meskipun regulasi yang memuat standar aksesibilitas dapat ada, namun penegakan hukum yang konsisten dan efektif seringkali sulit dilakukan. Diperlukan kerja sama yang erat antara pemerintah, operator transportasi, dan masyarakat sipil untuk memastikan bahwa regulasi tersebut ditaati dan kebutuhan penyandang disabilitas diprioritaskan dalam perencanaan dan pembangunan transportasi

yang inklusif (Kodariyah, L. dkk, F. 2022; Handayani, S. 2021).

Masa Depan Transportasi dan Smart Mobility

Tren masa depan dan perkembangan dalam transportasi dan smart mobility menjanjikan transformasi besar-besaran dalam cara kita dalam mengelola mobilitas. Salah satu tren utama adalah pengembangan kendaraan otonom atau self-driving, yang diharapkan akan meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan aksesibilitas transportasi. Dengan kemampuan untuk mengurangi risiko *human error* dan memperbaiki koordinasi antara kendaraan, teknologi ini memiliki potensi untuk mengubah sepenuhnya lanskap transportasi di masa depan. Tentu pertanyaan saat ini sejauhmana *Jaklingko* mampu beradaptasi dan mengadopsi hal-hal tersebut (Izzuddin, F. N., 2022; Elanda, Y., dkk, 2022).

Selain itu, konektivitas dan integrasi antara berbagai mode transportasi juga menjadi tren penting. Konsep *Mobility as a Service* (MaaS) berkembang pesat, di mana individu dapat mengakses berbagai pilihan transportasi, seperti kendaraan umum, sepeda berbagi, atau layanan ridesharing, melalui platform digital yang terintegrasi. Ini memungkinkan pengguna untuk merencanakan perjalanan mereka secara lebih efisien dan fleksibel, serta mempromosikan penggunaan transportasi berkelanjutan. Penggunaan teknologi cerdas dan data analytics juga akan memainkan peran kunci dalam masa depan transportasi dan smart mobility. Dengan memanfaatkan data real-time tentang kondisi lalu lintas, permintaan pengguna, dan pola perjalanan, operator transportasi dapat meningkatkan pengelolaan jaringan transportasi, mengoptimalkan rute dan jadwal, serta memberikan layanan yang lebih responsif terhadap kebutuhan pengguna (Khamaludin, K., dkk, 2024).

Namun, perkembangan ini juga dapat menimbulkan sejumlah tantangan dan dampak di masa depan. Misalnya, adopsi kendaraan otonom dapat menghadirkan pertanyaan etis dan hukum tentang tanggung jawab dan keamanan, sementara konektivitas yang tinggi juga meningkatkan risiko privasi dan keamanan data. Selain itu, integrasi teknologi canggih dalam infrastruktur transportasi juga memerlukan investasi yang signifikan dan kerja sama antara sektor publik dan swasta. Dalam hal ini, topik bab tentang masa depan transportasi dan smart mobility akan terus berkembang seiring dengan perubahan teknologi dan kebutuhan masyarakat. Penting untuk terus memantau tren dan perkembangan terbaru, serta merancang kebijakan yang responsif dan inklusif untuk menghadapi tantangan dan peluang yang muncul di masa depan.

KESIMPULAN

Teknologi sekalipun canggih dan banyak membantu namun belum dioptimalkan, khususnya terkait pelayanan bagi penyandang disabilitas, seperti akses pada layanan transportasi umum yang ada di Jakarta, seperti Angkutan Kota (Angkot) JakLingko dengan Busway Transjakarta. Penyandang disabilitas untuk sampai ke Busway Transjakarta, harus menggunakan Angkot) JakLingko. Masalahnya, JakLingko belum ramah disabilitas, oleh sebab penumpang dianggap memiliki kemampuan yang sama. Seharusnya penggunaan teknologi berbasis AI, dengan menggunakan aplikasi tertentu, yang nantinya dapat digunakan antara sopir Angkot JakLingko, di satu sisi (dengan penyandang disabilitas melalui Handphone-nya, pada sisi yang lain. Hal ini seharusnya sudah dapat direalisasikan, mengingat sistem transportasi JakLingko yang operasionalnya sudah bekerjasama dengan Pemda DKI Jakarta yang dianggap sebagai pendukung smart mobility. Sebagaimana diketahui bahwa smart mobility

sebagai pilar dari smart city. Permasalahannya adalah mengapa aplikasi integrasi Angkot JakLingko dengan HP penyandang disabilitas belum terealisasi? Apakah regulasi menuju smart mobility bagi penyandang disabilitas sudah mendukung? Kajian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan melakukan wawancara kepada pemangku kepentingan dan masyarakat khususnya pada penyandang disabilitas. Disamping itu dilakukan legal audit atas implementasi Peraturan Menteri Nomor 98 Tahun 2017 tentang Penyediaan Aksesibilitas Pada Pelayanan Jasa Transportasi Publik Bagi Pengguna Jasa Berkebutuhan Khusus. Pendekatan penelitian ini dilakukan karena penulis ingin melihat dalam aspek tata Kelola pemerintahan dan aspek hukum.

Perspektif regulasi dalam rezim hukum terkait dengan Jakarta Smart City menunjukkan adanya konsistensi dengan regulasi nasional maupun Konvensi Internasional, khususnya dalam konteks pengembangan Jakarta Smart Mobility. Meskipun Jakarta Smart City masuk dalam rezim hukum telematika yang mengatur penggunaan teknologi informasi dan komunikasi, namun ketika diterapkan dalam konteks Jakarta Smart Mobility, masih sangat ditopang oleh rezim hukum transportasi. Hal ini menggambarkan pentingnya integrasi antara aspek teknologi dan transportasi dalam pengembangan solusi mobilitas cerdas di Jakarta, di mana regulasi transportasi menjadi landasan utama untuk memastikan keberhasilan implementasi inisiatif Smart City dalam meningkatkan kualitas hidup dan mobilitas masyarakat Jakarta.

Harmonisasi antara Jakarta Smart City, Jakarta Smart Mobility, dan aksesibilitas bagi penyandang disabilitas merupakan hal yang penting dan memerlukan koordinasi antara dua rezim hukum yang berbeda. Jika dapat dilakukan dengan efektif, hal ini dapat mengoptimalkan layanan transportasi, terutama bagi penyandang disabilitas. Pengintegrasian Jakarta Kini (JAKI) sebagai pusat informasi dan layanan masyarakat, termasuk layanan seperti Jakrespon dan lainnya, dapat menjadi titik sentral dalam upaya untuk memastikan bahwa solusi smart city dan smart mobility yang dikembangkan juga memperhatikan kebutuhan dan kepentingan penyandang disabilitas secara holistik. Dengan demikian, integrasi antara berbagai inisiatif dan rezim hukum yang berbeda menjadi kunci untuk menciptakan lingkungan yang lebih inklusif dan ramah disabilitas di Jakarta.

Pergub DKI Jakarta No. 144 tahun 2019 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Komunikasi, Informatika, dan Statistik Provinsi DKI Jakarta, pada dasarnya, bertujuan untuk mewujudkan pelayanan terpadu yang memberikan manfaat bagi warga Jakarta dan dapat diakses secara online. Tujuannya adalah untuk mempermudah masyarakat dalam mendapatkan informasi seputar Jakarta serta memudahkan akses terhadap layanan publik di Jakarta melalui integrasi dalam sebuah aplikasi. Melalui pergub ini, diharapkan tercipta kemudahan dan keterbukaan dalam mengakses informasi serta layanan publik bagi masyarakat Jakarta, sehingga memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan kualitas hidup dan pengalaman warga dalam berinteraksi dengan pemerintah daerah.

SARAN

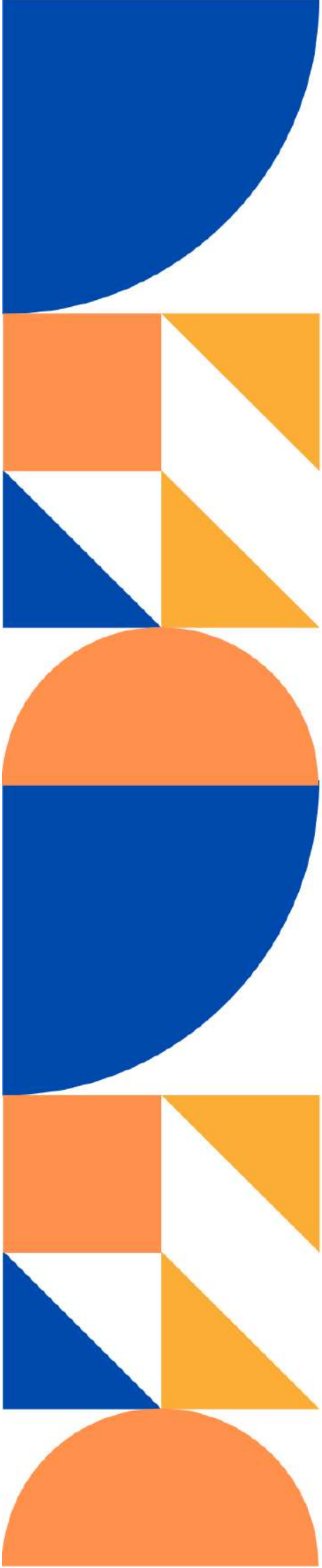
Pengembangan Smart City dan Smart Mobility di Jakarta merupakan prioritas utama Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (Pemprov DKI). Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah harmonisasi antara regulasi di tingkat Pemda DKI dalam bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dengan regulasi pusat dalam rezim hukum perhubungan. Hal ini disebabkan oleh pembagian fokus antara Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) yang bertanggung jawab atas Smart City dan Kementerian Perhubungan yang membidangi Smart Mobility. Pembangunan Smart City di Jakarta menekankan pada efisiensi dan pemanfaatan teknologi informasi untuk meningkatkan kualitas hidup warga. Namun, terkait dengan Smart Mobility, fokusnya adalah pada infrastruktur transportasi yang inklusif dan ramah lingkungan. Karena perbedaan fokus ini, harmonisasi antara regulasi di tingkat Pemda DKI dan regulasi pusat menjadi krusial untuk memastikan kelancaran implementasi dan kesinambungan proyek-proyek Smart City dan Smart Mobility di Jakarta.

1. Koordinasi antara Kemenkominfo dan Kementerian Perhubungan.
Pemprov DKI perlu memfasilitasi dialog antara kedua kementerian ini untuk menyelaraskan regulasi dan kebijakan terkait Smart City dan Smart Mobility.
2. Penguatan Kapasitas.
Diperlukan peningkatan kapasitas aparatur di Pemprov DKI dalam memahami regulasi di kedua bidang tersebut untuk memfasilitasi harmonisasi dan implementasi yang efektif.
3. Inklusi Perspektif Penyandang Disabilitas
Dalam proses harmonisasi, penting untuk memperhatikan kebutuhan dan kepentingan penyandang disabilitas dalam aksesibilitas transportasi dan teknologi informasi.

Harmonisasi antara regulasi di tingkat Pemda DKI dan pusat menjadi kunci untuk kesuksesan pengembangan Smart City dan Smart Mobility di Jakarta. Dengan mengintegrasikan regulasi dan kebijakan yang konsisten, Pemprov DKI dapat menciptakan lingkungan yang inklusif dan mempercepat kemajuan menuju sebuah kota yang lebih modern dan berkelanjutan dengan memaksimalkan penggunaan teknologi yang berorientasi pada kecerdasan buatan (AI).

DAFTAR PUSTAKA

- A.W.K, A. L., Syarief, A., & Rudyanto, G. (2020). KAJIAN AKSESIBILITAS UNTUK PENYANDANG DISABILITAS PADA STASIUN MRT JAKARTA. *Jurnal Seni Dan Reka Rancang: Jurnal Ilmiah Magister Desain*. <https://doi.org/10.25105/jsrr.v2i2.8234>
- Ariya, G., & Putranto, L. S. (2020). KEBUTUHAN PENYANDANG DISABILITAS TUNARUNGU DI JABODETABEK TERHADAP LAYANAN SARANA DAN PRASARANA TRANSPORTASI KOTA. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.6977>.
- Arianto, D., & Apsari, N. C. (2022). Gambaran Aksesibilitas, Inklusivitas, dan Hambatan Penyandang Disabilitas Dalam Memanfaatkan Transportasi Publik: Studi Literatur di Berbagai Negara. *Focus: Jurnal Pekerjaan Sosial*, 5(2), 156-170.
- Abdussamad, Z., Apripari, A., Muhtar, M. H., Ahmad, A., Bakung, D. A., & Imran, S. Y. (2023). Pendekatan Cultural Studies Perlindungan Hukum Bagi Penyandang Disabilitas Di Kabupaten Boalemo. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(6), 11518-11526.
- Elanda, Y., Wahyudi, R., & Alie, A. (2022). Implementasi smart city di Indonesia dalam perspektif gender. *Resiprokal: Jurnal Riset Sosiologi Progresif Aktual*, 4(2), 140-162.
- Fitriani, R. (2023). PENERAPAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) GUNA MENDUKUNG OPERASIONAL PELABUHAN. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v6i2.31712>
- Finer, H. (1946). *The United Nations Economic and Social Council* (No. 12). Boston: World Peace Foundation.
- Handayani, S., Afrianti, D. A., & Suryandari, M. (2021). Implementasi Kebijakan angkutan umum di DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 2(1), 19-28.
- Izzuddin, F. N. (2022). Konsep Smart City dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(3), 376-382.
- Khamaludin, K., Angellia, F., Mandowen, S. A., Windyasari, V. S., Priyatno, A. M., Manurung, H. E., ... & Judijanto, L. (2024). *SMART CITY: Teori dan Penerapan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Maulana, I., Umam, K., Saputra, A. R., Al Amin, H., & Rosyani, P. (2023). Teknologi Berbasis Kecerdasan Buatan Pada Aplikasi Grab Penumpang Maupun Driver Menggunakan Metode Forward Chaining. *Biner: Jurnal Ilmu Komputer, Teknik Dan Multimedia*.
- Santoso, A. D., Noor, I., Ulum, M. C., Publik, J. A., & Administrasi, F. I. (2015). Disabilitas dan bencana (Studi tentang agenda setting kebijakan pengurangan risiko bencana inklusif bagi penyandang disabilitas di Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, Indonesia). *Jurnal Administrasi Publik*, 3(12), 2033-2039.
- Sang, Z., & Li, K. (2019). ITU-T standardisation activities on smart sustainable cities. *IET smart cities*, 1(1), 3-9.
- Sharp, W. R. (1969). The United Nations Economic and Social Council.
- Wahyudiyanta, S. A. (2023). PENGENDALIAN PERSEDIAAN PRODUK DAN KECERDASAN BUATAN. *Prosiding SAINTEK: Sains Dan Teknologi*.



PERSPEKTIF ETIS KEBIJAKAN PUBLIC SECURITY BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DI JAKARTA

**Simon P. Wenehenubun¹, Adrianus Meliala^{2*},
Ferry Doringin³**

¹ Universitas Multimedia Nusantara Jakarta

² Universitas Indonesia Jakarta

³ Akademi Refraksi Optisi dan Optometry Jakarta

e-mail: simon.wenehenubun@umn.ac.id

PENDAHULUAN

Harian Kompas tanggal 15 Mei 2024 memuat berita mengenai keputusan Dewan Kehormatan Penyelenggara Pemilu yang menjatuhkan sanksi kepada ketua dan 6 komisioner KPU terkait dengan kebocoran Daftar Pemilih Tetap (DPT) oleh *hacker* Jimbo pada akhir tahun 2023. Kasus ini hanyalah satu dari sejumlah kasus pengelolaan mesin data pintar yang bocor di publik. Kebocoran data publik lain yang pernah dilaporkan media, antara lain data BPJS, data pelanggan Indihome, data bank tertentu, data paspor, data registrasi kartu SIM milik Menkominfo, dan data Dukcapil.

Kasus kebocoran dan penyalahgunaan data dari lembaga besar di atas hanyalah sebagian kecil masalah terkait pengelolaan mesin pintar data. Bila ditelusuri lebih jauh lagi, masalah pengambilan data, pengelolaan data, dan penggunaan data pada sejumlah lembaga negeri dan swasta yang lebih kecil, jumlahnya cukup besar, sangat merugikan masyarakat umum, tanpa solusi yang memuaskan. Selain masalah ini, masalah pengolahan data besar dengan kecerdasan buatan bisa menimbulkan dampak rasisme dan sejumlah ketidakadilan.

Artificial Intelligence (AI) sangat efektif dalam membantu manusia untuk hidup lebih baik. AI untuk keamanan publik bisa digunakan dengan cara mengidentifikasi latar belakang orang, termasuk histori pelaku kejahatan, pergerakan masyarakat yang bisa membahayakan, dan identifikasi untuk barang-barang berbahaya yang bisa dibawa dan digunakan seseorang untuk melakukan kejahatan.

AI berfungsi makin baik ketika data seseorang makin lengkap diambil. Namun, hal ini bisa mengganggu privasi dan keamanan seseorang bila data digunakan secara keliru bahkan untuk melakukan kejahatan. Peneliti menganalisis perspektif etis yang mendorong penggunaan AI yang semakin manusiawi sehingga warga Jakarta terlindungi secara fisik tetapi juga psikis berupa kenyamanan.

Tulisan ini terdiri dari tiga sub bab yang membahas mengenai: (a) Pemahaman Kecerdasan Buatan dalam Keamanan Publik; (b) Teknologi Kecerdasan Buatan untuk Keamanan Publik; (c) Landasan Etik dan Kerangka Aturan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah landasan Etik dan Kerangka Acuan untuk penggunaan Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) sudah menjadi wacana yang cukup panjang tanpa realisasi nyata. Jakarta yang sedang dikembangkan menjadi Kota Pintar dinamis, efektif, dan produktif berkesempatan untuk ditata dengan prinsip-prinsip yang baik dan benar, termasuk dengan penggunaan landasan etik, untuk memastikan bahwa kemajuan kota diikuti dengan penciptaan kenyamanan, keamanan, dan kebahagiaan warganya ketika hak-hak dasarnya tidak dilanggar. Penulis menegaskan mengenai pentingnya landasan etik dan kerangka acuan dalam penggunaan kecerdasan buatan agar Jakarta menjadi *Smart City* yang manusiawi dan nyaman.

PEMBAHASAN

Pemahaman Kecerdasan Buatan dalam Keamanan Publik

Provinsi DKI Jakarta telah mencanangkan konsep *Smart City* (SC) sejak 2005 dengan momentum diselenggarakannya Jakarta Fair. Sejak 2014, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mempromosikan dan mengembangkan program Jakarta *Smart City* 4.0. Program ini bertumpu pada layanan digitalisasi yang dikenal dengan nama *six pillars of smart city*, yaitu: *smart governance*, *smart economy*, *smart environment*, *smart mobility*, *smart people*, dan *smart living* (Sofa, 2023).

Smart City (SC) adalah sebuah konsep penataan kota berbasis *Information and Communication Technology* (ICT) untuk kepentingan masyarakat. Meski definisi SC beragam, namun umumnya merujuk pada inti yang sama, yakni penggunaan teknologi secara luas untuk mengumpulkan, memproses informasi untuk memantau, mengoptimalkan, mengelola dan memecahkan persoalan kota serta meningkatkan kualitas hidup (Barrera, 2020). Hakikat SC adalah mewujudkan pengelolaan dan pengoperasian kota yang cerdas melalui teknologi informasi yang canggih, sehingga meningkatkan taraf hidup warga negara, dan mendorong pembangunan kota yang harmonis dan berkelanjutan (Huawei Tech, 2023).

Toh (2020) menganalogikan 3 pilar utama SC dengan anatomi tubuh manusia, yaitu: *brain* (otak), *senses* (indera), dan *body* (badan/tubuh). (1) *brain* (otak) manusia sebagai pusat kendali pusat kecerdasan, tempat penalaran dan keputusan dibuat serta informasi diproses dan disimpan. Otak SC adalah pusat kendali dan otoritas pengambilan keputusan (pusat komando pusat), tempat observasi dianalisis, kelainan dipantau dan dideteksi, dan kejadian dipicu; (2) *senses* (indera) manusia (mata, telinga, hidung, kulit, rasa) memungkinkan manusia mengumpulkan informasi dan mengirimkannya ke otak untuk diproses. Kamera adalah mata SC yang ditempatkan di berbagai lokasi, dan rasa digantikan oleh pembacaan sensor; (3) *body* (badan/tubuh) manusia menyediakan semua fungsi lain yang diperlukan untuk mempertahankan kelangsungan hidup. Badan SC adalah infrastruktur (bangunan, jalan, saluran air, dll) dan *platform ICT* (konektivitas, data, kecerdasan buatan/*Artificial Intelligence*).

Salah satu kunci pengembangan SC adalah pemanfaatan *AI* dalam sistem keamanan publik (*public security*). *AI* adalah domain ilmu komputer yang berkaitan dengan pengembangan sistem komputer cerdas, yang mampu memahami, menganalisis, dan bereaksi sesuai dengan input yang dikehendaki (Ghosh and Thirugnanam, 2020). Isu utama *AI* dalam keamanan publik yakni “sejauh manakah warga kota di SC mendapatkan jaminan rasa aman dan nyaman baik secara fisik maupun etis dengan penggunaan *AI* dalam manajemen kota”. Menurut Toh (2020), keamanan SC adalah faktor krusial yang harus direncanakan dan dirancang secara hati-hati, lengkap dan menyeluruh dimana mencakup 3 aset penting, yaitu sumber daya (aset keuangan, infrastruktur, kebutuhan pokok), manusia (mereka yang tinggal dan bekerja di kota dalam semua bidang) dan layanan (air, listrik, kesehatan dan pelayanan publik).

Teknologi Kecerdasan Buatan untuk Keamanan Publik

Cara kerja *AI* dalam keamanan publik mencakup 3 fungsi penting, yaitu: (1) Sistem pengawasan (*surveillance systems*); (2) Pemolisian prediktif (*predictive policing*); dan (3) Pengenalan wajah (*facial recognition*).

Pertama, penggunaan AI dalam sistem pengawasan kota (*surveillance systems*): Teknologi AI digunakan dalam sistem pengawasan keamanan kota. Sistem ini dirancang untuk memantau lingkungan dan infrastruktur secara otomatis tanpa keterlibatan manusia, mencakup deteksi otomatis dan pelacakan objek (seperti kendaraan atau manusia) serta analisis proses lebih lanjut dan pengambilan tindakan yang diperlukan. Model sistem pengawasan video ini menggunakan program komputer yang menganalisis gambar dan audio dari kamera pengawasan video untuk mengidentifikasi orang, kendaraan, objek, atribut, dan peristiwa yang bekerja dengan bantuan *computer vision*. *Computer vision* adalah seperangkat metode atau algoritma matematika yang bekerja seperti serangkaian pertanyaan atau diagram alur untuk membedakan objek yang dilihat dengan ribuan gambar referensi orang dalam sudut, gerakan, dan posisi yang disimpan (Bhavyarsi et al, 2023).

Kedua, penggunaan AI dalam Pemolisian Prediktif (*predictive policing*). *Predictive policing* bertujuan untuk menghasilkan prediksi kejahatan yang memberi kontribusi penting dalam upaya kepolisian mencegah kejahatan di SC. Cara kerjanya adalah mengambil data dari berbagai sumber, menganalisisnya, dan kemudian menggunakan hasilnya untuk mengantisipasi, mencegah, dan merespons kejahatan di masa depan secara lebih efektif (Pearsall, 2010). Model AI dalam *predictive policing* umumnya menggunakan *machine learning*. Algoritma *machine learning* bekerja secara mandiri untuk mengidentifikasi pola dan korelasi dari data yang tersedia sehingga memudahkan dalam penanganan sebuah kejadian yang berlangsung di SC (EUCPN, 2022).

Ketiga, penggunaan AI untuk pengenalan wajah (*facial recognition*). Kemampuan AI untuk pengenalan wajah merupakan salah satu alat analisis data secara visual dalam jumlah yang besar dan mampu mengidentifikasi wajah individu secara akurat. Menurut Balasubramanian (2023), penggunaan AI pada pengenalan wajah berlangsung dalam beberapa tahap secara berurutan untuk mengidentifikasi dan menganalisis wajah manusia dalam bentuk gambar digital atau rekaman video, yaitu: (1) Deteksi wajah (*face detection*). Algoritma AI menemukan keberadaan wajah dalam sebuah gambar atau video dengan menganalisis pola dan bentuk pada gambar tersebut; (2) Penyelarasan wajah (*face alignment*), yaitu memposisikan wajah dengan cara standar untuk membantu ekstraksi fitur. Algoritma menyelaraskan wajah dengan mengidentifikasi landmark wajah seperti mata, hidung, dan mulut; (3) Ekstraksi Fitur (*face extraction face*): Setelah wajah disejajarkan, algoritma mengekstrak fitur unik seperti jarak antara mata, bentuk hidung, dan garis rahang untuk membuat templat wajah. Templat ini kemudian digunakan untuk membandingkan dan mencocokkan wajah; dan (4) Pencocokan wajah (*face matching*), yakni membandingkan template wajah yang diambil dengan database wajah yang dikenal untuk mengidentifikasi kecocokan. Algoritma menghitung kesamaan antara dua *template* dan menghasilkan skor yang menunjukkan tingkat kesamaan. Proses kerja ini akan menghasilkan data yang akurat terkait sebuah tindakan yang menyimpang atau mencurigakan terkait perilaku warga di SC.

Keandalan penggunaan teknologi AI dalam konteks keamanan kota telah menjadi salah satu pilihan tepat untuk peningkatan keamanan dan kesejahteraan masyarakat. Pemanfaatan kemampuan AI dalam menganalisis data secara cepat dan akurat, serta mengambil keputusan berdasarkan pola yang dikenali dapat membantu meningkatkan respons, efisiensi, dan efektivitas dalam menjaga keamanan publik. Namun, penggunaan AI dalam keamanan juga harus diimbangi dengan pertimbangan etika, privasi, dan perlindungan data yang tepat. Aspek terakhir ini tentu perlu dipertimbangkan oleh semua pemerintah daerah

dan pengambil kebijakan dalam penataan sebuah konsep SC yang humanis di masa kini dan masa depan.

Landasan Etik dan Kerangka Aturan

Sebagai suatu invensi mutakhir dari kemajuan dunia, maka *AI* dikhawatirkan menjadi pedang bermata dua (*double edge sword*). Dikatakan demikian mengingat, sebagaimana analogi pedang tersebut, “ketajaman” *AI* dapat mengarah dalam dua bentuk ekstrim: untuk motif yang baik ataupun buruk, untuk tujuan baik atau buruk, dengan cara-cara yang baik ataupun cara-cara buruk.

Landasan etik terhadap *double edge sword* dari *AI* perlu mempertimbangkan potensi bias penggunaan IA pada *Smart City* yang selama ini telah menjadi *concern* berbagai pihak. Ferrara (2024) mengidentifikasi 7 (tujuh) bentuk potensi bias data yang merugikan individu atau masyarakat, sebagaimana terdapat pada tabel berikut:

Tabel 1. Bias Penggunaan *AI* dalam Layanan Publik. Sumber: Ferrara (2024)

Jenis Bias	Deskripsi	Contoh
Bias pengambilan sampel	Terjadi ketika data penelitian tidak mewakili populasi, sehingga menyebabkan prediksi yang bias untuk kelompok tertentu.	Algoritme pengenalan wajah sebagian besar dilatih pada individu berkulit putih yang tidak selalu cocok untuk orang dari ras lain.
Bias Algoritmik	Hasil dari desain dan implementasi algoritme mungkin memprioritaskan atribut tertentu dan memberikan <i>output</i> yang tidak adil.	Algoritme yang memprioritaskan usia atau jenis kelamin, sehingga menimbulkan hasil yang tidak <i>fair</i> dalam keputusan perekrutan.
Bias Representasi	Terjadi ketika data yang terkumpul tidak secara akurat mewakili populasi yang ingin dimodelkan, sehingga berakibat pada prediksi yang tidak akurat.	Kumpulan data medis yang kurang mewakili perempuan, sehingga menyebabkan diagnosis yang kurang akurat untuk pasien perempuan.
Bias Konfirmasi	Terwujud ketika sistem <i>AI</i> digunakan untuk mengkonfirmasi bias atau keyakinan yang sudah ada sebelumnya yang dianut oleh pembuat atau penggunanya.	Sistem <i>AI</i> yang memprediksi keberhasilan kandidat pekerjaan berdasarkan bias yang dimiliki oleh manajer perekrutan.
Bias Pengukuran	Muncul ketika pengumpulan atau pengukuran data secara sistematis mewakili kelompok tertentu secara berlebihan atau bahkan kurang.	Sebuah survei yang menyasar lebih banyak respon dari penduduk perkotaan, sehingga kurang mewakili pendapat masyarakat di pinggiran kota.
Bias Interaksi	Terjadi ketika sistem <i>AI</i> berinteraksi dengan manusia secara bias, sehingga mengakibatkan perlakuan tidak adil.	<i>Chatbot</i> yang memberikan respons berbeda terhadap pria dan wanita, sehingga mengakibatkan komunikasi menjadi bias
Bias Generatif	Terjadi pada model <i>AI</i> generatif, seperti yang digunakan untuk	Model pembuatan teks yang sebagian besar dilatih berdasarkan literatur dari

membuat data sintetis, gambar, atau teks. Bias generatif muncul ketika keluaran model secara tidak proporsional mencerminkan atribut, perspektif, atau pola tertentu yang ada dalam data pelatihan, sehingga menyebabkan representasi yang tidak seimbang atau tidak seimbang dalam konten yang dihasilkan.	penulis Barat mungkin terlalu mewakili norma dan idiom budaya Barat, kurang mewakili atau salah menggambarkan budaya lain. Demikian pula, model pembuatan gambar yang dilatih berdasarkan kumpulan data dengan keragaman potret manusia yang terbatas mungkin kesulitan untuk mewakili berbagai etnis secara akurat.

Menurut Ferrara (2024) implikasi etis dari AI yang bias ini mencakup: (a) potensi diskriminasi individu atau kelompok berdasarkan ras, jenis kelamin, usia dan disabilitas; (b) tanggung jawab pengembang sistem, perusahaan dan pemerintah untuk memastikan penggunaan AI yang adil dan transparan berdasarkan pada kode etik; (c) kepercayaan masyarakat terhadap AI menjadi rendah, hal mana akan berdampak pada aspek ekonomis dan sosial serta mengurangi potensi manfaat dari AI; dan (d) penggunaan AI yang bias dapat merugikan manusia dan otonominya, yakni kebebasannya untuk mengakses fasilitas publik yang tersedia. Alhosani and Alhashmi (2024) menegaskan dimensi etis AI terkait akuntabilitas dan sistem AI yang dipertanggungjawabkan oleh pengelola, termasuk kejujuran dan pengambilan keputusan yang tidak diskriminatif terhadap isu bias di atas, dan kepatuhan terhadap peraturan penggunaan data dan privasi individu.

Untuk mencegah terjadinya dimensi “buruk” dari AI tersebut, maka fokus kita arahkan pada 3 fokus, sebagai berikut:

- Pertama, pada mekanisme algoritma, desain data dan fitur aplikasi dari AI itu sendiri agar tidak melakukan hal-hal sebagaimana tidak dirancang demikian oleh desainernya. Jika dibalik, AI hanya akan bekerja sesuai rancangan desainernya dan tidak memungkinkan kesalahan teknologi (*technology mishap*) yang melahirkan kesalahan (*error* atau *technological fault*). Fokus ini sepenuhnya menyangkut persoalan teknis komputasi dan *modelling* informatika, dimana para perancang AI bekerja berbasis pada tujuan untuk apa suatu jenis AI dilahirkan.
- Kedua, terkait etika menyangkut penggunaan AI. Fokus ini beranggapan AI sebagai tabula rasa, netral, *value free* sehingga amat tergantung pada kualitas etik dari penggunaanya, yang dituntut bekerja berdasarkan beberapa prinsip etika. Kerangka hukum digunakan apabila penggunaan AI itu (bisa) menimbulkan dampak masif atau viktimisasi yang serius.
- Ketiga, terkait hasil guna atau produk data yang berasal atau yang diolah dengan menggunakan AI. Terdapat etika dan hukum khusus yang akan diaktifkan dalam rangka menerima hasil AI, apakah digunakan, digunakan dengan kondisi tertentu atau ditolak.

Penggunaan Artificial Intelligence Beretika

Tulisan ini tidak melihat pada fokus pertama dan ketiga, sebaliknya melihat pada fokus kedua sebagai sesuatu yang relevan dikaitkan dengan konsep *Smart City* dan pengejawantahannya sebagai suatu mekanisme *surveillance* terkait aktivitas kota serta penduduk kota. Dalam kaitan itu, selanjutnya tulisan ini akan mengupas apa yang disebut

dengan prinsip penggunaan *AI* yang beretika (*principles of ethical AI*). Terdapat 5 (lima) prinsip utama penggunaan *AI* beretika sebagai berikut :

1. *Transparency* : transparansi diperlukan perihal apakah menyangkut suatu kegiatan atau tujuan tertentu menggunakan *AI* sebagai alat bantu atau tidak. Sebagai produk teknologi yang dapat mendorong kinerja seseorang atau lembaga, maka kejelasan sejak awal perihal penggunaan *AI* atau tidak akan membuat pengamat memafhumi kualitas dan kuantitas hasil serta dampaknya kemudian. Sebaliknya, bisa terjadi penyesatan informasi dan pemanfaatan hasil *AI* secara salah jika transparansi tidak ditekankan sejak awal.
2. *Accountability* : penggunaan *AI* secara bertanggung jawab adalah kunci dari *AI* yang akan sepenuhnya dipergunakan untuk kemaslahatan manusia, bukan untuk kehancuran manusia. Termasuk juga persoalan akuntabilitas adalah kesediaan mengakui kesalahan ketika terjadi kesalahan atau ketidakakuratan yang berasal dari penggunaan *AI*.
3. *Fairness* : *AI* yang bisa diplesetkan menjadi “manusia robot” atau *super human* tentunya memiliki kemampuan di atas manusia. *AI* dengan demikian menjadikan manusia tidak apa adanya. Maka akan terjadi situasi unfair atau tidak jujur jika manusia melengkapi diri dengan *AI* sementara pihak lain tidak demikian dan hanya menggunakan kemampuan dirinya sebagai manusia.
4. *Privacy* : *AI* dengan mudah bisa menembus ruang-ruang *privacy* atau pribadi seseorang. Untuk itu diperlukan sikap etik untuk menahan diri atau membatasi diri agar privasi orang atau sekelompok orang tidak terganggu akibat penggunaan *AI* tersebut.
5. *Inclusivity* : *AI* seyogyanya membuat semua pihak diuntungkan. *AI* juga seyogyanya membuat semua pihak mampu meng-akses-nya dan memanfaatkannya guna kepentingan bersama.

Pada bagian selanjutnya, akan dibahas dimana pada konteks yang lebih khusus, penggunaan *AI* yang beretika memperoleh tantangan terkait penentuan etika itu sendiri dan bilamana digunakan.

Tantangan *Artificial Intelligence* Beretika dalam Pelayanan Publik

Pertimbangan guna menjalankan *AI* secara beretika menjadi lebih vital dan strategis ketika *AI* menjadi bagian yang tak terpisahkan dari pelayanan publik (*public service*), yang memiliki beberapa azas sebagai berikut:

1. Umum: pada dasarnya pelayanan publik harus bisa di-akses oleh semua orang.
2. Setara: pada dasarnya pelayanan publik mengasumsikan memberi pelayanan sama kepada semua orang tanpa membedakan latar belakang.
3. Ajeg: pada dasarnya pelayanan publik harus ada dan berjalan terus menerus secara standar.
4. Berkualitas: pada dasarnya pelayanan publik tidak boleh seadanya, asal ada, melainkan bermutu.
5. Tanpa diskriminasi: pada dasarnya pelayanan publik diberikan untuk semua orang dan tidak boleh mendiskriminasi berdasarkan SARA.

6. Menghargai hak asasi manusia: pada dasarnya pelayanan publik dilakukan dengan menghargai hak asasi manusia dari publik itu sendiri.

Ini sungguh menjadi tantangan bagi dunia pelayanan publik mengingat ketergantungan orang pada teknologi dan dunia digital semakin meningkat. Akibatnya, ekspektasi terhadap format dan kualitas pelayanan publik pun berubah. Hal-hal tersebut menimbulkan kerentanan dimana ada publik yang berpotensi terkesampingkan, termarginalkan, tidak dikenal atau malah tervektimisasi akibat kecanggihan pemberian layanan publik tersebut (Russel, 2011).

Dengan mengatakan bahwa hubungan antara *AI* dan pelayanan publik bersifat strategis tentu tidaklah mengenyampingkan utilisasi atau penggunaan *AI* pada bidang-bidang kehidupan lainnya. Dalam dunia medis, pabrikaan, pendidikan hingga olahraga, untuk menyebut beberapa, selama ini juga didukung dengan *AI* dan telah memperlihatkan peningkatan kinerja. Pelayanan publik, khususnya yang bersifat primer dan tradisional, sering dianggap lebih strategis dari yang lain mengingat jumlah penerima layanan yang amat besar. Pada kelompok pelayanan publik primer dan tradisional tersebut terdapat pelayanan publik menyangkut, sebagai contoh, pendidikan (umumnya tingkat dasar dan menengah) yang diselenggarakan atau diregulasi oleh negara, kesehatan masyarakat, infrastruktur seperti jalan, pelabuhan/ bandara/terminal/ stasiun, listrik, air dan telekomunikasi.

Setting kota pada dasarnya menunjuk suatu lahan perkotaan yang dimuati oleh berbagai layanan publik untuk mendukung kehidupan warga kota. *AI* dalam hal ini berfungsi meningkatkan kualitas layanan kota sehingga semakin “pintar”. “Pintar” dalam hal ini dapat dimaknai sebagai kondisi dimana terdapat semakin banyak jenis layanan, semakin berkualitas mutu layanan dan semakin pengguna dimudahkan dalam rangka mengakses serta memanfaatkannya.

Situasi agak berbeda ketika yang menjadi fokus bukanlah pelayanan publik yang termasuk kategori primer atau tradisional. Pelayanan publik menyangkut penegakan hukum ataupun pertahanan dan keamanan dapat disebut sebagai pelayanan publik yang bersifat khusus dan khas dimana cukup banyak prinsip yang terdapat pada pelayanan publik primer dan tradisional tidak ditemukan saat negara menjalankan pelayanan publik terkait penegakan hukum maupun pertahanan dan keamanan.

Terdapatnya unsur kerahasiaan dan penggunaan tindakan tegas dalam konteks kebijakan publik bidang hukum, misalnya, adalah beberapa contoh sifat yang khusus dan khas tersebut. Demikian pula unsur kerahasiaan data intelijen, kebutuhan melakukan operasi pendudukan dan kepemilikan persenjataan dalam konteks kebijakan pertahanan dan keamanan, menjadikan pelayanan publik ini cenderung bersifat tertutup dari interaksi dengan masyarakat luas serta menjalankan kegiatan secara formal-prosedural dengan mempergunakan gaya kerja militeristik.

Pada konteks ini, muncul fokus baru yang biasa dikenal dengan *integrity* (integritas) sebagai prinsip kerja dari pihak-pihak (tidak harus mewakili negara) yang jauh dari pengawasan publik, memiliki kewenangan besar dimana dampak penyimpangannya bisa menimpa orang dalam jumlah amat besar. Integritas biasa dikaitkan dengan kemampuan dan kemauan untuk melaksanakan sesuai dengan janji, etika atau aturan yang ada walau berada dalam situasi tanpa pengawasan atau tanpa ada yang melihat.

Para pejabat publik yang terkait dengan penegakan hukum serta pertahanan dan keamanan akan amat digoda integritasnya saat menyadari bahwa *AI* memungkinkan dirinya atau instansinya mengetahui lebih banyak tentang masyarakat yang menjadi obyek hukumnya, atau orang-orang yang menjadi fokus pengamanannya. Melalui *AI*, seorang penyidik atau agen intelijen dapat melakukan pembuatan profiling baik yang bersifat rasial (*racial profiling*) hingga psikologis (*psychological profiling*) tentang orang-orang atau komunitas tertentu yang menjadi targetnya. Dengan begitu, orang atau komunitas tersebut menjadi “telanjang”, telah kehilangan hak azasi sebagai manusia karena tidak lagi memiliki ruang pribadi.

Di tangan para operator *AI* yang berintegritas, maka kemungkinan bukan persoalan sulit mencari keseimbangan (*balancing*) antara kepastian hukum di satu pihak dan terjaminnya keamanan di pihak lain. Dalam rangka memelihara integritasnya, operator atau pengguna *AI* seyogyanya setiap kali bertanya dalam hati apakah saya sendiri mau berada dalam situasi seperti ini: mau dikenali setiap kali masuk suatu bangunan melalui *facial recognition*? Mau diketahui kemana kita pergi melalui *GPS route tracking*? Mau diketahui perilaku konsumsi (*buying behavior*) kita? Mau diketahui siapa saja kawan dekat (*social circle*) kita? Dan sebagainya. Apabila kita tidak mau menjadi “korban” *AI*, maka begitu pula orang lain pada umumnya.

Di negara-negara dengan sistem politik totaliter, maka *AI* menjadi amplifikator negara guna semakin dalam mengetahui siapa warga negaranya dan gerak-geriknya, serta utamanya orientasi dan perilaku politiknya. Berbagai mekanisme maupun entry-point (seperti *DNA* pada rambut dan gigi, identifikasi kepemilikan senjata, kartu transportasi, daftar pembelian dan peminjaman buku di perpustakaan), semua dijadikan basis data untuk bukan hanya mengetahui siapa warga negara itu tetapi juga melakukan pengawasan (*surveillance*) dalam rangka tetap melestarikan kendali negara atas warga tersebut. Persoalan integritas, dengan demikian, sudah tidak relevan lagi.

Tata Kelola Artificial Intelligence

Guna memastikan bahwa terjadi perlakuan yang sama terkait pemanfaatan *AI*, dan tidak terpulung kepada siapa pihak yang menggunakannya, maka persoalan tata kelola *AI* yang baik (*good governance of AI*) menjadi penting. Dengan tata kelola yang baik, maka optimalisasi *AI* serta penghindaran terhadap penggunaan *AI* yang tidak beretika bukan lagi menjadi persoalan individual melainkan kelembagaan. Setiap orang dalam organisasi atau dalam negara dengan demikian wajib menjalankannya.

Konsepsi tata kelola dalam artian yang sederhana menunjuk situasi dimana tidak terkonsentrasinya semua fungsi dalam satu tangan. Dengan bekerjanya fungsi-fungsi maka hasil akhir atau output yang positif diperkirakan lebih mungkin terjadi. Fungsi perancangan entah suatu program atau kegiatan biasanya dilakukan oleh pihak tertentu yang terpisah dengan pihak lain yang memiliki fungsi pelaksanaan atau eksekutif. Juga terpisah dengan pihak yang memiliki fungsi kebendaharaan, demikian pula terpisah dengan fungsi pengawasan atau audit. Dengan demikian, semua pihak berada dalam kondisi saling mengunci alias saling mengawasi. Terkait dengan akses dan utilisasi *AI*, maka siapapun itu hanya dan hanya akan menjalankannya sesuai dengan tujuan *AI* itu sendiri.

Tata kelola *AI* diharapkan mampu menahan penetrasi, minimal menempatkan *AI* dalam skala yang rasional ditengah kecenderungan pemanfaatan teknologi ini yang menembus semua aspek kehidupan manusia berkat jaringan internet yang semakin meluas, demikian juga struktur *internet of things*, *machine learning*, *neural language*, *computer visioning*, *cloud*

dan berbagai perkembangan teknologi terkini (Schwab, 2016).

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perspektif etis dari public security berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence – AI) di Jakarta. Masalah yang ditelusuri adalah penggunaan AI yang membutuhkan data makin lengkap yang bisa berdampak pada pelanggaran privasi seseorang bahkan berpotensi mengganggu dan menimbulkan kejahatan baru. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif-eksploratif yang dilakukan dengan studi literatur untuk membangun konsep awal dan prediksi teoritis terkait AI sebagai public security dan dampaknya terhadap privasi masyarakat. Hasil penelitian ini menunjukkan kebaruan pada perspektif prinsip etis dalam pengembangan public security berbasis AI agar kebijakan ini dijalankan secara manusiawi. Model AI dengan dimensi etis ini melindungi masyarakat Jakarta yang mengalami risiko AI yang bisa melanggar privasi, melengkapi dan memperkuat aspek hukum agar makin mampu melindungi privasi masyarakat, dan membantu pengembangan konsep AI untuk public security yang manusiawi.

Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence (AI)* memiliki peran yang sangat besar untuk membantu manusia menjalani hidup dengan lebih baik. Salah satu sektor yang mendapatkan bantuan dan keuntungan dari peran AI adalah sektor keamanan publik. Kecerdasan Buatan pada sektor ini bisa digunakan dengan cara mengidentifikasi latar belakang orang, menggali histori pelaku kejahatan atau kriminal, memantau pergerakan masyarakat yang bisa membahayakan orang banyak, dan mengidentifikasi barang-barang berbahaya yang bisa dibawa dan digunakan seseorang untuk melakukan kejahatan.

Namun, perlu diperhatikan dampak-dampak yang bisa ditimbulkan karena hal ini. AI akan berfungsi semakin baik ketika data seseorang bisa diperoleh dengan semakin lengkap. Data yang diambil ini bisa berdampak mengganggu privasi, keamanan, dan rasa nyaman seseorang apabila data tersebut digunakan secara keliru bahkan digunakan untuk melakukan kejahatan/kriminal.

Sejumlah bias dalam AI perlu disadari, yakni bias yang menyebabkan diskriminasi berdasarkan ras, jenis kelamin, usia, dan disabilitas jika data atau algoritma yang digunakan menimbulkan bias. AI berfungsi berdasarkan data yang disediakan atau data yang masuk. Bila data rasis yang dimasukkan maka analisis rasis akan terjadi.

Dengan dampak-dampak besar yang bisa ditimpulkan, dibutuhkan prinsip atau landasan etik serta kerangka aturan dalam penggunaan AI sehingga bisa dipastikan bahwa kemajuan teknologi dan pembenahan Jakarta menjadi *Smart City* sejalan dengan perlindungan hak-hak dasar masyarakat. Prinsip-prinsip utama etika dalam penggunaan AI, yaitu transparansi, akuntabilitas, keadilan, privasi, dan inklusivitas. Tantangan dalam penggunaan AI, yakni integritas dari pengguna AI dan bagaimana mengembangkan tata kelola yang baik yang memastikan bahwa perlindungan hak-hak dasar manusia serta privasi mereka bisa dijamin.

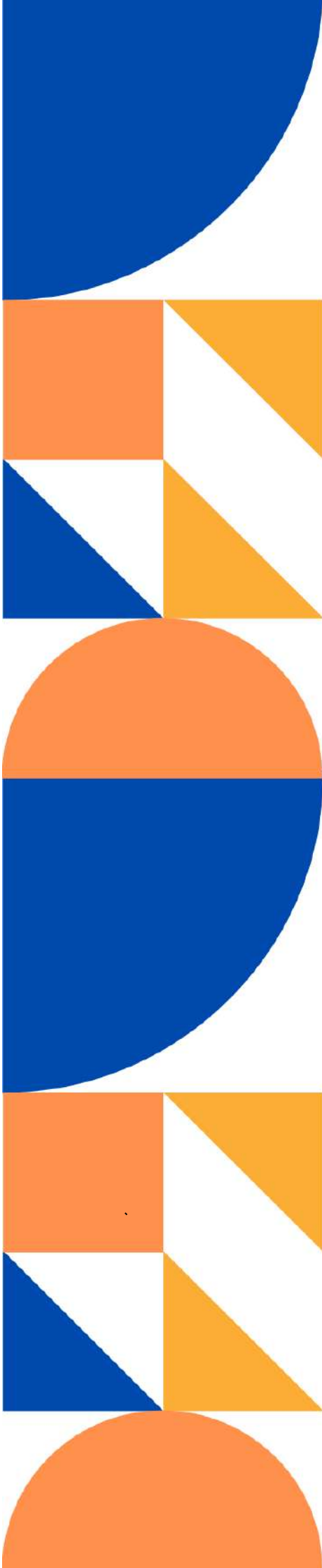
SARAN

Enam rekomendasi ditujukan untuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta terkait dengan landasan etik untuk mengembangkan Jakarta *Smart City*:

1. Pemprov DKI perlu memperkuat kebijakan dan regulasi data. Penguatan itu meliputi undang-undang yang mengatur pengumpulan, penyimpanan, penggunaan data, serta penindakan terhadap orang yang melanggar.
2. Pemprov DKI perlu mengembangkan landasan etik penggunaan *AI*. Landasan itu mengikuti prinsip transparansi, akuntabilitas, keadilan, privasi, dan inklusivitas. Landasan itu harus menghilangkan diskriminasi dan bias yang bisa terjadi.
3. Pemprov DKI perlu membentuk badan pengawas *AI* yang terkenal beretika untuk memastikan Tata Kelola *AI* berjalan baik.
4. Pemprov DKI membangun transparansi dan akuntabilitas sehingga pengumpulan dan penggunaan data bisa dipertanggung-jawabkan dan menimbulkan kepercayaan dari publik.
5. Pemprov DKI meningkatkan edukasi terkait dengan kesadaran publik dan profesionalisme.
6. Membangun kolaborasi, kemitraan, dan kerjasama luas, termasuk dengan lembaga yang menggunakan *AI*, pihak-pihak terkait dengan hukum dan penindakan, bahkan dengan lembaga internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhosani, K. and Alhashmi, S.M (2024), Opportunities, challenges, and benefits of AI innovation in government services: a review, *Discover Artificial Intelligence*, 4:18, <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00111-w>.
- Balasubramanian, S. (2023). Facial recognition using artificial intelligence (ai): critical analysis a review, *International Journal of Graphics and Multimedia (IJGM)*, Volume 10, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/7MXU8>.
- Bhavyasri, J., Ramaiah, G.N.K and Rasadurai, K. (2023) AI Based Smart Surveillance System, *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*. DOI: <https://doi.org/10.32628/IJSRSET229672>
- EUCPN (2022). Artificial intelligence and predictive policing: risks and challenges. Brussels: EUCPN.
- Ferrara, E. (2024) Fairness and Bias in Artificial Intelligence: A Brief Survey of Sources, Impacts, and Mitigation Strategies. *SCI*, 6, 3. <https://doi.org/10.3390/sci6010003>.
- Ghosh, M. and Thirugnanam, A. (2021) Introduction of Artificial Intelligence, dalam K. G. Srinivasa et al. (eds.), *Artificial Intelligence for Information Management: A Healthcare Perspective*, *Studies in Big Data* 88, https://doi.org/10.1007/978-981-16-0415-7_2
- Huawei Technologies Co., Ltd. (2023). Artificial Intelligence Technology. *Springer Nature Singapore*: Singapore.
- Jose Orlando Montes de la Barrera. 2022. A Historical View of Smart Cities: Definitions, Features and Tipping Points (*Working Paper*).
- Pearsall, B. (2010) Predictive Policing: The Future of Law Enforcement? *NIJ Journal*, Issue No. 266.
- Russel, Matthew, A. 2011. *Mining the Social Web*. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- Schwab, Klaus, 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Switzerland: World Economic Forum.
- Sofa, Amira. 2023. Smart City: What Is It and How Is It Implemented? Jakarta Smart City. <https://smartcity.jakarta.go.id/en/blog/mengenai-konsep-pengertian-smart-city/>.
- Toh, C.K (2020) Security for smart cities, *The Institution of Engineering and Technology Journal*, Vol. 2 Iss. 2, pp. 95-104.



MENGOPTIMALKAN POTENSI ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENYARING UJARAN KEBENCIAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NAIVE BAYES

**Dwi Atmodjo¹, Winny Purbaratri^{2*}, Dandan Dwi³,
Pratiwi⁴**

^{1,2,3,4} Perbanas Institut Jakarta

e-mail: winny.purbaratri@perbanas.id

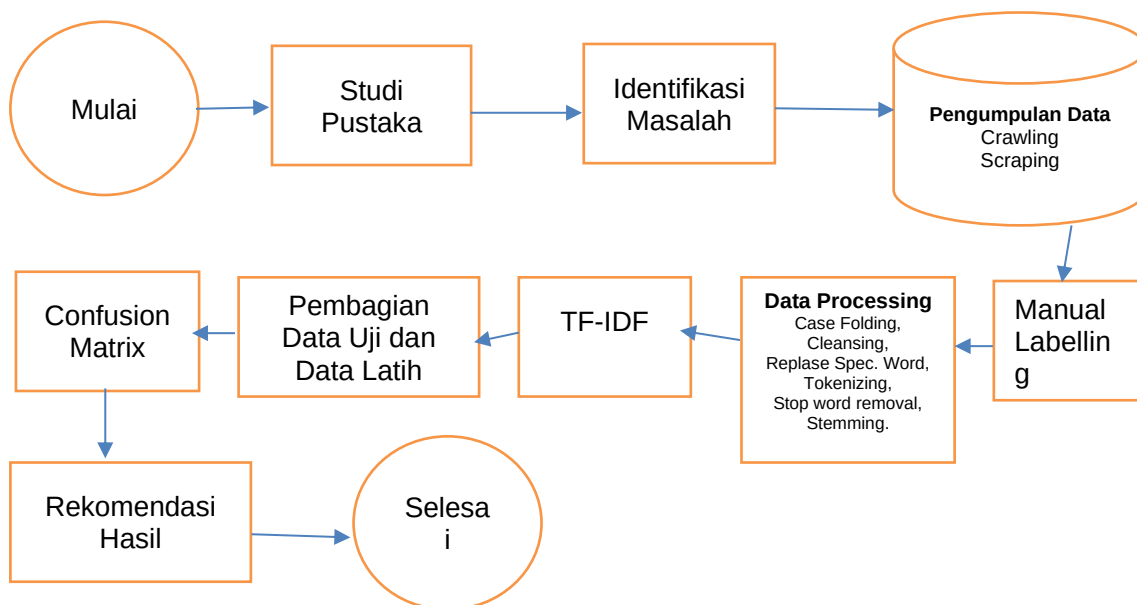
PENDAHULUAN

Fenomena ujaran kebencian atau ujaran kebencian menjadi perbincangan hangat. Ujaran kebencian dapat berupa ucapan atau tulisan yang dengan sengaja dilontarkan oleh seseorang dengan tujuan menyebarkan dan menimbulkan kebencian terhadap kelompok orang tertentu (Willianto et al., 2021). Bertambahnya jumlah pengguna media sosial menyebabkan lebih banyak interaksi warganet di media online. Sebagai contoh, pengguna Twitter dapat berkomunikasi melalui tweet, yang dapat memiliki arti negatif. Karena berpotensi mengandung ujaran kebencian, ini harus mendapat perhatian khusus. Bahkan pemerintah merasa perlu mengeluarkan undang-undang khusus untuk menangani ujaran kebencian. Salah satu contohnya adalah Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE) tahun 2018, yang mengatur ujaran kebencian dalam pasal 28 ayat 2 (Dwitama & Hidayat, 2021). Polda Bali menangani masalah ini melalui upaya preventif dan represif. Upaya preventif melibatkan penyuluhan masyarakat tentang dampak kejahatan ujaran kebencian di media sosial. Upaya represif melibatkan penerapan undang-undang yang mengatur ujaran kebencian (Jenny Iffanny Harahap et al., 2022). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan metode yang efektif untuk mendeteksi dan menyaring konten semacam itu. Artificial Intelligence (AI) menawarkan potensi besar dalam menangani masalah ini melalui otomatisasi deteksi ujaran kebencian. Salah satu teknik yang telah banyak diteliti dan digunakan adalah Algoritma Naive Bayes, yang merupakan pendekatan klasifikasi probabilistik.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah beberapa penelitian yang sudah dilakukan untuk mendeteksi, memprediksi dan mengklasifikasi Ujaran Kebencian terhadap kebijakan yang diberikan oleh pemerintah menggunakan Machine Learning. Dengan menggunakan metode yang berbeda, diantaranya Identifikasi Ujaran Kebencian menggunakan metode Convolution Neural Network dengan media sosial *twitter*. Penelitian ini menemukan model CNN terbaik untuk dataset multilabel ujaran kebencian pada teks bahasa Indonesia dengan akurasi sebesar 98,76%. (Dwitama & Hidayat, 2021). Selain itu ada yang meneliti ujaran kebencian bertujuan untuk klasifikasi menggunakan metode Naïve Bayes dan kombinasi sastrawi, pembersihan karakter, unigram dan naïve bayes dapat digunakan untuk mendeteksi ujaran kebencian pada domain politik. Pada penelitian ini menghasilkan performa dengan recall sebesar 84.8%, precision sebesar 85.4% dan akurasi sebesar 85%. (Alzami et al., 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Kristiawan, untuk Metode Neural Network dapat memprediksi ujaran kebencian berbasis teks pada sosial media dengan akurasi 73%. Ini berbeda dengan metode lain seperti Decission Tree dan K-Nearest Neighbor (KNN), yang hanya memiliki akurasi 68,5% (Nugroho et al., 2023). Yudha dan Chairani juga melakukan penelitian perbandingan komparasi dengan menggunakan algoritma SVM setelah dioptimalkan Adaboosts dan Decision Trees setelah dioptimalkan Adaboosts. Hasilnya adalah algoritma SVM setelah dioptimalkan Adaboosts memiliki akurasi 90,03%, sedangkan algoritma Decision Trees memiliki akurasi 89,53% (Septiawan & Chairani, 2023). Penelitian sebelumnya melakukan Identifikasi, Deteksi, Prediksi dan Klasifikasi. Belum ada Penelitian untuk menyaring ujaran kebencian menggunakan Algoritma Naïve Bayes. Kami akan membuat aplikasi penyaringan ujaran kebencian, dimana sebelum user media social akan menampilkan komentar. Terlebih dahulu akan difilter dengan Artificial Intelligence yang menggunakan Algoritma Naïve Bayes.

Penelitian dilakukan pada bulan April 2024. Penelitian ini menggunakan desain eksperimental, menggunakan data yang dikumpulkan dari proses *crawling* dan *scrapping* sebagai data latih (*training*). Dari data yang telah terkumpul dilakukan proses standarisasi data agar bisa diproses dengan metode yang telah dipilih yaitu Naïve Bayes. Setelah data tersebut terkumpul akan

dilakukan proses identifikasi dengan memberikan label secara manual pada beberapa data tersebut. Aktivitas selanjutnya adalah dengan melakukan *text pre-processing* data yaitu dengan membersihkan data yang belum terstruktur agar dapat diolah oleh lebih lanjut. Proses ini meliputi *case folding*, *cleansing*, *replace specific words*, *tokenizing*, *stopword removal*, dan *stemming*. Kemudian dilakukan pembobotan menggunakan TF-IDF untuk mengukur relevansi kata-kata dalam suatu komentar atau kumpulan dokumen dan memisahkan data menjadi set pelatihan dan pengujian, mengklasifikasikan data menggunakan algoritma Naïve Bayes, dan menilai hasilnya. Hasil dari proses ini dapat digunakan untuk memberikan klasifikasi sentiment terhadap sebuah komen. Adapun klasifikasi yang dapat disematkan pada komen adalah “Berpotensi menjadi ujaran kebencian”, “Netral”, atau “Tidak berpotensi menjadi ujaran kebencian” yang menjadi keluaran sistem.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, kami telah mengidentifikasi topik penelitian, merumuskan pertanyaan penelitian, dan menetapkan tujuan penelitian. Tabel 1 menjawab pertanyaan penelitian dan memperkuat tujuan penelitian. Topik yang sedang dipertimbangkan akan diperiksa dan dianalisis dalam bagian selanjutnya, didedikasikan untuk temuan dan analisis.

Table 1. Masalah Penelitian dan Pertanyaan Penelitian

Masalah Penelitian	Pertanyaan Penelitian	Tujuan Penelitian
Mempersiapkan infrastruktur Sosial pada bangunan Smartcity dengan membentuk masyarakat yang berkarakter positif dalam berkomunikasi melalui media sosial.	Apakah ada media yang bisa digunakan masyarakat untuk memeriksa ujaran yang akan dipublish melalui media sosial ?	Menyiapkan media penyaring (<i>filter</i>) ujaran yang akan dipublish melalui media sosial.

PEMBAHASAN

A. Ujaran Kebencian

Ujaran kebencian (atau kadang disebut hate speech) merujuk pada segala bentuk ucapan, tulisan, atau tindakan yang menyalahkan, memprovokasi, atau menyebarkan kebencian terhadap individu atau kelompok berdasarkan karakteristik tertentu seperti ras, agama, etnisitas, orientasi seksual, gender, atau kepercayaan politik. Ujaran kebencian bisa berdampak merusak karena dapat memperkuat prasangka dan memicu tindakan diskriminatif, kekerasan. Banyak yurisdiksi memiliki undang-undang yang melarang ujaran kebencian karena pengakuan akan potensi bahayanya terhadap masyarakat dan hubungannya dengan pelanggaran hak asasi manusia. Upaya untuk mengurangi aktivitas ini merupakan tantangan di Indonesia karena kebebasan dalam berpendapat merupakan hak konstitusional warga negara yang diatur dalam pasal 28 ayat 3 UUD 1945.

Salah satu media yang sangat sering digunakan sebagai sarana penyampaian ujaran kebencian ini adalah media social. Media ini demikian masif digunakan oleh masyarakat untuk menyampaikan pendapat, saran maupun kritikan kepada pihak lain melalui perangkat *Smartphone* yang dimiliki masyarakat. Berdasarkan data dari BPS DKI dapat dilihat bahwa potensi semakin maraknya Ujaran Kebencian terpapar ke masyarakat. Dibawah ini adalah data yang menggambarkan perkembangan pengguna Smartphone di DKI Jakarta.

Tabel 2. Persentase Pengguna HP DKI Jakarta

Tahun	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
DKI Jakarta	80,2	84,4 6	84,7	74,93	79,2 3	79,8 2	77,5 7	81,3 3	82,2 7
Jakarta Barat	80,04	85,9 1	85,4 2	72,42	77,8 1	78,3	76,2 5	81,8 7	81,8 7
Jakarta Pusat	81,37	81,4 5	85,6 8	74,7	74,8 1	79,7 1	78,0 1	78,1 1	82,7 4
Jakarta Selatan	82,52	85,5	84,7	79,15	82,6 3	82,1 3	80,8 3	84,0 6	83,4 2
Jakarta Timur	80,25	84,1 6	85,0 4	76,45	79,0 5	81,9 6	78,3 6	81,5 9	83,5 1
Jakarta Utara	77,01	83,2 2	82,7 3	71,23	79,7 3	75,8 1	74,0 8	81,4 5	79,3
Kep Seribu	64,91	70,8 7	78,2 4	53,85	62,8 8	71,0 2	59,3 6	66,8 6	74,6 5

Sumber: Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS), BPS

Diakses pada situs <https://jakarta.bps.go.id/indicator/2/1098/1/persentase-penduduk-yang-memiliki-hp-menurut-jenis-kelamin-dan-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta.html>.

Sedangkan data yang menggambarkan penggunaan internet dari BPS DKI Jakarta dapat dilihat pada data:

Tabel 3. Penggunaan Internet Propinsi DKI Jakarta

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Kep Seribu	89,6 4	22,5 3	18,7 5	57,1	33,2	9,47	64,7 4	7,17	20,7 5	17,0 1
Jakarta Selatan	77,8 3	24,1	23,9 6	67,3 4	24,3	4,59	55,9 6	17,8 2	28,5 7	5,56
Jakarta Timur	81,7 5	22,2 1	23,9 5	72,8 9	29,3 4	6,38	64,5 9	17,4 5	31,7 3	4,34
Jakarta Pusat	86,2 6	19,8 6	23,3 5	67,7 8	18,9 3	6,71	58,6 6	13,5 6	24,3 7	3,23
Jakarta Barat	74,0 5	20,8 1	20,8 3	76,2 6	25,4 9	7,34	62,0 9	19,7 4	27,1 2	2,53
Jakarta Utara	72,5 5	19,9 8	13,1 1	62,7 6	20,1 9	3,97	47,5 4	11,3 5	14,1 4	4,12
DKI Jakarta	77,8 7	21,7 3	21,3 4	70,3 5	24,9 1	5,86	58,7 5	16,7 5	26,3 7	4,06

Sumber: Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS), BPS

Keterangan

Internet digunakan untuk :

- Mendapat Informasi/Berita
- Proses Pembelajaran
- Mengirim/Menerima Email
- Media Sosial
- Pembelian Barang/Jasa
- Penjualan Barang/Jasa
- Hiburan
- Fasilitas Finansial
- Informasi Mengenai Barang/Jasa
- Lainnya

Diakses dari situs <https://jakarta.bps.go.id/indicator/2/1101/1/persentase-penduduk-yang-mengakses-internet-menurut-tujuan-menggunakan-internet-dan-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta.html>.

Dari data-data diatas bisa dibayangkan betapa besar potensi ujaran kebencian tepapar kepada masyarakat baik dari sisi produksi konten maupun sasaran konten. Melihat besarnya potensi tersebut maka diharapkan pemerintah DKI dapat menyediakan layanan *Hate Speech Detection* yang dapat diakses oleh masyarakat melalui Smartphone maupun PC tanpa dipungut biaya layanan.

B. Naïve Bayes

Algoritma machine learning banyak digunakan pada aplikasi untuk mengembangkan model prediksi yang kuat. Salah satu metode yang dapat memecahkan permasalahan analisis sentimen adalah algoritma Naïve Bayes Classifier. Algoritma Naïve Bayes Classifier biasa digunakan untuk mengklasifikasikan variabel tertentu dengan menggunakan metode

probabilitas. Algoritma ini merupakan salah satu algoritma machine learning. Naïve Bayes Classifier merupakan suatu metode pengklasifikasian paling populer untuk menentukan tingkat akurasi. Kelebihan memakai algoritma Naïve Bayes Classifier adalah algoritma ini memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma lain, serta nilai error paling rendah. Selain itu, algoritma ini hanya membutuhkan jumlah training data (data latih) yang kecil, sehingga metode ini memiliki kecepatan paling besar ketika diaplikasikan walaupun ke dalam dataset yang berjumlah besar (D. Xhemali, dkk. 2009). Namun, algoritma ini memiliki kelemahan, seperti asumsi bahwa semua kata-kata dalam teks bersifat independen yang dapat menyebabkan penurunan kualitas prediksi. Selain itu, algoritma ini memiliki kinerja yang buruk ketika digunakan pada dataset yang tidak seimbang, dimana satu kategori sentimen memiliki lebih banyak sampel daripada yang lain. Hal ini dapat mengakibatkan bias dalam klasifikasi. Umumnya, rumus perhitungan pelatihan Naïve Bayes Classifier dengan probabilitas adalah sebagai berikut :

Keterangan:

$$P(C|X) = \frac{P(C)P(X|C)}{P(X)}$$

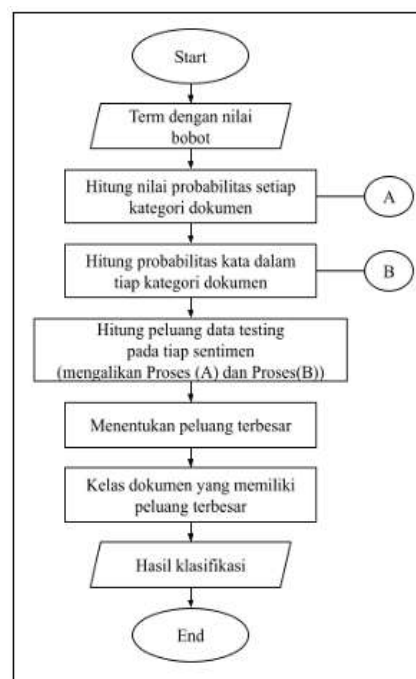
$P(C|X)$: Probabilitas hipotesis C berdasarkan kondisi X (probabilitas posterior)

$P(X|C)$: Probabilitas tiap input berdasarkan kondisi

$P(X)$: Probabilitas terjadinya X

X : Data dengan kelas yang belum diketahui

Pengklasifikan menggunakan algoritma Naïve Bayes sangat kuat untuk membedakan atribut yang tidak relevan. Algoritma ini belajar dari training data (data latih) yang setiap atributnya diinisiasi dan



Gambar 2 : Alur Algoritma Naïve Bayes

juga diberi label kelasnya. Untuk klasifikasi teks, algoritma Naïve Bayes sudah banyak digunakan, artinya algoritma ini telah menunjukkan hasil yang sangat baik. Pada algoritma Naïve Bayes setiap dokumen termasuk ke dalam kelas yang berbeda, dan kemudian ditugaskan

ke kelas dengan probabilitas posterior tertinggi (Lewis, 1998; Lewis & Gale, 1994; Lewis & Ringuette, 1994; McCallum & Nigam 1998). Algoritma Naïve Bayes sudah sangat berhasil dalam pencarian informasi. Dalam evaluasi TREC tahunan banyak variasi model Naïve Bayes telah digunakan dan menghasilkan beberapa hasil terbaik (Lewis, 1998). Naïve Bayes dapat dikatakan memiliki kompleksitas waktu yang optimal (Manning et al., 2006). Efisiensinya juga merupakan salah satu alasan mengapa Naïve Bayes menjadi algoritma pembelajaran mesin yang begitu populer. Pada pelatihan Naïve Bayes, pengklasifikasian ini nantinya akan mempelajari pola dasar dan hubungan antara label kelas dan fitur dalam data latih dengan melatih pengklasifikasian Naïve Bayes. Pengklasifikasi Naïve Bayes dapat digunakan untuk membuat prediksi pada data yang tidak terlihat atau data uji. Model yang dilatih menggunakan parameter yang dipelajari untuk menghitung probabilitas posterior dari berbagai label kelas berdasarkan fitur yang diamati. Kemudian, label kelas yang paling mungkin diberikan untuk setiap instance berdasarkan probabilitas yang dihitung. Di bawah ini merupakan alur kerja algoritma Naïve Bayes.

Tahapan Analisa Ujaran Kebencian menggunakan Naïve Bayes adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data berupa komentar menggunakan *web crawling* pada situs-situs media sosial.
2. Melakukan *Web Scraping* untuk melakukan
3. ekstraksi dari data yang diperoleh melalui *web crawling*.
4. Melakukan labelisasi data untuk menyiapkan data training yang akan digunakan mesin sebagai model pembelajaran. Pada langkah ini terdapat dua aktivitas yaitu memberikan label secara manual dan dilanjutkan dengan memberikan label secara otomatis jika mesin telah mendapatkan model pembelajarannya.
5. Melakukan *text pre-processing* data dengan membersihkan data yang belum terstruktur agar dapat diolah oleh komputer. Proses ini meliputi *case folding*, *cleansing*, *replace specific words*, *tokenizing*, *stopword removal*, dan *stemming*.
6. Kemudian, dilakukan pembobotan melalui TF-IDF untuk mengukur relevansi kata-kata dalam suatu komentar atau kumpulan dokumen.
7. Selanjutnya dilakukan proses klasifikasi menggunakan Naïve Bayes classifier.

Hasil yang telah diperoleh dari aktivitas diatas digunakan untuk mendeteksi setiap komentar baru untuk diklasifikasikan sebagai ujaran kebencian, netral atau bukan ujaran kebencian.

C. Aplikasi dan Strategi Praktis

Ketersediaan sarana untuk memberikan bantuan kepada masyarakat dalam bentuk layanan Hate Speech Checking yang dapat memberikan informasi tentang potensi komentar yang akan dipublikasikan memiliki nuansa kebencian sangat diperlukan. Layanan ini bisa diimplementasikan secara mandiri berupa aplikasi online atau diintegrasikan pada semua layanan pemerintah yang memiliki modul penyampaian pendapat, saran, atau komentar. Sehingga dapat memberikan saran kepada pengguna untuk mempertimbangkan konten yang akan dipublikasikan. Setiap pengguna bisa mengisi ujaran yang akan dipublikasikan pada bidang isian yang disediakan oleh aplikasi. Setiap isian akan dianalisa menggunakan Sentimen Analisis untuk memberikan panduan kepada pengguna bahwa ujaran yang telah diisi pada bidang isian berpotensi menjadi ujaran kebencian atau tidak.

Dengan layanan diatas diharapkan dapat digunakan oleh masyarakat secara gratis dan tidak dipungut biaya. Adanya layanan tersebut akan membuat masyarakat lebih berhati-

hati dalam mempublikasikan ujaran melalui media sosial atau media lain yang sering digunakan untuk berkomentar secara umum. Secara sederhana tampilan yang bisa dibangun terlihat seperti:



Gambar 3. Rancangan Input Aplikasi *Hate Speech Checking*

Rancangan diatas adalah implementasi tahap awal dimana modul *Hate Speech Checking* merupakan layanan terpisah yang bisa diakses melalui HP maupun PC. Pada tahap berikutnya modul diatas dapat dikembangkan dengan mengimplementasikan *Microservices* sedemikian sehingga semua aplikasi atau layanan online Pemda DKI maupun institusi lain dapat berkomunikasi dengan modul *Hate Speech Checking* melalui *Public API* yang publikasikan oleh Pemda.

D. Diskusi Tantangan dan Hambatan

Implementasi modul *Hate Speech Checking* ini memang perlu dilakukan secara bertahap. Pada awal implementasi bisa dalam bentuk aplikasi terpisah atau sendiri dengan tujuan meningkatkan awareness masyarakat terhadap komentar yang akan mereka publikasikan melalui media social, perlu memperhatikan kesopanan dan tidak mengandung ujaran kebencian. Tahap ini adalah tahap sosialisasi dimana diharapkan semua masyarakat menjadi peduli dengan komentar-komentar yang dipublikasikan tidak lagi mengandung ujaran kebencian. Pada tahap ini kemungkinan tidak semua masyarakat menggunakan layanan ini namun dengan peningkatan kepedulian masyarakat terhadap dampak ujaran kebencian akan berbanding lurus dengan kesiapan masyarakat sebagai komponen sosial dari pembangunan Pemda DKI menuju kota cerdas.

E. Trend Masa Depan

Jika mesin telah mendapatkan model pembelajaran yang akurat maka dapat digunakan untuk melakukan sentiment analisis melalui isian saran, kritik dan komentar maka aplikasi *Hate Speech Checking* tidak lagi memberikan informasi potensi melainkan dapat langsung menolak setiap masukan atau isian yang berisi ujaran kebencian. Sehingga akan tercipta masyarakat yang memiliki karakter budaya yang baik dalam berkomentar pada layanan public atau media sosial. Dengan kondisi ini maka pondasi kesiapan struktur sosial

masyarakat menuju Pemda DKI sebagai kota cerdas menjadi lebih siap.

F. Keberlanjutan Pendeteksi Ujaran Kebencian

Dengan berkembangnya NLP (*Natural Language Processing*) modul *Hate Speech Checking* dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan kemampuan memahami bahasa alami. NLP adalah bidang teknologi yang terkait dengan kemampuan komputer dalam memahami, menafsirkan, dan memanipulasi bahasa manusia. Teknologi ini didukung oleh *tools* canggih, seperti *computational linguistics*, *statistics*, *machine learning*, dan *deep learning*. Dengan *tools* tersebut, komputer mampu untuk memahami bahasa dalam berbagai bentuk, termasuk teks tertulis dan pesan suara. Kemudian, di era *digital* yang terus berkembang, teknologi ini menjadi semakin populer dan berpengaruh. Dampaknya tidak hanya terasa dalam penelitian dan pengembangan teknologi, tetapi juga dalam aplikasi praktis sehari-hari, seperti asisten *virtual*, terjemahan otomatis, analisis, dan masih banyak lagi.

Dengan penambahan kemampuan memahami bahasa alami maka modul pendeteksi ujaran kebencian menjadi semakin akurat dalam mengklasifikasikan ujaran yang dimuat dalam media sosial. Jika kondisi ini telah dicapai maka Pemda DKI bisa melakukan regulasi bahwa setiap media social perlu menambahkan kemampuan untuk menangkal ujaran kebencian saat menerima komentar dari *netizen*.

KESIMPULAN

Masyarakat DKI adalah masyarakat modern yang telah terbiasa berhubungan dengan teknologi. Kondisi yang dapat menggambarkan ini adalah besarnya pengguna smartphone pada sebagian besar penduduknya. Menurut data dari Badan Statistik DKI terdapat peningkatan penggunaan smartphone setiap tahunnya hingga pada tahun 2022 didapatkan angka sebesar 87,2% pengguna dari penduduk DKI. Media social adalah platform yang sangat sering digunakan oleh penduduk DKI yaitu sebesar 70,35% dari pengguna internet di DKI. Salah satu aktivitas pada platform ini adalah berkomentar antar sesama. Komentar yang disampaikan oleh penduduk DKI melalui media sosial, antara lain minat terhadap produk, persepsi terhadap layanan pemerintah, produk yang paling diperlukan, dan lain sebagainya. Namun dalam beberapa kejadian komentar sering kali menjadi ujaran kebencian, pelanggaran terhadap UU ITE, cyber bullying, dan lain sebagainya. Dalam Konsep smart city salah satu pilar yang perlu dipersiapkan adalah Infrastruktur yang terdiri dari infrastruktur Fisik, Digital dan Social. Tujuan dari Bunga Rampai ini adalah membahas tentang penerapan Artificial Intelligence (AI), khususnya melalui penggunaan Algoritma Naive Bayes, sebagai metode untuk mengidentifikasi dan menyaring ujaran kebencian dari kumpulan data besar secara otomatis. Algoritma Naive Bayes dapat diadaptasi untuk mengklasifikasikan teks dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan memanfaatkan prinsip dasar probabilitas dan statistik, Naive Bayes menawarkan pendekatan yang relatif sederhana namun powerful dalam menghadapi tantangan deteksi ujaran kebencian. Hasil dari tulisan ini AI menciptakan lingkungan digital yang lebih aman dan inklusif. Dapat dijadikan rekomendasi untuk peneliti, pengembang, dan policy maker dalam memanfaatkan teknologi AI untuk memerangi ujaran kebencian.

1. Pemanfaatan AI dalam Deteksi Ujaran Kebencian dimana penggunaan algoritma Naive Bayes untuk klasifikasi teks dan deteksi ujaran kebencian pada media sosial. Peningkatan akurasi dengan kemampuan memahami bahasa alami. AI, khususnya algoritma Naive Bayes, efektif untuk deteksi ujaran kebencian.

2. Potensi regulasi oleh Pemda DKI agar setiap media sosial dapat ditambahkan modul untuk menangkal ujaran kebencian. Selain itu dapat juga menambahkan modul Sentimen Analisis pada layanan online pemerintah DKI yang memberikan akses kepada pengguna untuk menyampaikan saran, kritik, atau komentar.
3. Kebijakan dan regulasi yang mendukung penggunaan teknologi ini untuk meningkatkan keamanan digital.
4. Pengembangan dan peluncuran layanan Public API yang memberikan informasi tentang potensi ujaran kebencian terhadap sebuah komentar. Implementasi Sentimen Analisis untuk meningkatkan keamanan digital dan menciptakan lingkungan yang lebih inklusif.
5. Topik ini penting dalam konteks yang lebih luas karena berhubungan dengan keamanan digital, regulasi media sosial, dan perlindungan terhadap ujaran kebencian.

SARAN

Bagi pemerintah DKI yang telah memiliki berbagai layanan Online dapat menambahkan modul Sentimen Analysis untuk mendeteksi Ujaran Kebencian terutama pada layanan-layanan yang memberikan akses kepada pengguna untuk menyampaikan saran, kritik, maupun komentar terhadap layanan. Lebih jauh lagi Pemda DKI dapat meluncurkan layanan *Public API* (*Application Programming Interface*) yang berfungsi memberikan informasi tentang potensi ujaran kebencian terhadap sebuah komentar. Serta diharapkan berbagai layanan Online yang telah dimiliki pemerintah DKI juga harus menerapkan prinsip *Confidential* (Kerahasiaan), *Integrity* (Integritas) dan *Availability* (Ketersediaan).

DAFTAR PUSTAKA

- Alzami, F., Paundrianagari, N. P., Pramunendar, R. A., Megantara, R. A., & Prabowo, D. P. (2020). Sentiment Analysis Untuk Deteksi Ujaran Kebencian Pada Domain Politik. *Science and Engineering National Seminar*, 5(Sens 5), 213–218. <http://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/view/1606%0Ahttp://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/download/1606/711>
- Dwitama, A. P. J., & Hidayat, S. (2021). Identifikasi Ujaran Kebencian Multilabel Pada Teks Twitter Berbahasa Indonesia Menggunakan Convolution Neural Network. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (JSON)*, 3(2), 117. <https://doi.org/10.30865/json.v3i2.3610>
- Jenny Iffanny Harahap, H. Nurianto Rahmand Soepadmo, & Ida Bagus Anggapurana Pidada. (2022). Upaya Polda Bali Dalam Meminimalisir Tindak Pidana Ujaran Kebencian Melalui Sosial Media. *Formosa Journal of Sustainable Research*, 1(1), 21–34. <https://doi.org/10.55927/fjsr.v1i1.612>
- Nugroho, K., Tjahjaningsih, E., Liana, L., & Mohamad Herdian Bhakti, R. (2023). Prediksi Ujaran Kebencian Berbasis Text Pada Sosial Media Menggunakan Metode Neural Network. *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, 5(1), 60–68. <https://doi.org/10.46772/intech.v5i1.1063>
- Septiawan, Y., & Chairani, C. (2023). Perbandingan Akurasi Metode Deteksi Ujaran Kebencian dalam Postingan Twitter Menggunakan Metode SVM dan Decision Trees yang Dioptimalkan dengan Adaboost. *Teknika*, 17(2), 287 – 299–287 – 299. <https://doi.org/10.30871/jaic.v5i2.3473>
- Willianto, Musdar, I. A., Junaedy, & Angriani, H. (2021). Implementasi Teori Naive Bayes Dalam Klasifikasi Ujaran Kebencian. *Jurnal Informatika Universitas Pamulan g*, 6(4), 666–671.

***DECISION INTELLIGENCE: KLASIFIKASI
PENGADUAN BERBASIS MACHINE
LEARNING UNTUK MENINGKATKAN
LAYANAN MASYARAKAT SECARA
BERKELANJUTAN***

**Evaristus Didik Madyatmadja^{1*}, Hendro
Nindito², Debri Pristinella³**

^{1,2} Universitas Bina Nusantara Jakarta

³ Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta

e-mail: emadyatmadja@binus.edu

PENDAHULUAN

Big Data dan *Artificial Intelligence (AI)* merupakan salah satu harapan yang bisa diunggulkan di era dinamis saat ini. Hal tersebut membuat penerapan *Big Data* dan *AI* sebagai komponen menjadikan proses pengambilan keputusan yang pintar (*Decision intelligence*).

Saat ini pemerintah kota mulai menciptakan layanan pengaduan yang diharapkan meningkatkan kualitas layanan *e-government*. Melalui aplikasi ini, masyarakat bisa menyalurkan aduan tentang berbagai layanan publik secara langsung yang memungkinkan tindak lanjut yang cepat dari instansi terkait. Pemerintah dan masyarakat diharapkan dapat saling melayani melalui penggunaan aplikasi media sosial tersebut. Selain pengaduan, aplikasi ini digunakan untuk berinteraksi antar masyarakat menggunakan fitur *chatting*, sosialisasi kebijakan pemerintah maupun pemberitahuan penting yang harus segera diketahui oleh masyarakat. Aduan yang diterima oleh pemerintah kota sangat banyak sehingga sulit mengklasifikasikan jenis aduan yang harus diselesaikan. *Text Mining* dapat dijadikan alternatif cara untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan melakukan klasifikasi data aduan. Pemahaman yang lebih lanjut terhadap jenis masalah yang sudah diklasifikasikan dapat membantu Pemerintah Kota dalam menanggapi aduan, sehingga hal tersebut membantu pemerintah dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi masyarakat. Permasalahan diatas dapat diatasi dengan penerapan *Decision Intelligence*.

Proses *Text Mining* pada kata aduan yang ada dapat membantu pemerintah dalam menganalisis klasifikasi data aduan yang masuk melalui aplikasi *Smart City*. Penelitian ini membantu pemerintah Kota menyelesaikan permasalahan yang sering terjadi sehingga Pemerintah kota dapat mengetahui permasalahan yang ada dengan mudah serta penanganan untuk mengambil keputusan dapat lebih cepat. Selain itu hasil yang didapatkan dapat mengetahui kebutuhan masyarakat di daerah tertentu, sehingga kehidupan masyarakat lebih Sejahtera. *Decision Intelligence* dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan diatas. *Decision Intelligence* memberikan dampak yang luar biasa dalam pengambilan keputusan yang kompleks dan dinamis.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah *Decision Intelligence* merupakan metodologi dan serangkaian proses dan teknologi untuk membuat keputusan yang lebih baik dan berbasis bukti dengan membantu pengambil keputusan memahami bagaimana tindakan yang mereka ambil saat ini dapat memengaruhi hasil yang diinginkan di masa depan. Konsep utama *Decision Intelligence* adalah gagasan bahwa kita dapat merancang Keputusan yang merupakan proses pemikiran tentang suatu tindakan yang menghasilkan hasil tertentu tanpa intervensi lebih lanjut (L. Y. Pratt & N. E. Malcolm. 2023).

Big Data dan *Artificial Intelligence* adalah dua komponen yang menjadikan proses pengambilan keputusan yang pintar (*Decision Intelligence*) layak nya manusia (*human*). *Human* sebagai *talent* yang akan membuat kecerdasan itu sendiri. Selanjutnya *Artificial Intelligence* yang akan mengelola secara otomatis tentang data-data yang besar dalam waktu singkat (Firli A.Nursaid., 2022).

Pemerintah diberi mandat untuk memberikan layanan kepada masyarakat melalui berbagai tanggung jawab di berbagai sektor, antara lain layanan kesehatan (Blumenthal, D, et.al , 2020), pengelolaan limbah (Mian, M.M.,et. Al, 2017), perbaikan jalan (Sianipar, C.P.M., Dowaki, K., 2014), pertanian (Hidayat, A.R.T., et. al., 2023), layanan darurat (Jung, K.,

Song, M. 2015), dan energi (Pin, L.A., et. al, 2021). Layanan ini dibuat untuk meningkatkan kesejahteraan dan keamanan berbagai lapisan masyarakat. Namun demikian, terkadang kualitas layanan tersebut masih jauh dari harapan masyarakat sehingga menimbulkan banyak keluhan dari masyarakat. Dalam pemerintahan tradisional, masyarakat umum menyampaikan keluhan mereka melalui jalur fisik, misalnya mengunjungi secara langsung kantor pemerintah atau dengan mengirimkan surat resmi ke lembaga pemerintah (Dimitrov, M.K., 2014). Cara-cara konvensional ini sangat tidak efisien terutama disebabkan oleh banyaknya proses administratif. Hal ini seringkali menyebabkan sejumlah besar pengaduan hilang pada rantai panjang prosedur sampai ke pembuat keputusan (Epp, D.A., Thomas, H.F., 2023). Permasalahan lainnya adalah kurangnya tenaga kerja untuk menangani pengaduan tersebut. Walaupun pengaduan diterima, tetapi pengaduan tersebut dikesampingkan karena kurangnya sumber daya untuk memproses lebih lanjut. Permasalahan-permasalahan ini pasti membuat pemerintah gagal menerima masukan masyarakat menjadi perbaikan nyata dalam melakukan layanan publik.

Revolusi menuju digitalisasi layanan pemerintah pada kenyataannya merupakan suatu kebutuhan untuk menyederhanakan proses administrasi (Ma, L., et. al, 2005), sehingga mengurangi kebutuhan akan dokumen (Klamo, L., et. al, 2006) dan mengakibatkan inefisiensi biaya dan waktu (Wibowo, M.I., et. al, 2018). Masyarakat diberikan akses terhadap informasi tentang kegiatan pemerintahan yang sedang berlangsung, pembuatan kebijakan, dan implementasi kebijakan (Relly, J.E., Sabharwal, M., 2009). Layanan digital ini dapat diakses dari mana saja dan kapan saja sepanjang hari, sehingga menambah pengalaman masyarakat secara keseluruhan. Oleh karena itu, layanan yang terhubung aplikasi Smart City menjanjikan cara yang lebih cepat, hemat biaya, dan efisien untuk menerima keluhan masyarakat terhadap layanan publik. Aksesibilitas dan efisiensi yang lebih baik yang ditawarkan oleh aplikasi *Smart City* dapat dipergunakan oleh masyarakat untuk menyampaikan keluhan mereka melalui saluran yang lebih luas dan dapat diakses serta memperpendek rantai prosedur secara signifikan (Tejedo-Romero, F., et. al, 2022). Peningkatan aksesibilitas dan efisiensi, dikombinasikan dengan peningkatan transparansi, menumbuhkan rasa akuntabilitas dalam lembaga-lembaga pemerintah (Halachmi, A., Greiling, D., 2013) dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap kemampuan pemerintah untuk memenuhi kebutuhan mereka secara efektif dan efisien.

Layanan yang ada di aplikasi *Smart City* memungkinkan adanya proses pengaduan masyarakat yang difasilitasi oleh berbagai saluran untuk penyampaian pengaduan. Hal ini meningkatkan keterlibatan publik (Freeman, J. 2013), namun dilain pihak membuat pemerintah tidak mampu memproses masuknya pengaduan secara efisien (Sala, E.E., Subriadi, A.P. 2023). Kebutuhan akan mekanisme yang lebih baik, dibutuhkan untuk mengklasifikasikan pengaduan-pengaduan tersebut, sehingga mempercepat pengaduan ke OPD-OPD terkait.

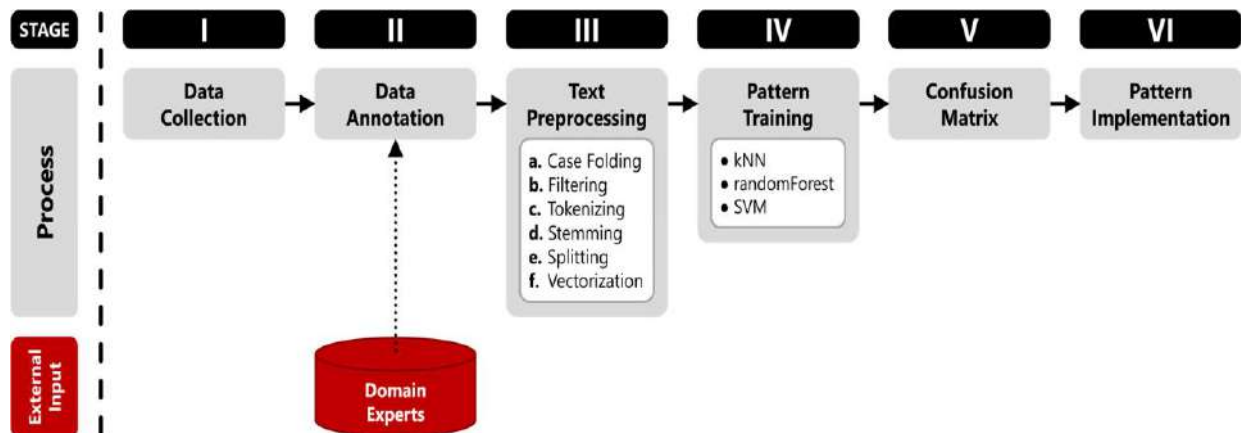
Saat ini *Large Language Model (LLM)* telah memicu munculnya *Generative Artificial Intelligence (GenAI)* (Oxford Analytica. 2023), termasuk *GPT-4 (OpenAI)*, *Bard (Google)*, dan *Claude 2 (Anthropic)*. LLM dan GenAI yang menjanjikan potensi besar untuk melakukan klasifikasi secara otomatis. Namun, hal ini bisa hanya sebagai angan-angan belaka (Pan, Y et. al, 2023), yang memberikan solusi masuk akal namun tidak tepat terhadap keluhan masyarakat. Hal ini juga memerlukan data yang relatif luas dan energi yang sangat besar untuk melatih dan menjalankan model (Gong, Y., 2023), sehingga tidak praktis untuk

mengklasifikasikan pengaduan masyarakat yang dilakukan pada berbagai skala aplikasi dengan jumlah pengaduan yang masuk. Solusi lain yang menjanjikan adalah *Transfer Learning*, yang menerapkan model terlatih pada masalah baru (Karimpanal, T.G., Bouffanais, R. 2019). Namun, hal ini tetap tidak praktis jika tidak ada model terlatih yang tersedia secara lokal. Penggunaan model terlatih dari daerah lain sangat beresiko karena karakteristik warga dan keluhannya sangat erat kaitannya dengan kondisi sosial budaya dan fisik suatu daerah. Pengumpulan data tetap lebih praktis untuk memfasilitasi klasifikasi keluhan masyarakat yang dilakukan berbiaya rendah dengan energi yang lebih sedikit yang dibutuhkan pada berbagai skala aplikasi (Madyatmadja, E.D., et. al, 2020). Algoritma data mining yang umum digunakan untuk tujuan klasifikasi meliputi *k-Nearest Neighbors (kNN)* (Kramer, O. 2013), *Random Forest (RF)* (Breiman, L. 2001), *Support Vector Machine (SVM)* * Suthaharan, S. 2016), dan *AdaBoost* (Schapire, R.E. 2013).

Setiap algoritma mempunyai karakteristik yang berbeda dan memengaruhi perilaku proses klasifikasi, sehingga berpotensi menghasilkan hasil yang kurang optimal (Noi, P.T., Kappas, M. 2017). Penerapannya memerlukan pemahaman yang hati-hati terhadap perilaku-perilaku ini, memanfaatkan kemampuan algoritma secara efektif sambil tetap menyadari kendala-kendala yang ada. Pekerjaan ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan berbagai algoritma dalam mengklasifikasikan pengaduan masyarakat. Secara praktis, pekerjaan ini mencoba menjalankan algoritma secara bergantian pada kumpulan data pengaduan warga yang sama, melakukan pengujian akurasi untuk setiap algoritma, dan melakukan pengujian komparatif untuk menemukan algoritma terbaik pada kumpulan data tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan *machine learning* untuk melakukannya. Kumpulan data tersebut berisi data pengaduan mentah yang dikumpulkan melalui layanan aplikasi Smart City.

Dari uraian diatas diperlukan *decision intelligence* yang memiliki keunggulan dimana pengambilan keputusan lebih transparan, lebih akurat dengan skalabilitas volume yang lebih besar dan terpercaya dalam konteks pengambilan keputusan,

Penelitian ini mengikuti 6 tahapan desain penelitian (Gambar 1). Tahap pertama, pengumpulan data, berfokus pada pengumpulan kumpulan data pengaduan masyarakat yang dikumpulkan dari berbagai saluran penyampaian. Pada tahap kedua, *Data Annotation*, kumpulan data mentah hasil *training* diproses dengan bantuan pakar domain untuk membangun garis dasar terstruktur pola klasifikasi. Selanjutnya tahap ketiga dan keempat dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python - Jupyter Notebook* yang diinstal pada *Anaconda Navigator*. Tahap ketiga, *text preprocessing*, merupakan awal dari text mining, memproses dataset melalui 6 langkah untuk menyiapkan dataset yang dapat dianalisis untuk pelatihan dan implementasi pola (Madyatmadja, et. al, 2023). Pada tahap *pattern training* dataset dibagi menjadi dataset *training* dan *testing*. Algoritma dilatih pertama kali menggunakan dataset *training* dengan parameter yang bervariasi. Setelah mempelajari pola klasifikasi, data diuji menggunakan dataset *testing*. Tahap kelima menggunakan *Confusion Matrix* untuk menampilkan data. Tahap terakhir adalah *pattern implementation* sebagai tahapan menguji kembali dengan berbagai parameter untuk meningkatkan keakuratan.



Gambar 1. Desain Penelitian

PEMBAHASAN

Desain Penyelesaian Masalah

Tahapan ini menyajikan konsep dan teori dasar yang berkaitan dengan topik bab. Mendefinisikan istilah-istilah kunci dan memberikan informasi latar belakang yang diperlukan.

Tahapan Penyelesaian Masalah

Data Collection and Annotation

Layanan aplikasi *Smart City* menerima data pengaduan yang disampaikan melalui berbagai saluran. Komentar publik di media sosial dan situs berita online ke aplikasi *Smart City* memerlukan pengumpulan manual. Hal ini menghabiskan banyak sumberdaya yang ada, sehingga diperlukan penggunaan algoritma klasifikasi untuk proses otomatis. Pemerintah memerlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan pemantauan secara manual, pengumpulan data, dan mencatat metadata. Penelitian ini menggunakan kumpulan data yang berisi kumpulan pengaduan yang dikumpulkan melalui berbagai sumber data. Data pengaduan diklasifikasi (diberi anotasi) oleh pakar domain, yakni pejabat Pemerintah Kota. Pengaduan tersebut telah diserahkan kepada badan pemerintah terkait, dan sebagian besar telah ditindaklanjuti, yang membuktikan bahwa klasifikasi manual telah divalidasi. Oleh karena itu, data tersebut dapat digunakan sebagai kumpulan data pelatihan dan pengujian untuk pekerjaan ini.

Text Preprocessing

Langkah pertama adalah *Case Folding*. *Case folding* menghilangkan variasi huruf asli, yang dalam penelitian ini diubah semuanya menjadi huruf kecil. Langkah kedua filtering, menghapus karakter non-abjad, termasuk titik, koma, titik dua, dan tanda baca lainnya, untuk memastikan teks hanya berupa huruf yang bersih. Penelitian ini melakukan tokenisasi pada teks yang telah dibersihkan dengan membagi kalimat menjadi unit-unit mirip kata (token) (Madyatmadja, et. al, 2022).. Pada langkah stemming, kumpulan data yang diberi token dibersihkan lebih lanjut dengan menghilangkan bagian token yang tidak diperlukan. Data aduan yang digunakan menggunakan bahasa Indonesia yang banyak imbuhanannya, maka penelitian ini menguraikan setiap kata ke dalam bentuk akarnya dengan menghilangkan prefiks, sufiks, infiks, dan konfiks. Langkah ini juga menghilangkan stopwords, menggunakan

perpustakaan Sastrawi (Yusliani, N., 2019), agar algoritma memahami struktur dan makna kalimat. Langkah kelima, *splitting*. pekerjaan ini menggunakan *simple random sampling* (Lohr, S.L. 2022), karena menawarkan bias yang rendah dalam kinerja model. Pemisahannya menerapkan rasio *split* 80:20 (Lee, G., Kwak, Y.H. 2012), dimana 80% data pengaduan diambil sebagai data training, dan sisanya sebagai data testing. Langkah keenam, vektorisasi, mengubah dataset pelatihan dan pengujian ke dalam format yang dapat dipahami oleh algoritma klasifikasi menggunakan metode TF-IDF (Term Frekuensi-Invers Document Frekuensi). Secara teknis hal ini merupakan metode statistik numerik yang menentukan bobot setiap istilah dalam sebuah teks (Trstenjak, B., et. al, 2014).

Pattern Training

Algoritma yang diamati menjalani training dengan kumpulan data yang ditentukan. *Pattern training* menghasilkan kategori data pengaduan yang diprediksi, yang kredibilitasnya kemudian diverifikasi silang dengan membandingkannya dengan kategori sebenarnya yang disajikan dalam data pengujian (Zhang, J., 2019). Verifikasi silang bertindak sebagai bukti empiris untuk menilai keakuratan prediksi algoritma dan kemampuannya untuk mengkategorikan data yang sebelumnya tidak diketahui dengan benar. Selain itu, untuk memastikan kinerja optimal dari algoritma klasifikasi ini, algoritma klasifikasi tersebut juga dilakukan pengujian berulang dengan berbagai parameter. Tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk menyempurnakan algoritma dan memanfaatkan potensinya dalam menemukan dan mengklasifikasikan pola secara akurat. Algoritma yang berbeda mungkin menghasilkan kinerja optimal dengan pengaturan parameter yang berbeda-beda, yang mencerminkan karakteristik komputasi yang mendasarinya.

Confusion Matrix

Tahap ini menilai kinerja algoritma dengan menggunakan *confusion matrix* (Santra, A.K., Christy, C.J. 2012), membentuk data tabulasi yang menunjukkan jumlah klasifikasi benar atau salah sesuai dengan keputusan algoritma. Secara teknis, *confusion matrix* menangkap informasi penting tentang perbandingan biner antara kategorisasi aktual dan yang diprediksi oleh algoritma klasifikasi (Nurhasanah, N., et. al, 2022). Hal ini dapat terjadi ketika data yang termasuk dalam kategori “a” diprediksikan sebagai kategori “b”. *Confusion matrix* memungkinkan identifikasi dan kuantifikasi kesalahan klasifikasi dengan menentukan jumlah titik data kategori “a” yang diklasifikasikan sebagai “b”, atau sebaliknya. Dalam penelitian ini, parameter utama algoritma klasifikasi kontras adalah akurasi. Akurasi ditentukan dengan membandingkan kuantitas data yang diprediksi secara benar dengan jumlah agregat data pengujian.

Pattern Implementation

Pattern implementation dilakukan dengan memvariasikan parameter atau menggabungkan algoritma dengan *potential kernel* atau *base learner*. Alasannya adalah bahwa melakukan variasi parameter campuran akan menghasilkan hasil yang lebih beragam, sehingga menawarkan penilaian pengujian akurasi yang lebih komprehensif. Secara teknis, tahap ini memperkuat kekuatan penelitian secara keseluruhan, karena temuan tidak hanya bergantung pada algoritma tunggal atau parameter kritis yang tetap. Agregasi ini juga memitigasi bias yang melekat dan potensi kelemahan masing-masing algoritma sehingga memungkinkan analisis yang lebih andal dan komprehensif (Cheng, M.Y., et. al, 2020). Pada akhirnya, hasil *pattern implementation* memperkuat tingkat keyakinan terhadap validitas dan reliabilitas hasil dengan meniru kemungkinan dalam penerapan di dunia nyata.

KESIMPULAN

Dalam menanggapi aduan masyarakat melalui aplikasi Smart City pemerintah harus menentukan prioritas keluhan mana yang harus ditindaklanjuti terlebih dahulu. Data aduan yang diterima oleh Pemerintah, harus klasifikasikan berdasarkan prioritas keluhan dan aduan agar permasalahan yang paling banyak dikeluhkan mendapat prioritas untuk ditindaklanjuti. Pengaduan yang dikumpulkan membentuk kumpulan data yang sangat besar, sehingga menuntut pejabat pemerintah untuk dapat menganalisis data besar tersebut secara efektif. Tulisan ini hendak menjelaskan proses pengujian penggunaan dan uji akurasi algoritma pada kumpulan data pengaduan masyarakat, serta melakukan pengujian komparatif untuk menemukan algoritma terbaik pada kumpulan data tersebut. Kumpulan data yang dimaksud adalah data pengaduan mentah yang dikumpulkan melalui aplikasi Smart City. Pengujian dilakukan dengan pengamatan perilaku masing-masing algoritma terhadap data permasalahan yang dikeluhkan masyarakat. Berdasarkan hal tersebut, penggunaan algoritma pengumpulan data sangat penting dilakukan untuk mengklasifikasikan data pengaduan masyarakat agar dapat ditindaklanjuti secara efisien dan efektif. Algoritma klasifikasi yang berbeda menghasilkan akurasi klasifikasi yang bervariasi. Oleh karena itu, pengujian yang dilakukan ini bertujuan untuk membandingkan keakuratan beberapa algoritma klasifikasi pada data pengaduan warga. Tulisan ini berkontribusi pada wacana e-Government, data mining, dan big data. Selanjutnya dapat merekomendasikan agar pemerintah terus melakukan pelatihan algoritma klasifikasi untuk mendapatkan akurasi setinggi mungkin, sehingga membuka jalan bagi tata kelola yang cerdas dan berkelanjutan. Manfaat yang didapat dari pengelompokan aduan dapat membantu pemerintah untuk mengklasifikasi data aduan masyarakat sebagai referensi pengambilan keputusan. Manfaat lain yang didapatkan dapat membantu masyarakat untuk mendapatkan pelayanan yang lebih efisien melalui hasil klasifikasi data aduan

Sistem *e-government* bertujuan untuk menyederhanakan dan meningkatkan interaksi pemerintah dengan masyarakat. Sistem *e-government* ini menghadapi tantangan, khususnya dalam pengelolaan data pengaduan dalam jumlah besar yang bersumber dari platform yang kurang dimoderasi, seperti media sosial dan situs berita online. Data ini sering kali tampak tidak terstruktur, tidak memiliki kategori atau kelas yang dapat memfasilitasi penyaluran yang efisien ke lembaga pemerintah terkait. Pekerjaan ini dilakukan untuk mengatasi kendala tersebut, mengusulkan penerapan teknik data mining, khususnya algoritma klasifikasi, sebagai solusi praktis untuk mengkategorikan dan mengatur sejumlah besar data pengaduan yang tidak terstruktur. Ada beberapa algoritma klasifikasi yang bisa dipergunakan, yaitu kNN, RF, SVM, Decision Tree, AdaBoost dan lain-lain. Pemerintah dapat mengelola dengan lebih baik tantangan yang ditimbulkan oleh data pengaduan yang tidak terstruktur dan memastikan penanganan pengaduan masyarakat tepat waktu dan tepat. Pendekatan proaktif ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi sistem *e-Government* secara keseluruhan namun juga memperkuat hubungan antara pemerintah dan konstituennya di dunia yang semakin digital. Hal ini memungkinkan pemerintah untuk memproses dan memprediksi menggunakan data untuk membuat keputusan yang lebih tepat di setiap tingkatan dan mendapatkan visibilitas yang lebih baik.

Decision Intelligence memberdayakan pemerintah menggunakan *Artificial Intelligence* dan data untuk membuat keputusan yang cepat, akurat, konsisten dan mengatasi kebutuhan dan masalah tertentu. Hal ini memungkinkan data dikumpulkan dan dimodelkan dengan

pembelajaran mesin untuk memprediksi hasil yang akurat dalam pengambilan keputusan secara optimal.

Decision Intelligence akan menjadi cara sebagian besar pemerintahan mengadopsi Artificial Intelligence. Setiap bisnis memerlukan kecerdasan yang memanfaatkan setiap bagian data dan menggunakannya untuk membantu orang mengambil keputusan dengan cara yang sebelumnya tidak dapat mereka lakukan.

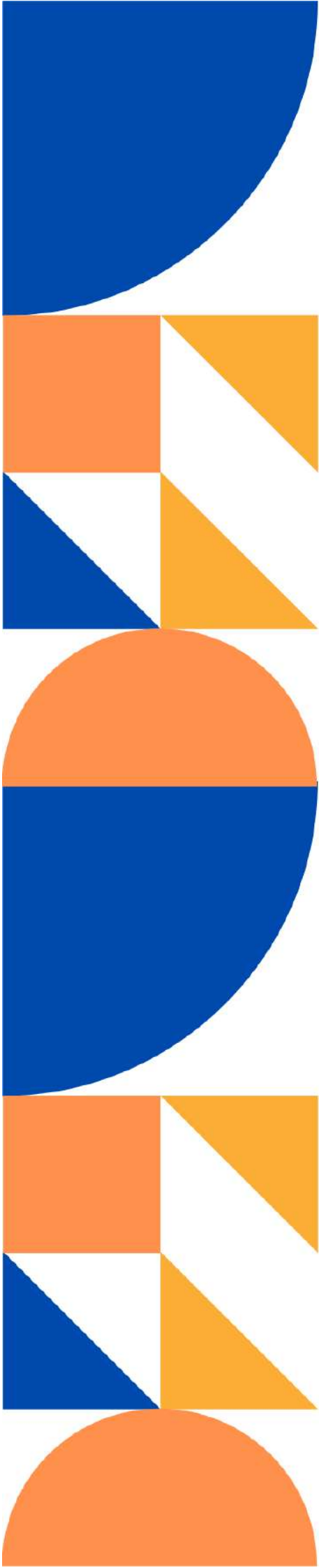
SARAN

Decision Intelligence sangat perlu diterapkan pada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta karena DI merupakan proses pemikiran mengenai suatu tindakan untuk menghasilkan hasil tertentu tanpa intervensi lebih lanjut. *Decision Intelligence* membantu pengambil keputusan memahami bagaimana tindakan yang mereka ambil saat ini dapat memengaruhi hasil yang diinginkan di masa depan. DI membantu pemerintah dalam menganalisis klasifikasi data aduan. Pemahaman berkelanjutan terhadap jenis masalah yang sudah diklasifikasikan dapat membantu Pemerintah Provinsi dalam menanggapi aduan, sehingga hal tersebut membantu pemerintah dalam menyelesaikan masalah dengan mengalokasikan dana pemerintah sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Rencana Anggaran Belanja tahun berikutnya dapat direncanakan secara optimal. Selain itu Pemerintah mengetahui jenis aduan yang paling banyak diadukan dan pengaduan yang harus menjadi prioritas diselesaikan lebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- L. Y. Pratt & N. E. Malcolm. 2023. *The Decision Intelligence Handbook*. O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.
- Firli A.Nursaid. 2022. Telkom Group Terapkan Implementasi Decision Intelligence. Komite.id.
- Blumenthal, D., Fowler, E.J., Abrams, M., Collins, S.R. (2020). Covid-19—Implications for the Health Care System. *N. Engl. J. Med.*, 383, 1483–1488.
- Mian, M.M., Zeng, X., Nasry, A.a.N.B., Al-Hamadani, S.M.Z.F. 2017. Municipal solid waste management in China: A comparative analysis. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 19, 1127–1135.
- Sianipar, C.P.M., Dowaki, K. 2014. Eco-burden in pavement maintenance: Effects from excess traffic growth and overload. *Sustain. Cities Soc.* 12, 31–45.
- Hidayat, A.R.T., Sianipar, C.P.M., Hashimoto, S., Hoshino, S., Dimiyati, M., Yustika, A.E. 2023. Personal cognition and implicit constructs affecting preferential decisions on farmland ownership: Multiple case studies in Kediri, East Java, Indonesia. *Land.* 12, 1847.
- Jung, K., Song, M. 2015. Linking emergency management networks to disaster resilience: Bonding and bridging strategy in hierarchical or horizontal collaboration networks. *Qual. Quant.* 49, 1465–1483.
- Pin, L.A., Pennink, B.J.W., Balsters, H., Sianipar, C.P.M. 2021. Technological appropriateness of biomass production in rural settings: Addressing water hyacinths (*E. crassipes*) problem in Lake Tondano, Indonesia. *Technol. Soc.* 66, 101658.
- Dimitrov, M.K., 2014. What the Party Wanted to Know. *East Eur. Politics Soc. Cult.* 28, 271–295
- Epp, D.A., Thomas, H.F. 2023. When Bad News Becomes Routine: Slowly-Developing Problems Moderate Government Responsiveness. *Political Res. Q.* 76, 3–13
- Ma, L., Chung, J., Thorson, S., 2005. E-government in China: Bringing economic development through administrative reform. *Gov. Inf. Q.* 22, 20–37.
- Klamo, L., Huang, W.W., Wang, K.L., Le, T., 2006. Successfully implementing e-government: Fundamental issues and a case study in the USA. *Electron. Gov. Int. J.* 3, 158.
- Wibowo, M.I., Santoso, A.J., Setyohadi, D.B., 2018. Factors Affecting the Successful Implementation of E-Government on Network Documentation and Legal Information Website in Riau. *CommIT Commun. Inf. Technol. J.* 12, 51–57.
- Relly, J.E., Sabharwal, M., 2009. Perceptions of transparency of government policymaking: A cross-national study. *Gov. Inf. Q.* 26, 148–157.
- Tejedo-Romero, F., Araujo, J.F.F.E., Tejada, Á., Ramírez, Y., 2022. E-government mechanisms to enhance the participation of citizens and society: Exploratory analysis through the dimension of municipalities. *Technol. Soc.* 70, 101978.
- Halachmi, A., Greiling, D., 2013. Transparency, E-Government, and Accountability. *Public Perform. Manag. Rev.* 36, 562–584.
- Freeman, J. 2013. E-government in the context of monitory democracy: Public participation and democratic reform. *Media Asia.* 40, 354–362.
- Sala, E.E., Subriadi, A.P. 2023. Hot-Fit Model to Measure the Effectiveness and Efficiency of Information System in Public Sector. *Winners.* 23, 131–141.
- Oxford Analytica. 2023. *GenAI Will Transform Workplace Tasks across Industries*; Expert Briefings; Oxford Analytica: Oxford, UK.
- Pan, Y., Pan, L., Chen, W., Nakov, P., Kan, M.-Y., Wang, W.Y. 2023. On the Risk of Misinformation Pollution with Large Language Models. *arXiv*.
- Gong, Y. 2023. Multilevel Large Language Models for Everyone. *arXiv*.

- Karimpanal, T.G., Bouffanais, R. 2019. Self-organizing maps for storage and transfer of knowledge in reinforcement learning. *Adapt. Behav.*, 27, 111–126.
- Madyatmadja, E. D., Pristinella, D., Dewa, M.D.K., Nindito, H., Wijaya, C. 2020. Data Mining Techniques of Complaint Reports for E-government: A Systematic Literature Review. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, Bandung, Indonesia, 13–14 August 2020; pp. 841-846.
- Kramer, O. 2013. K-Nearest Neighbors. In *Dimensionality Reduction with Unsupervised Nearest Neighbors*; Kramer, O., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. Volume 51, pp. 13–23.
- Breiman, L. 2001. Random Forests. *Mach. Learn.* 45, 5–32.
- Suthaharan, S. 2016. Support Vector Machine. In *Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification, Thinking with Examples for Effective Learning*; Springer: Boston, MA, USA, Volume 36, pp. 207–235.
- Schapire, R.E. 2013. Empirical Inference, Festschrift in Honor of Vladimir N. Vapnik. In *Empirical Inference*; Schölkopf, B., Luo, Z., Vovk, V., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. pp. 37–52.
- Noi, P.T., Kappas, M. 2017. Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery. *Sensors*, 18, 18
- Madyatmadja, E. D, Yahya, B. N., Wijaya, C. 2022. Contextual Text Analytics Framework for Citizen Report Classification: A Case Study Using the Indonesian Language. IEEE Access. 10.1109/ACCESS.2022.3158940. Vol. 10; pp. 31432-31444.
- Madyatmadja, E. D, Sianipar, C. P. M, Wijaya, C, Sembiring, D. J. M. 2023. Classifying Crowdsourced Citizen Complaints through Data Mining: Accuracy Testing of k-Nearest Neighbors, Random Forest, Support Vector Machine, and AdaBoost. *Informatics*. <https://doi.org/10.3390/informatics10040084>. Vol 10, 84.
- Yusliani, N., Primartha, R., Marieska, M.D. 2019. Multiprocessing Stemming: A Case Study of Indonesian Stemmi. *Int. J. Comput. Appl.* 182, 15–19.
- Lohr, S.L. 2022. *Sampling: Design and Analysis*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Lee, G., Kwak, Y.H. 2012. An Open Government Maturity Model for social media-based public engagement. *Gov. Inf. Q.* 29, 492–503.
- Trstenjak, B., Mikac, S., Donko, D. 2014. KNN with TF-IDF based Framework for Text Categorization. *Procedia Eng.* 69, 1356–1364.
- Zhang, J., Otomo, T., Li, L., Nakajima, S. 2019. Cyberbullying Detection on Twitter using Multiple Textual Features. In *Proceedings of the 2019 IEEE 10th International Conference on Awareness Science and Technology*, Morioka, Japan, 23–25 October 2019; pp. 1–6.
- Santra, A.K., Christy, C.J. 2012. Genetic Algorithm and Confusion Matrix for Document Clustering. *Int. J. Comput. Sci. Issues* 2012, 9, 322–328.
- Nurhasanah, N., Sumarly, D.E., Pratama, J., Heng, I.T.K., Irwansyah, E. 2022. Comparing SVM and Naïve Bayes Classifier for Fake News Detection. *Eng. Math. Comput. Sci. EMACS J.* 4, 103–107.
- Cheng, M.Y., Kusoemo, D., Gosno, R.A. 2020. Text mining-based construction site accident classification using hybrid supervised machine learning. *Autom. Constr.* 118, 103265



ANALISIS DAMPAK PENERAPAN TEKNOLOGI KECERDASAN BUATAN PADA MANAJEMEN LAYANAN PUBLIK DI JAKARTA

**Franky¹, Budiharjo², T. Herry Rachmatsyah³,
Watriningsih⁴**

^{1,2,3,4} Universitas Prof. Dr. Moestopo (Beragama)
Jakarta

e-mail: franky@dsn.moestopo.ac.id

PENDAHULUAN

Di tengah pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, penerapan Teknologi Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi salah satu solusi utama dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan publik di berbagai negara (Afrita, 2023; Essa Ahmed Almutawa & Tasfoura Dilawer, 2023; Hamada et al., 2021), termasuk DKI Jakarta sebagai salah satu pusat ekonomi dan pemerintahan di Indonesia. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan kompleksitas tantangan perkotaan, pemerintah daerah semakin tertantang untuk menemukan cara yang inovatif dan efektif dalam memberikan layanan yang berkualitas bagi masyarakat. DKI Jakarta, sebagai salah satu kota metropolitan terpadat di Asia Tenggara, menghadapi berbagai masalah kompleks seperti kemacetan lalu lintas, tingginya tingkat polusi udara, dan ketimpangan akses terhadap layanan publik. Dalam menghadapi tantangan tersebut, penerapan teknologi AI telah menjadi fokus utama bagi pemerintah dan organisasi terkait untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan publik (Chen et al., 2023; Weerasinghe et al., 2022).

Meskipun demikian, penerapan teknologi AI dalam konteks layanan publik di DKI Jakarta masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk ketersediaan infrastruktur teknologi yang memadai, keterbatasan sumber daya manusia yang terampil, serta isu-isu regulasi dan privasi data. Oleh karena itu, penelitian yang mengkaji dampak penerapan teknologi AI dalam layanan publik di DKI Jakarta menjadi penting untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitas, keberlanjutan, serta dampak sosial dan ekonomi dari implementasi teknologi ini.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah mengevaluasi dampak dari penerapan teknologi AI dalam layanan publik di DKI Jakarta, serta menganalisis bagaimana teknologi ini memengaruhi masyarakat secara keseluruhan. Melalui pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika ini, diharapkan dapat dirumuskan strategi yang lebih efektif dalam memanfaatkan potensi teknologi AI untuk meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat DKI Jakarta.

PEMBAHASAN

Persepsi Masyarakat terhadap Penerapan Teknologi AI dalam Layanan Publik

Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas responden menyambut baik penerapan teknologi AI dalam layanan publik DKI Jakarta. Sebanyak 85% responden menyatakan bahwa mereka merasa teknologi AI telah meningkatkan aksesibilitas layanan publik, sementara 78% responden menganggap bahwa teknologi AI telah meningkatkan efisiensi pelayanan.

Tingginya tingkat penerimaan masyarakat terhadap teknologi AI menunjukkan bahwa ada kesadaran yang baik tentang manfaat potensial yang dapat ditawarkan oleh teknologi ini dalam meningkatkan kualitas layanan publik (Julaytenth et al., 2023; Supriyadi & Asih, 2021). Namun demikian, penting untuk memastikan bahwa kekhawatiran terkait dengan privasi data dan keamanan informasi juga diperhatikan dalam proses implementasi teknologi AI.

Efisiensi Layanan Publik setelah Penerapan Teknologi AI

Data menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam efisiensi layanan publik setelah penerapan teknologi AI. Misalnya, waktu rata-rata penyelesaian permohonan administratif

mengalami penurunan sebesar 30% setelah adopsi teknologi AI dalam proses pengolahan data. Selain itu, tingkat kepuasan pengguna layanan publik juga mengalami peningkatan yang signifikan, dengan 75% responden melaporkan bahwa mereka merasa lebih puas dengan kualitas layanan setelah implementasi teknologi AI.

Temuan ini menggarisbawahi potensi besar dari teknologi AI dalam meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas layanan publik. Dengan otomatisasi proses dan pengambilan keputusan yang lebih cepat (Balbaa & Abdurashidova, 2024; Franke et al., 2022; Pratama et al., 2023) pemerintah DKI Jakarta dapat memberikan layanan yang lebih responsif dan efektif bagi masyarakat.

Tantangan dan Hambatan dalam Implementasi Teknologi AI

Meskipun manfaat yang signifikan, penelitian juga mengidentifikasi beberapa tantangan dalam implementasi teknologi AI dalam layanan publik DKI Jakarta. Tantangan utama termasuk kekurangan sumber daya manusia yang terampil dalam pengelolaan teknologi AI (Ajami & Karimi, 2023; Shofiah et al., 2023; van Noordt et al., 2023), serta masalah keamanan data dan privasi yang menjadi perhatian utama.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan investasi yang lebih besar dalam pelatihan dan pengembangan keterampilan teknis dalam pengelolaan teknologi AI. Selain itu, perlu juga diperkuat kerangka kerja kebijakan yang mengatur penggunaan data dan privasi untuk memastikan bahwa implementasi teknologi AI dilakukan dengan memperhatikan keamanan dan kepercayaan masyarakat.

Implikasi Sosial dan Ekonomi dari Penerapan Teknologi AI

Penerapan teknologi AI dalam layanan publik juga memiliki dampak sosial dan ekonomi yang signifikan (Comunale, 2024; Simanjuntak et al., 2024). Di satu sisi, teknologi AI dapat membantu mengurangi disparitas akses terhadap layanan publik dengan meningkatkan aksesibilitas dan kualitas layanan. Namun, di sisi lain, ada risiko bahwa implementasi teknologi AI dapat memperkuat kesenjangan digital dan sosial jika tidak dikelola dengan hati-hati (Çakir & Temir, 2022; Wu, 2022).

Untuk memastikan bahwa manfaat teknologi AI dapat dirasakan secara merata oleh semua lapisan masyarakat, diperlukan pendekatan yang inklusif dan berbasis pada keadilan sosial. Langkah-langkah seperti pelatihan keterampilan digital dan pembangunan infrastruktur teknologi yang inklusif dapat membantu mengurangi disparitas akses dan memastikan bahwa tidak ada yang tertinggal dalam era transformasi digital.

Berdasarkan pembahasan tersebut dia menggarisbawahi pentingnya penerapan teknologi AI dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan publik DKI Jakarta, namun juga menyoroti tantangan dan risiko yang perlu diatasi dalam proses implementasi. Dengan memperhatikan temuan dan rekomendasi dari penelitian ini, diharapkan dapat dirumuskan strategi yang lebih efektif dalam memanfaatkan potensi teknologi AI untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan membangun kota yang lebih inklusif dan inovatif.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penerapan teknologi kecerdasan buatan pada manajemen layanan publik di DKI Jakarta. Penerapan teknologi kecerdasan buatan yang tentunya dapat memengaruhi masyarakat secara keseluruhan berkaitan dengan layanan publik. Khususnya masyarakat di wilayah DKI Jakarta. Implementasi teknologi kecerdasan buatan pada manajemen layanan publik telah menjadi sorotan utama dalam konteks perkembangan kota modern seperti DKI Jakarta. Daerah di mana sebagian besar kegiatan ekonomi, bisnis, budaya, dan pemerintahan berlangsung. Dengan kompleksitas bidang-bidang yang harus ditangani dalam konteks layanan publik, Pemerintah Daerah DKI secara mutlak membutuhkan bantuan teknologi dalam meningkatkan layanan publiknya. Namun, seberapa efektif penerapan teknologi kecerdasan buatan pada manajemen layanan publik di DKI Jakarta dalam memberikan pengaruh kepada masyarakat menjadi penting untuk diketahui. Metode penelitian yang digunakan penulisan Bunga Rampai ini adalah studi literatur dengan mengumpulkan data primer dan sekunder terkait persepsi masyarakat, efisiensi layanan, serta dampak sosial dari implementasi kecerdasan buatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi kecerdasan buatan telah memberikan dampak yang signifikan terhadap efisiensi layanan publik di DKI Jakarta. Melalui otomatisasi proses, pengambilan keputusan yang lebih cepat, dan personalisasi layanan, teknologi kecerdasan buatan telah meningkatkan aksesibilitas dan kualitas layanan publik bagi masyarakat. Namun demikian, penelitian juga menyoroti beberapa tantangan dan risiko yang terkait dengan penggunaan teknologi kecerdasan buatan, termasuk isu privasi, kesenjangan digital, dan keamanan data. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga bagi pemangku kepentingan Pemerintah Daerah, organisasi masyarakat, dan sektor swasta untuk memahami implikasi penerapan teknologi kecerdasan buatan dalam layanan publik. Dengan memperhatikan temuan dan rekomendasi dari penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan strategi yang lebih efektif dalam mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan yang dikembangkan secara berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menciptakan kota yang lebih inklusif dan inovatif di DKI Jakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam layanan publik DKI Jakarta. Metode penelitian yang digunakan melibatkan kombinasi survei, wawancara, dan analisis data sekunder untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang persepsi masyarakat, efisiensi layanan, dan dampak sosial dari implementasi AI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat menyambut baik penerapan teknologi AI dalam layanan publik, dengan adanya peningkatan signifikan dalam efisiensi layanan dan tingkat kepuasan pengguna. Namun, penelitian juga mengidentifikasi beberapa tantangan dalam implementasi teknologi AI, termasuk kekurangan sumber daya manusia terampil dan masalah keamanan data. Implikasi sosial dan ekonomi dari penerapan teknologi AI juga dibahas, dengan menekankan pentingnya pendekatan yang inklusif dan berbasis pada keadilan sosial.

SARAN

Untuk meningkatkan keterampilan tenaga kerja

Pemerintah DKI Jakarta perlu meningkatkan investasi dalam pelatihan dan pengembangan keterampilan tenaga kerja dalam pengelolaan teknologi AI. Ini termasuk program pelatihan untuk petugas layanan publik dan inisiatif kolaboratif dengan universitas dan lembaga

pelatihan untuk menghasilkan tenaga kerja yang terampil dalam bidang ini.

Untuk menguatkan keamanan data

Langkah-langkah harus diambil untuk memperkuat kerangka kerja kebijakan yang mengatur penggunaan data dan privasi dalam konteks teknologi AI. Ini termasuk audit keamanan data reguler, implementasi protokol keamanan yang ketat, dan edukasi publik tentang pentingnya melindungi informasi pribadi.

Dalam mengadopsi pendekatan inklusif

Dalam proses implementasi teknologi AI, penting untuk memastikan bahwa tidak ada yang tertinggal. Langkah-langkah seperti pembangunan infrastruktur teknologi yang inklusif dan program aksesibilitas digital dapat membantu mengurangi disparitas akses dan memastikan bahwa manfaat teknologi ini dapat dirasakan oleh semua lapisan masyarakat.

Mengembangkan Kolaborasi dengan Sektor Swasta dan Akademisi

Kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga akademis dapat mempercepat inovasi dalam penerapan teknologi AI dalam layanan publik. Program kemitraan dan proyek kolaboratif dapat membantu memperluas sumber daya dan pengetahuan yang tersedia untuk pemerintah DKI Jakarta dalam memanfaatkan potensi teknologi AI.

Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, diharapkan pemerintah DKI Jakarta dapat mengoptimalkan manfaat dari penerapan teknologi AI dalam layanan publik, sambil meminimalkan risiko dan memastikan bahwa transformasi digital berkontribusi pada pembangunan kota yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-kuantitatif yang komprehensif untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi AI dalam layanan publik DKI Jakarta. Kombinasi metode survei, wawancara, dan analisis data sekunder digunakan untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang persepsi masyarakat, efisiensi layanan, dan dampak sosial dari implementasi AI. Pemilihan sampel dilakukan secara representatif dari kelompok masyarakat yang mewakili diversitas sosial, ekonomi, dan demografis di DKI Jakarta, termasuk warga kota, pejabat pemerintah, pengelola layanan publik, dan pemangku kepentingan lainnya.

Data primer dikumpulkan melalui survei yang disebar kepada responden yang dipilih secara acak, serta melalui wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan kunci. Survei mencakup pertanyaan tentang persepsi, pengalaman, dan kebutuhan terkait penerapan teknologi AI dalam layanan publik. Data sekunder diperoleh dari sumber-sumber seperti laporan pemerintah, literatur akademis, dan data statistik terkait. Data survei dianalisis secara kuantitatif menggunakan teknik statistik deskriptif dan inferensial untuk mengidentifikasi pola-pola dan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti. Hasil wawancara dianalisis melalui pendekatan tematik untuk mengidentifikasi tema-tema utama dan memahami konteks secara lebih mendalam.

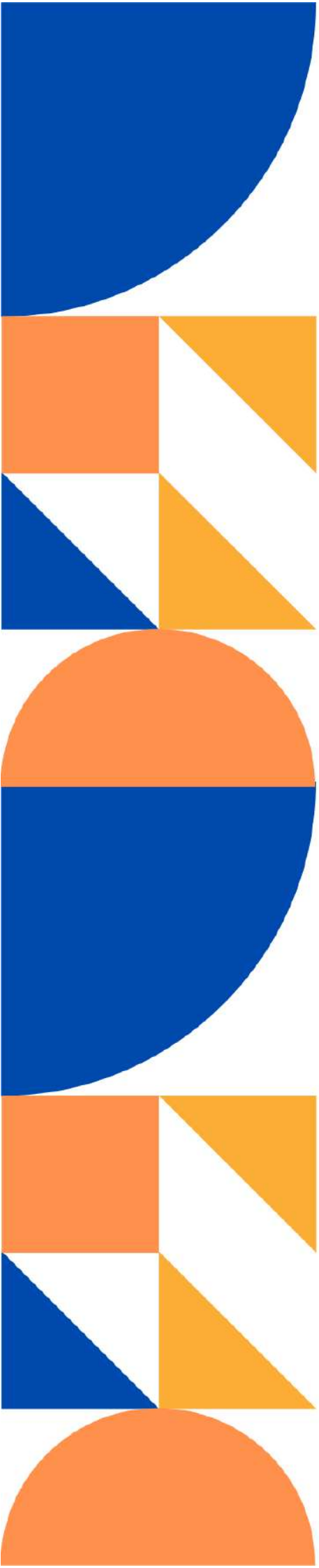
Hasil analisis diinterpretasikan secara holistik untuk memahami dampak penerapan teknologi AI dalam layanan publik DKI Jakarta. Temuan-temuan dikaitkan dengan landasan teori yang relevan dan konteks lokal untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang efektivitas, keberlanjutan, serta implikasi sosial dan ekonomi dari implementasi AI.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrita, J. (2023). Peran Artificial Intelligence dalam Meningkatkan Efisiensi dan Efektifitas Sistem Pendidikan. *COMSERVA : Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 2(12), 3181–3187. <https://doi.org/10.59141/comserva.v2i12.731>
- Ajami, R. A., & Karimi, H. A. (2023). Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges. *Journal of Asia-Pacific Business*, 24(2), 73–75. <https://doi.org/10.1080/10599231.2023.2210239>
- Balbua, M. E., & Abdurashidova, M. S. (2024). The Impact of Artificial Intelligence In Decision Making: A Comprehensive Review. *EPRA International Journal of Economics, Business and Management Studies*, 27–38. <https://doi.org/10.36713/epra15747>
- Çakir, P., & Temir, E. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Social Problems and Solutions: An Analysis on The Context of Digital Divide and Exploitation. *Yeni Medya Dergisi*. <https://doi.org/10.55609/yenimedya.1112207>
- Chen, Y.-C., Ahn, M. J., & Wang, Y.-F. (2023). Artificial Intelligence and Public Values: Value Impacts and Governance in the Public Sector. *Sustainability*, 15(6), 4796. <https://doi.org/10.3390/su15064796>
- Comunale, M. (2024). The Economic Impacts and the Regulation of AI: A Review of the Academic Literature and Policy Actions. *IMF Working Papers*, 2024(065), 1. <https://doi.org/10.5089/9798400268588.001>
- Essa Ahmed Almutawa, & Tasfoura Dilawer. (2023). The impact of AI technology on organisational efficiency: Analysing the pros and cons of digitalisation in the context of UAE. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(1), 911–920. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.1.2088>
- Franke, F., Franke, S., & Riedel, R. (2022). AI-based Improvement of Decision-makers' Knowledge in Production Planning and Control. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2240–2245. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.041>
- Hamada, M., Temirkhanova, D., Serikbay, D., Salybekov, S., & Omarbek, S. (2021). Artificial Intelligence to Improve the Business Efficiency and Effectiveness for Enterprises in Kazakhstan. *SAR Journal - Science and Research*, 34–41. <https://doi.org/10.18421/SAR41-06>
- Julaytenth, M. A. M., Nareswari, K. P., & Dewiyanti, S. (2023). Penerapan AI pada penyempurnaan sistem informasi pemerintah daerah di DPMPSTSP Kabupaten Nganjuk. *Proceeding Of National Conference On Accounting & Finance*, 5, 36–43. <https://doi.org/10.20885/ncaf.vol5.art4>
- Pratama, A. S., Satya Pratama, A., Sari, S. M., Hj, M. F., Badwi, M., & Anshori, I. (2023). Pengaruh Artificial Intelligence, Big Data Dan Otomatisasi Terhadap Kinerja SDM Di Era Digital. *Jurnal Publikasi Ilmu Manajemen (JUPIMAN)*, 2(4), 108–123. <https://doi.org/10.55606/jupiman.v2i4.2739>
- Shofiah, N., Putera, Z. F., & Solichah, N. (2023). *Challenges and opportunities in the use of artificial intelligence in education for academic writing: A scoping review* (Issue Pfh). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-188-3_20
- Simanjuntak, W., Subagyo, A., & Sufianto, D. (2024). Peran Pemerintah Dalam Implementasi Artificial Intelligence (Ai) Di Kementerian Komunikasi Dan Informatika Republik Indonesia (Kemenkominfo Ri). *Journal of Social and Economics Research*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.54783/jser.v6i1.332>
- Supriyadi, E. I., & Asih, D. B. (2021). Implementasi Artificial Intelligence (AI) Di Bidang Administrasi Publik Pada Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal RASI*, 2(2), 12–22.

<https://doi.org/10.52496/rasi.v2i2.62>

- van Noordt, C., Medaglia, R., & Tangi, L. (2023). Policy initiatives for Artificial Intelligence-enabled government: An analysis of national strategies in Europe. *Public Policy and Administration*. <https://doi.org/10.1177/09520767231198411>
- Weerasinghe, T., Johar, M. G. M., & Khatibi, A. (2022). Impact of AI Applications in Public Sector Services. *NeuroQuantology: An Interdisciplinary Journal of Neuroscience and Quantum Physics*, 20(14), 1251. <https://doi.org/10.4704/nq.2022.20.14>.
- Wu, Y. (2022). An Overview Analysis of AI Divide: Applications and Prospects of AI Divide in China's Society. *Proceedings of the 2022 3rd International Conference on Mental Health, Education and Human Development (MHEHD 2022)*, 670(Mhehd), 3–9. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.220704.002>



MENDORONG IMPLEMENTASI KEBIJAKAN SATU DATA MENGGUNAKAN AI UNTUK TATA KELOLA PEMERINTAHAN TERINTEGRASI BERBASIS *SMART CITY*

**Imelda¹, Elizabeth Nurmiyati Tamatjita^{2*}, Aditya
Wikan Mahastama³**

¹ Universitas Budi Luhur Jakarta

² STMIK Widuri Jakarta

³ Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta

e-mail: tamatjita@kampuswiduri.ac.id

PENDAHULUAN

Daerah Khusus Jakarta (DKJ) sebagai kota metropolitan memiliki berbagai karakteristik yang mendukung bagi sebuah *Smart City*, terutama tersedianya infrastruktur TIK, pelayanan publik yang saling terhubung, serta *e-government* (Oktaviana dan Asca, 2023). Hal ini berarti Daerah Khusus Jakarta juga memiliki potensi yang sangat besar dalam ketersediaan data digital yang telah terhimpun melalui layanan *e-government* (Bernardo, 2017), maupun melalui arus data masyarakat yang menggunakan infrastruktur komunikasi yang tersedia. Data digital, sebagai salah satu tulang punggung penyelenggaraan pemerintahan berbasis *Smart City*, dapat menjadi alat yang berdaya guna tinggi dalam menentukan kebijakan yang tepat dan optimal, jika dikelola dan dimanfaatkan dengan baik. Salah satu syarat data yang baik adalah apabila data tersebut bersifat integral. Integrasi data adalah bagaimana menggabungkan data yang berasal dari berbagai sumber, sehingga memberikan pandangan terpadu (*unified view*) bagi pengguna data tersebut (Lenzerini, 2002). Pemerintah Republik Indonesia mendukung proses integrasi data ini melalui Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Peraturan ini berisi aturan pelaksanaan integrasi data dan penyelenggaranya dalam tataran pemerintahan mulai dari pusat hingga ke daerah, sehingga dapat dimengerti bahwa tujuan dari kebijakan ini adalah penyelenggaraan *Smart Governance*.

Pemerintah saat ini telah memberikan pelayanan prima di setiap instansi dengan mencanangkan layanan satu data untuk semua. Pada praktiknya, data antar instansi masih terpisah dan sulit diintegrasikan. Masyarakat acap kali harus memasukkan data berulang kali yang memungkinkan penulisan yang berbeda dan terjadi ketidakselarasan data. Banyak duplikasi data antar instansi pemerintahan. Setiap instansi memiliki basis data sendiri sehingga distribusi bantuan sosial tidak merata. Ada yang mendapat lebih dari satu paket bantuan. Ada yang sangat butuh bantuan, tetapi tidak menerima sama sekali. Selain itu, beberapa kasus banyak terjadi dualisme interoperabilitas data, kesulitan mendapat akses data terpusat, dan banyak pihak yang belum sepenuhnya mendukung keterbukaan data.

Dampak signifikan layanan data tidak terintegrasi atau belum satu data adalah kinerja penyelenggaraan pelayanan publik sangat rendah, penilaian kepatuhan terhadap standar pelayanan sangat kecil bahkan masuk zona merah. Adanya tumpang tindih data antar instansi dan *database* yang dimiliki tiap instansi sangat menyulitkan petugas menggunakan data yang tepat. Padahal, validitas dan reliabilitas data dibutuhkan sebagai masukan berharga bagi kebijakan publik.

Mendorong Segera Terwujudnya Implementasi Kebijakan Satu Data

Penyediaan payung hukum yang kuat menjadi krusial. Ini mencakup undang-undang, peraturan, dan kebijakan yang mendukung implementasi kebijakan satu data, termasuk pengaturan kepemilikan, akses, dan penggunaan data. Ada (2) dua payung hukum yang mendasari terwujudnya perlindungan data. Pertama, tertuang dalam Pasal 4 Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (PDP). Kedua, implementasi penggunaan satu data diatur dalam Pasal 2 Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Penerapan kebijakan satu data yang dilindungi melalui UU No. 27 Tahun 2022 tentang PDP yang tertuang pada Pasal 4 khususnya dapat digunakan adalah Data yang bersifat umum yaitu: Nama Lengkap, Jenis Kelamin, Kewarganegaraan, Agama, Status Perkawinan; dan/atau Data Pribadi yang dikombinasikan untuk mengidentifikasi

seseorang. Adapun data yang spesifik dapat digunakan dengan aturan yang baku.

Data spesifik yang dapat digunakan meliputi Data dan Informasi Kesehatan, Data Biometrik, Data Genetika, Catatan Kejahatan, Data Anak, Data Keuangan Pribadi; dan/atau Data Lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Jadi, Pasal 4 merujuk 2 (dua) bagian yaitu Data Spesifik dan Data Umum. Maka, dengan demikian diusulkan untuk penggunaan warga Jakarta untuk urusan data pencatatan sipil berupa pengurusan Akta yaitu: Kelahiran, Perkawinan dan Kematian. Serta data yang digunakan untuk kepentingan Perbankan yaitu Pembukaan Rekening, Penutupan Rekening dan lainnya produk-produk Perbankan sehingga lancar perekonomian Jakarta nantinya. Adanya aplikasi Jakarta Kini (JAKI) dalam meningkatkan kualitas pelayanan publik yang dibuat tahun 2022, dapat digunakan untuk akses cepat (Ramadhania, dkk, 2023). Struktur tata kelola diperlukan untuk mengelola data secara terintegrasi, termasuk pembentukan badan atau lembaga yang bertanggung jawab atas koordinasi, pengelolaan, dan pengawasan implementasi kebijakan satu data.

Terkait itu, Jakarta telah memiliki akses pada kualitas pelayanan publik satu data kepada masyarakat. *Jakarta Smart City* (JSC) merupakan salah satu Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) milik Pemprov Jakarta di bawah Dinas Komunikasi, Informatika dan Statistik (Diskominfo), yang dibentuk sejak tahun 2014. Menurut artikel *Jakarta Smart City* (2024:1). JSC bertujuan agar Jakarta menjadi kota cerdas 4.0 (*Smart City*) dengan mengoptimalkan teknologi untuk urusan pemerintahan. Fokus utama yang diusulkan dalam chapter ini pada pelayanan publik. JSC memiliki 7 (tujuh) indikator yaitu *Smart Environment*, *Smart Economy*, *Smart People*, *Smart Mobility*, *Smart Government*, *Smart Living* dan *Smart Branding*. Regulasi yang jelas tentang pengumpulan, penggunaan, dan perlindungan data, termasuk sanksi untuk pelanggaran sangat diperlukan. Solusi yang diusulkan dalam chapter ini membangun integrasi data dari JAKI dan kantor JSC, terutama indikator *Smart Economy* perlu tertuang dalam Peraturan Daerah (Perda) baru agar penggunaan tepat sasaran.

Penggunaan harus sesuai sasaran, sehingga masyarakat Jakarta saat melakukan urusan pencatatan sipil dan perbankan tidak perlu membawa dokumen-dokumen dari rumah dan mengisi manual walaupun menggunakan aplikasi (tetap saja itu menginput data ulang), sehingga hal-hal manual tersebut dapat dihindari. Kesalahan pengisian data tidak akan terjadi. Sehingga memungkinkan data masyarakat Jakarta benar. Maka diperlukan regulasi dalam pelaksanaan pemakaian data pribadi spesifik dan data pribadi umum dan tata cara penggunaan harus diatur sedemikian jelas oleh orang yang berwenang. Akses penggunaan data pribadi spesifik dan data pribadi umum ini digunakan oleh pegawai catatan sipil dan pegawai perbankan.

Sanksi penyalahgunaan data yang tertuang pada Pasal 4 UU PDP tahun 2022 adalah setiap orang yang ditunjuk untuk mengakses data-data penduduk Jakarta tidak digunakan secara benar sesuai keperluan, maka dapat dikenakan sanksi perdata berupa denda jika pelanggaran ringan dan pidana jika pelanggaran berat seperti menggunakan data penduduk Jakarta untuk kepentingan pribadi berupa penjualan data-data dengan untuk menambah kekayaan pribadi yang sangat memberatkan.

Langkah-langkah sederhana untuk memulai implementasi kebijakan satu data meliputi: identifikasi visi dan tujuan jangka panjang, mengumpulkan data untuk mendapat gambaran

awal kondisi kota, melakukan sosialisasi pentingnya kebijakan satu data dengan Artificial Intelligence, bangun dukungan kolaborasi dari semua pihak pemangku kepentingan yang terkait, bangun basis data terpusat dan platform AI, identifikasi proyek awal untuk memperlihatkan manfaat nyata data terintegrasi.

Pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) bagi Terkelolanya *Smart City* yang Terintegrasi *Smart City*, seperti dikutip dalam Moura dan de Abreu e Silva (2021), didefinisikan sebagai “integrasi yang efektif dari sistem fisik, digital dan manusia dalam lingkungan yang dibangun untuk memberikan masa depan yang berkelanjutan, sejahtera dan inklusif bagi warganya”. Hadirnya kata digital menunjukkan kesatuan yang tak terpisahkan dengan penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam konsep *Smart City*. Pemerintah daerah perlu pula melaksanakan prinsip *Smart Governance* sebagai pelaksana konsep *Smart City*. *Smart Governance* menerapkan *e-Government* dan model partisipasi masyarakat, kolaborasi, dan transparansi informasi. *e-Government* memanfaatkan teknologi Internet untuk memberikan pelayanan kepada masyarakat dan memanfaatkan TIK untuk mengumpulkan, memproses, mengolah, menyimpan, membaca dan melaporkan data. Peran *e-Government* terlihat jelas dan terwujud di dalam pemerintahan melalui pemanfaatan teknologi internet. *e-Government* memberikan peluang besar bagi peningkatan kualitas pelayanan pemerintah kepada masyarakat dan pihak swasta melalui peningkatan transparansi, kontrol, dan akuntabilitas penyelenggaraan pemerintahan (Bonson, dkk. dalam Glybovets dan Alhawawsha, 2017), pengambilan keputusan, isu-isu kemasyarakatan dan jaringan *stakeholders* yang lebih luas (Pereira, dkk. 2018).

Saat kebijakan satu data telah dapat dilaksanakan oleh pemerintah daerah, maka pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan terhadap data tersebut untuk menunjang *Smart Governance*, menjadi sebuah keniscayaan. Salah satu pionir pelaksanaan satu data secara nasional terdapat pada penggunaan Nomor Induk Kependudukan (NIK). Tiap warga negara Negara Republik Indonesia, hanya memiliki satu data terkait kependudukan. Hal ini mencegah duplikasi data KTP yang dapat menimbulkan masalah sipil, kependudukan dan administratif lainnya.

Kebijakan ini memberi penegasan kepada pemerintah daerah bahwa data-data mengenai kondisi kota itu tunggal dan integral. Seperti jumlah dan sebaran penduduk, kondisi sosial ekonomi, dan data-data lain yang terkait dengan penyelenggaraan pemerintahan. Saat data ini diakses dari manapun dan oleh pihak manapun, data ini selalu menghasilkan satu nilai yang sama untuk hal yang sama.

Terdapatnya sebuah *data warehouse* tunggal yang dimiliki oleh pemerintah daerah merupakan implementasi ideal dari kebijakan satu data pada lingkup pemerintah daerah (dalam hal ini Jakarta). Data yang berasal dari masyarakat, industri, maupun sektor-sektor lainnya dikumpulkan dalam sebuah *data lake*. Data diolah melalui proses ETL (*Extract, Transform and Load*) menjadi data bersih, integral dan siap guna dalam sebuah *data warehouse* (Dharayani, dkk, 2015). Hasilnya dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dalam proses pembuatan kebijakan, perencanaan, maupun pelaksanaan. Data dalam *data lake* berasal dari data berbagai UPT dan pihak-pihak lain, yang disumbangkan menjadi koleksi pemerintah daerah. Timbal baliknya perlu dipastikan keamanan, pengelolaan dan pemanfaatan data secara akuntabel. Proses ETL diharapkan dapat pula mengatasi

perbedaan data yang dimiliki oleh dinas-dinas secara terpisah, sehingga tercipta data tunggal yang integral dalam gudang data (*data warehouse*) dan dapat membantu pengambilan keputusan, koordinasi maupun respon terhadap kejadian-kejadian mutakhir yang menjadi tugas penanganan pemerintah daerah.

Data tunggal dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran, responsif dan solutif. Jika data tunggal ini telah berhasil terlaksana sepenuhnya, maka dengan bantuan *Artificial Intelligence* (AI), hal-hal berikut dapat dikelola dengan lebih optimal:

- a. Membantu pekerjaan repetitif. Pekerjaan repetitif terkait pemrosesan permohonan layanan, pemantauan indikasi-indikasi kegawatdaruratan dan kebencanaan, serta hal-hal lain dibuatkan sistem otomatis. Sistem ini sangat menolong petugas untuk fokus pada pekerjaan yang lebih strategis.
- b. Meningkatkan pelayanan kepada masyarakat mengenai kebutuhan informasi. Penggunaan *chatbot* AI di sistem perpesanan maupun situs web pemerintahan agar pertanyaan yang sama dari masyarakat dapat terlayani dengan segera secara otomatis.
- c. Keamanan dan ketertiban. Data *real time* seperti data CCTV dan komentar warga pada kanal sosial media pemerintah dapat diolah dengan melakukan analisis citra dan analisis sentimen untuk mengambil tindakan antisipatif yang responsif terhadap peristiwa-peristiwa menyangkut keamanan dan ketertiban umum.
- d. Pengelolaan dan distribusi sumber daya. Data dari sensor-sensor milik pemerintah dan masyarakat dikumpulkan melalui internet. Data ini dapat digunakan untuk mengatur optimasi jangka pendek misalnya arus lalu lintas, rekayasa lalu lintas, pengembangan kawasan, manajemen energi dan sumber daya alam serta memperkirakan trend perubahan demografis dan populasi kawasan untuk perencanaan tata kota yang lebih baik.

Data yang telah dikumpulkan dari dinas-dinas terkait juga dapat diolah untuk menjamin distribusi sumber daya yang tepat sasaran, seperti pemberian bantuan bagi warga kurang mampu dan alokasi sumber daya pemerintah daerah untuk merespon peristiwa terkait kebencanaan dan kegawatdaruratan.

- e. Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas. Mengkaryakan kecerdasan buatan untuk memeriksa data yang masuk berarti menjamin bahwa aturan administratif dapat ditegakkan sepenuhnya, sekaligus memangkas birokrasi pemeriksaan yang menyita waktu. Hal ini tentu menjadi salah satu harapan masyarakat untuk memiliki penyelenggaraan pemerintahan yang kredibel dan akuntabel.

Semua data yang dikumpulkan dapat dirangkai dan disajikan dengan lebih intuitif. Penyajiannya berbentuk sebuah *dashboard*. Fungsinya untuk memudahkan pemantauan kondisi terkini, untuk pengambilan keputusan strategis sekaligus taktis dalam menghadapi tantangan pembangunan kota di masa depan.

KESIMPULAN

Provinsi Daerah Khusus Jakarta (DKJ) memiliki infrastruktur teknologi informasi yang maju, didukung dengan tersedianya data yang melimpah dari masyarakat maupun stakeholders. Pemerintah juga telah memberikan pelayanan prima di setiap instansi dengan mencanangkan layanan satu data untuk semua. Pada praktiknya, data antar instansi masih terpisah dan sulit

diintegrasikan. Masyarakat sering kali harus memasukkan data berulang kali yang memungkinkan penulisan yang berbeda dan terjadi ketidakselarasan data. Bila hal ini dibiarkan, dampak krusialnya masyarakat tidak dapat menerima layanan yang tepat sasaran. Di lain pihak, masyarakat mengharapkan layanan tepat sasaran yang tersedia sepanjang waktu (layanan 24/7) dan responsif. Solusi yang diusulkan dalam tulisan ini memaparkan penentuan arah kebijakan satu data yang tepat sasaran, tata kelola pemerintahan yang terintegrasi, saran kebijakan penting, regulasi yang lebih detail dan tegas mengenai pengumpulan dan perlindungan data, juga pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) terhadap data tersebut untuk mewujudkan terintegrasinya satu data. Payung hukum yang mendasari terwujudnya perlindungan data tertuang dalam Pasal 4 Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi dan implementasi penggunaan satu data diatur dalam Pasal 2 Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Tulisan ini menghasilkan rekomendasi yang meningkatkan kemudahan para pihak yang berkepentingan dalam menentukan prioritas-prioritas penting terkelolanya Smart City yang terintegrasi dan mendorong segera terwujudnya implementasi kebijakan satu data.

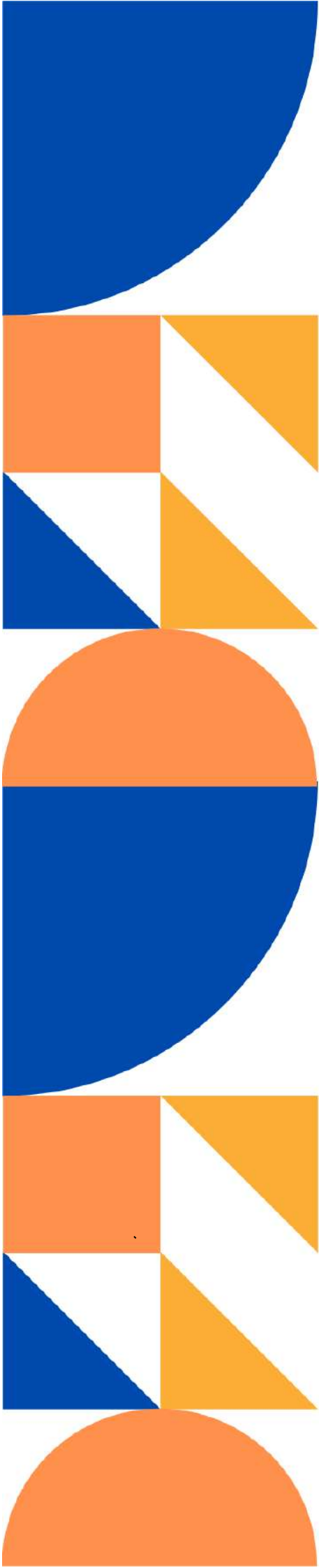
Kunci utama dalam mewujudkan kebijakan satu data Indonesia menggunakan Artificial Intelligence untuk menciptakan Smart City adalah kolaborasi. Tantangan utama implementasi meliputi ketidakpastian hukum dan privasi, kekurangan keterampilan dan kapasitas, tantangan budaya dan organisasi, ketersediaan dan akses data yang terbatas, keterbatasan infrastruktur teknologi, integrasi data yang kompleks, prioritas dana dan investasi ke bidang lain. Tantangan ini tetap dapat diselesaikan. Utamanya dukungan dari semua pihak sangat diperlukan. Teknologi AI dari data yang terintegrasi memungkinkan peningkatan akurasi, kemudahan memprediksi perencanaan kota, pengembangan infrastruktur *Smart City* yang terintegrasi, keterlibatan masyarakat dan pembangunan partisipatif, kemitraan dan kolaborasi antar sektor. Aplikasi JAKI yang sudah ada, dapat dikembangkan secara berkelanjutan. Wujud nyata satu data memungkinkan pemerintah kota memiliki gambaran holistik mengenai kondisi kota dan meningkatkan pengambilan keputusan berbasis bukti. Implementasi kebijakan satu data sangat bermanfaat meningkatkan transparansi, efisiensi operasional, kualitas pelayanan publik yang lebih baik, tersedianya layanan tepat sasaran sepanjang waktu (layanan 24/7) dan responsif. Saran kebijakan penting yang diperlukan dalam mewujudkan satu data adalah pengembangan infrastruktur data, standarisasi, interoperabilitas, serta keamanan dan privasi data. Penggunaan data pada JAKI pada Kantor urusan catatan sipil dan Bank Pemerintah. Akses integrasi lainnya adalah melalui data JSC sendiri terkait *Smart Economy*. Kedua kantor yaitu urusan catatan sipil dan perbankan dapat akses legal penggunaan data spesifik dan umum pada layanan publik masing-masing. Perlindungan dalam konteks penggunaan yang tersebut di atas harus ada secara tertulis, maka diperlukan aturan baru dan khusus.

SARAN

Rekomendasi kepada pemerintah untuk memulai implementasi kebijakan satu data meliputi: pengembangan kebijakan pengelolaan data terbuka dengan menjalin kolaborasi berkelanjutan antar instansi; pembangunan *Smart City* dengan bermitra untuk berbagi sumber daya, pengetahuan dan teknologi; pengalokasian anggaran sebagai investasi dalam infrastruktur teknologi. Rekomendasi kepada pemangku kepentingan meliputi: partisipasi aktif dalam berbagi data dan pengetahuan dengan pemerintah kota dan pemangku kepentingan lainnya; memberikan dukungan yang maksimal agar layanan publik dan kualitas hidup warga Jakarta makin meningkat. Rekomendasi kepada peneliti meliputi: pengembangan penelitian yang makin mendalam mengenai integrasi data dengan *Artificial Intelligence*; identifikasi peluang, tantangan dan solusi yang inovatif; penyediaan wadah diskusi dan sosialisasi; kesediaan berbagi sumber daya, pengetahuan dan temuan penelitian dengan pemerintah dan pemangku kepentingan untuk mendukung pembangunan *Smart City* berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernardo, Maria R. M. (2017). Smart City Governance: From E-Government to Smart Governance, dalam L. C. Carvalho (Eds), *Handbook of Research on Entrepreneurial Development and Innovation Within Smart Cities*, 290-326. IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-5225-1978-2.ch014.
- Dharayani, Ramanti, Laksitowening, Kusuma Ayu, dan Yanuarifiani, Amarilis Putri. (2015). *Implementasi ETL (Extract, Transform, Load) Pangkalan Data Perguruan Tinggi dengan Menggunakan State-Space Problem*. eProceedings of Engineering, 2(1), 1159-1165.
- Glybovets, Andrii dan Alhawawsha, Mohammad. (2017). *E-Government Versus Smart Government: Jordan Versus The United States*, EUREKA: Social and Humanities, 3, 3-11.
- Jakarta Smart City. 2024. <https://www.jakarta.go.id/jakarta-smart-city#:~:text=Dibentuk%20sejak%20tahun%202014%20seperti,bermanfaat%20bagi%20seluruh%20warga%20Jakarta>, diakses tanggal 21 Mei 2024.
- Lenzerini, Maurizio. (2002). *Data Integration: A Theoretical Perspective*. Proceedings of the Twenty-first ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, 3-5 Juni 2002, Madison, Wisconsin, USA.
- Moura, Filipe dan de Abreu e Silva, João. (2021). Smart Cities: Definitions, Evolution of the Concept and Examples of Initiatives, dalam W. Leal Filho et al. (eds.), *Industry, Innovation and Infrastructure*, Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. DOI: 10.1007/978-3-319-71059-4_6-1.
- Oktaviana, Lusi dan Asca, Shafa Azkia. (2023). *Perbandingan Keberhasilan Smart City DKI Jakarta Dengan Kota Banda Aceh*. SANGER: Journal Social, Administration and Government Review, 1(1), 57-71.
- Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia <https://peraturan.bpk.go.id/Details/108813/perpres-no-39-tahun-2019>, diakses tanggal 18 Mei 2024.
- Pereira, Gabriela Viale, Parycek, Peter, Falco, Enzo, dan Kleinhans, Reinout. (2018). *Smart governance in the context of smart cities: A literature review*. Information Polity, 23(2), 143-162.
- Ramadhania, Anisa, Muradi dan Sutisna, Jajang. 2023. Penerapan E-Government Pemerintah Provinsi DKI Jakarta Melalui Aplikasi Jakarta Kini (Jaki) dalam Meningkatkan Kualitas Pelayanan Publik Tahun 2022, Jurnal Ilmu Pemerintahan: NeoRespublica Vol. 5 No. 1, hlm 29. <https://neorespublica.uho.ac.id/index.php/journal>, diakses tanggal 21 Mei 2024.



ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM TRANSFORMASI TATA KELOLA PEMERINTAH YANG INKLUSIF

Muhammad Lukman Hakim^{1*}, Nita Aribah Hanif²

¹ Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

² Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

e-mail: Muhammad.hakim@uta45jakarta.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam era digital yang terus berkembang, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) telah menjadi salah satu pionir terdepan dalam membentuk ulang lanskap tata kelola pemerintah. Artikel ini menggarisbawahi potensi transformasi besar yang dapat dibawa oleh AI dalam memperkuat inklusivitas, efisiensi, dan efektivitas pemerintahan. Melalui pemanfaatan teknologi canggih, AI menawarkan peluang untuk meningkatkan akses layanan publik, mempercepat proses pembuatan keputusan, dan meningkatkan partisipasi warga dalam proses demokrasi.

Artikel ini menyoroti latar belakang dan motivasi di balik integrasi AI dalam sistem pemerintahan, mengeksplorasi bagaimana inovasi ini dapat membantu mengatasi tantangan tradisional dalam tata kelola yang sering kali terhambat oleh keterbatasan sumber daya, proses birokrasi yang panjang, dan akses yang tidak merata. Lebih lanjut, artikel ini akan menjelaskan visi di mana AI tidak hanya mempercepat transformasi digital dalam sektor publik tetapi juga memastikan bahwa transformasi tersebut berlangsung secara inklusif, memperhatikan kebutuhan dan aspirasi seluruh lapisan masyarakat.

Dengan memadukan analisis mendalam, studi kasus aktual, artikel ini bertujuan untuk membangun pemahaman yang komprehensif tentang peran AI dalam menciptakan pemerintahan yang lebih responsif, transparan, dan inklusif. Melalui pembahasan yang kritis dan konstruktif, kita akan mengeksplorasi jalan menuju masa depan di mana teknologi bukan hanya sebagai alat efisiensi tetapi juga sebagai katalisator untuk keadilan sosial dan partisipasi warga yang lebih luas dalam kehidupan berdemokrasi.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) telah merevolusi banyak aspek kehidupan modern, dari industri hingga pelayanan umum. Dalam konteks tata kelola pemerintahan, AI menawarkan potensi yang signifikan untuk meningkatkan inklusivitas dan efisiensi dalam menyediakan layanan kepada masyarakat. Tulisan ini bertujuan untuk menjelajahi bagaimana AI dapat memainkan peran krusial dalam transformasi tata kelola pemerintah yang inklusif, dengan fokus pada konsep dan teori dasar, strategi penerapan serta best practice di berbagai negara, tantangan serta hambatan, dan tren masa depan yang mungkin terjadi.

Pada bagian pertama, tulisan ini akan menggali konsep dan teori dasar AI, menjelaskan bagaimana teknologi ini bekerja dan potensi aplikasinya dalam pemerintahan. Akan dijelaskan juga pentingnya pengembangan AI yang etis dan transparan yang mendukung kebijakan dan keputusan pemerintah yang adil. Selanjutnya, tulisan ini akan mengulas berbagai strategi penerapan AI yang telah dilakukan di beberapa negara, menyoroti best practice serta inovasi yang telah berhasil meningkatkan partisipasi dan kepuasan masyarakat dalam layanan publik. Dari penggunaan AI dalam pengelolaan kota cerdas hingga penerapannya dalam sistem kesehatan publik, studi kasus dari berbagai negara akan memberikan wawasan praktis dan pelajaran yang dapat dipetik. Tantangan dan hambatan dalam penerapan AI juga akan dibahas secara mendalam. Isu-isu seperti privasi data, pengangguran yang disebabkan oleh otomatisasi, dan risiko penggunaan AI yang bias akan dieksplorasi untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang hambatan yang mungkin dihadapi pemerintah dalam mengadopsi teknologi ini. Terakhir, tulisan ini akan mengeksplorasi tren masa depan AI dalam tata kelola pemerintah. Dengan perkembangan teknologi yang cepat, prediksi tentang

bagaimana AI akan terus berkembang dan membentuk pelayanan publik di masa depan akan dibahas, termasuk potensi AI dalam menghadapi isu-isu global dan meningkatkan keterlibatan warga dalam proses demokrasi.

Melalui analisis yang komprehensif ini, tulisan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana AI bisa menjadi katalis dalam transformasi tata kelola pemerintah menjadi lebih inklusif, responsif, dan efektif.

Penelitian ini dimulai dengan pendahuluan yang memberikan latar belakang tentang pentingnya transformasi digital dalam pemerintahan dan bagaimana AI dapat menjadi motor utama perubahan ini. Pada bagian ini, dijelaskan perkembangan AI dan potensinya untuk meningkatkan berbagai aspek tata kelola pemerintahan, seperti akses layanan publik, proses pembuatan keputusan, dan partisipasi warga dalam demokrasi.

Selanjutnya, tinjauan literatur dilakukan untuk mendefinisikan konsep AI dan memahami konteks penerapannya dalam pemerintahan. Penelitian sebelumnya yang terkait dengan penggunaan AI dalam tata kelola pemerintahan akan diringkas untuk memberikan landasan teoritis yang kuat. Selain itu, kerangka teori yang relevan akan dijelaskan untuk mendukung integrasi AI dalam sistem pemerintahan.

Untuk mencapai tujuan penelitian, pendekatan yang digunakan adalah studi literatur menyeluruh. Teknik pengumpulan data akan mencakup analisis dokumen kebijakan, laporan pemerintah, publikasi akademis, dan literatur lain yang relevan. Studi kasus akan dipilih dari berbagai contoh di mana AI telah diimplementasikan dalam pemerintahan, baik di tingkat nasional maupun internasional. Analisis dokumen akan berfokus pada kebijakan yang telah diterapkan, hasil yang telah dicapai, serta tantangan dan peluang yang dihadapi dalam proses implementasi.

Analisis data akan dilakukan dengan menggunakan analisis tematik untuk data kualitatif, di mana data dari dokumen dan studi kasus akan dikategorikan berdasarkan tema-tema yang muncul. Analisis ini akan membantu mengidentifikasi pola dan tren utama dalam penggunaan AI dalam tata kelola pemerintahan.

Melalui pendekatan metodologis ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang peran AI dalam menciptakan tata kelola pemerintahan yang lebih responsif, transparan, dan inklusif. Penelitian ini juga akan mengeksplorasi tantangan dan peluang yang dihadapi dalam integrasi AI serta memberikan rekomendasi praktis untuk implementasi yang efektif dan inklusif.

PEMBAHASAN

Konsep Dasar dan Teori Pendukung

A. Konsep Dasar

1. Automasi Proses

Kecerdasan buatan (AI) membawa transformasi mendalam dalam sektor pemerintahan dengan mengotomatiskan tugas-tugas yang memakan waktu dan repetitif, yang membuka pintu untuk peningkatan efisiensi dan produktivitas secara signifikan. (Hogan-

Doran 2017) Melalui otomatisasi ini, staf pemerintah dapat dialihkan dari pekerjaan rutin untuk fokus pada tugas-tugas yang memerlukan pertimbangan manusia yang lebih mendalam dan kreativitas. Misalnya, AI dapat mengambil alih proses pengolahan data, pengajuan dokumen, dan tugas administratif lainnya yang sebelumnya membutuhkan banyak waktu dan sumber daya manusia. Dengan demikian, AI tidak hanya mempercepat proses-proses tersebut tetapi juga mengurangi potensi kesalahan manusia, menghasilkan layanan publik yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

Di sisi lain, pembebasan sumber daya manusia dari tugas-tugas rutin ini memungkinkan pemerintah untuk mengalokasikan ulang tenaga kerjanya ke area yang lebih strategis dan berdampak, seperti pembuatan kebijakan, inovasi layanan, dan interaksi langsung dengan warga (Wisskirchen et al. 2017). Hal ini secara tidak langsung meningkatkan kualitas layanan publik dan responsivitas pemerintah terhadap kebutuhan warga. Dengan integrasi AI, pemerintahan menjadi lebih lincah, dapat beradaptasi lebih cepat terhadap perubahan, dan lebih mampu menangani tantangan kompleks dengan solusi yang inovatif dan berorientasi pada masa depan.

2. Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Kecerdasan buatan, atau AI, telah memainkan peran krusial dalam mendukung pengambilan keputusan di berbagai sektor, termasuk di pemerintahan (Berryhill et al. 2019). Dengan kemampuannya mengolah dan menganalisis data dalam jumlah besar dengan cepat dan akurat, AI membantu pembuat kebijakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang isu-isu kompleks yang dihadapi masyarakat. Penggunaan AI dalam analisis data memungkinkan identifikasi tren dan pola yang mungkin tidak terlihat oleh analisis manusia biasa, sehingga memperkaya basis bukti yang dapat digunakan untuk merumuskan kebijakan (Allam and Dhunny 2019). Selain itu, AI juga dapat memprediksi dampak dari kebijakan tertentu sebelum diterapkan, sehingga memungkinkan pemerintah untuk membuat keputusan yang lebih informatif dan strategis (Charles, Rana, and Carter 2022). Dengan demikian, penerapan AI tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pengolahan data, tetapi juga mendukung pembuatan keputusan yang lebih efektif dan berbasis bukti dalam formulasi kebijakan pemerintah.

3. Interaksi Warga

Penggunaan teknologi kecerdasan buatan seperti Pemrosesan Bahasa Alami (NLP) dan chatbots telah merevolusi cara interaksi warga dengan pemerintah, memperluas akses dan meningkatkan kualitas layanan publik. NLP memungkinkan mesin untuk memahami dan merespons bahasa manusia dengan cara yang alami, menjadikan komunikasi dengan sistem pemerintahan lebih intuitif dan mudah diakses bagi semua lapisan masyarakat. Chatbots, yang didukung oleh NLP, dapat dioperasikan 24/7, menyediakan respon instan terhadap pertanyaan dan kebutuhan informasi dari warga, tanpa batasan waktu atau geografis (Nirala, Singh, and Purani 2022).

Kehadiran teknologi ini dalam layanan publik berarti bahwa warga tidak lagi terikat pada jam kerja kantor untuk mendapatkan informasi atau layanan yang mereka perlukan. Mereka dapat dengan mudah mengajukan pertanyaan, melaporkan masalah, atau bahkan mengajukan dokumen melalui platform digital yang dioperasikan oleh AI, dari

mana saja dan kapan saja. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pelayanan, tetapi juga mengurangi biaya operasional dan membebaskan sumber daya manusia untuk menangani masalah yang lebih kompleks. Secara keseluruhan, integrasi AI melalui NLP dan chatbots ke dalam layanan publik tidak hanya membuat pelayanan lebih cepat dan mudah diakses tetapi juga lebih inklusif, memastikan bahwa setiap warga negara, terlepas dari keterbatasan mereka, memiliki akses yang sama terhadap layanan pemerintah.

4. Personalisasi Layanan

Kecerdasan buatan (AI) telah membuka kemungkinan baru dalam menyediakan layanan yang disesuaikan secara personal untuk memenuhi kebutuhan beragam kelompok dalam masyarakat, termasuk mereka yang sering terabaikan atau berada di pinggiran masyarakat. Dengan kemampuannya mengolah dan menganalisis data besar, AI dapat mengidentifikasi kebutuhan spesifik berbagai kelompok dan individu dengan lebih akurat, memungkinkan pemerintah dan organisasi untuk menawarkan solusi yang lebih tepat sasaran.

Misalnya, program-program yang didukung AI dapat dirancang untuk mendukung penyandang disabilitas dengan menyediakan antarmuka yang dapat diakses atau layanan komunikasi yang disesuaikan (White 2022). Dalam konteks pendidikan, AI bisa digunakan untuk menyesuaikan materi pembelajaran sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar setiap siswa, membantu mereka yang mungkin kesulitan dengan metode pengajaran tradisional (Sekeroglu, Dimililer, and Tuncal 2019). Pada layanan kesehatan, AI dapat membantu dalam diagnosa dan perawatan yang disesuaikan, khususnya untuk kondisi yang jarang terjadi, dimana AI membantu dalam mengidentifikasi pola yang tidak biasa yang mungkin tidak dikenali oleh tenaga medis (Jayawant 2016).

Selain itu, AI juga dapat membantu mengidentifikasi dan mengatasi kesenjangan layanan dalam komunitas yang kurang terlayani (Korinek, Schindler, and Stiglitz 2021). Dengan menganalisis data dari interaksi sebelumnya, AI dapat membantu dalam merancang kebijakan yang menargetkan kebutuhan khusus, memastikan bahwa setiap segmen masyarakat mendapatkan perhatian yang mereka butuhkan (Cath et al. 2018). Kehadiran AI dalam sektor layanan umum ini tidak hanya meningkatkan efektivitas intervensi sosial dan pemerintah tetapi juga mendukung penciptaan masyarakat yang lebih inklusif dan adil.

5. Pemberdayaan Komunitas

AI sebagai alat pemberdayaan komunitas menawarkan potensi besar untuk mengubah cara kita mendekati pembuatan kebijakan dan pemerintahan. Melalui kemampuannya untuk mengolah dan menganalisis data dalam skala besar, AI memungkinkan identifikasi kebutuhan spesifik komunitas dengan lebih cepat dan tepat. Ini termasuk analisis tren sosial, ekonomi, dan kesehatan yang membantu dalam merancang intervensi yang disesuaikan dengan kebutuhan lokal (Rossano 2001).

Selain itu, AI mendukung partisipasi publik yang lebih luas dalam proses pembuatan kebijakan. Dengan mengintegrasikan teknologi seperti NLP (Natural Language Processing), AI dapat menganalisis input dari diskusi publik, survei, dan media sosial,

memberikan kesempatan kepada lebih banyak orang untuk terlibat dalam dialog pemerintah (Nirala et al. 2022). Hal ini bukan hanya meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam pembuatan kebijakan, tetapi juga memperkuat kepercayaan dan hubungan antara warga dan pemerintah.

Lebih jauh, AI juga dapat memfasilitasi simulasi dan pemodelan untuk melihat dampak kebijakan sebelum diimplementasikan, memungkinkan pemerintah untuk membuat penyesuaian yang diperlukan berdasarkan prediksi hasil (Wu 2022). Dengan kemampuan ini, pembuat kebijakan dapat menghindari kesalahan yang mungkin terjadi dan mengoptimalkan sumber daya dengan lebih efisien.

Dalam konteks ini, AI bertindak sebagai katalis untuk pemberdayaan komunitas, memberikan mereka alat untuk tidak hanya memahami kebutuhan mereka secara lebih mendalam tetapi juga untuk secara aktif membentuk kebijakan dan keputusan yang memengaruhi kehidupan mereka. Proses ini tidak hanya memperkuat kapasitas individu dan kelompok dalam masyarakat, tetapi juga menumbuhkan sistem pemerintahan yang lebih responsif dan inklusif.

B. Teori Pendukung

1. Teori Sistem Adaptif Kompleks

Teori Sistem Adaptif Kompleks (CAS) (Carmichael and Hadžikadić 2019; Ouyang, Xu, and Cukurova 2023) menyediakan kerangka kerja yang berguna untuk memahami bagaimana pemerintahan bisa berevolusi dan beradaptasi dengan masukan dan perubahan lingkungan, termasuk penerapan teknologi baru seperti AI. Dalam konteks AI dan tata kelola, teori ini menggarisbawahi pentingnya sistem yang fleksibel dan mampu menyesuaikan diri dengan dinamika yang cepat berubah, sehingga menciptakan pemerintahan yang lebih responsif dan inklusif.

Menurut teori ini, sistem pemerintahan dapat dipandang sebagai entitas adaptif yang harus terus menerus belajar dan beradaptasi untuk menghadapi tantangan baru dan memanfaatkan peluang. AI, dalam konteks ini, berperan sebagai katalis yang mempercepat dan mendukung proses adaptasi ini. Misalnya, dengan AI, pemerintah dapat lebih cepat mengidentifikasi dan menanggapi kebutuhan warga berdasarkan data real-time, memungkinkan pembuatan kebijakan yang lebih cepat dan akurat.

Kecerdasan Buatan juga membantu dalam simulasi dan pemodelan kebijakan, yang merupakan komponen kunci dari CAS. Melalui pemodelan yang didukung AI, pemerintah dapat memvisualisasikan berbagai skenario dan konsekuensi kebijakan sebelum diimplementasikan, memungkinkan iterasi dan penyesuaian berdasarkan umpan balik yang diterima. Ini mendukung siklus adaptasi yang berkelanjutan, di mana kebijakan dan tindakan dapat diuji dan disempurnakan berdasarkan hasil simulasi.

Adaptasi dan evolusi dalam pemerintahan juga melibatkan pengambilan keputusan yang didistribusikan dan kolaborasi antar-sektor. AI mendukung struktur ini dengan memfasilitasi komunikasi dan koordinasi yang lebih baik antar lembaga dan stakeholder, memastikan bahwa berbagai perspektif dan data dikonsolidasikan secara efektif dalam proses pembuatan kebijakan.

Secara keseluruhan, mengintegrasikan prinsip CAS dalam penerapan AI dalam tata kelola memungkinkan pemerintahan untuk tidak hanya merespons tetapi juga memproaktif dalam menghadapi perubahan, dengan terus menerus beradaptasi dan meningkatkan cara kerjanya. Ini menciptakan sistem yang lebih tangguh, dinamis, dan mampu memenuhi tuntutan masyarakat yang terus berubah.

2. Teori Keadilan Distributif

Teori Keadilan Distributif, yang diusung oleh para filosof seperti John Rawls (Rawls 1968), berfokus pada pentingnya distribusi yang adil dari manfaat dan beban dalam masyarakat, termasuk dalam penggunaan teknologi seperti AI. Dalam konteks tata kelola yang inklusif, teori ini menekankan pentingnya memastikan bahwa semua anggota masyarakat memiliki akses yang setara ke layanan yang diperkaya oleh AI dan berpartisipasi dalam proses pembuatan kebijakan.

Menurut teori ini, keadilan distributif dalam penggunaan AI tidak hanya melibatkan distribusi manfaat (seperti peningkatan akses ke layanan kesehatan atau pendidikan melalui teknologi) tetapi juga membagi beban yang mungkin ditimbulkan oleh penerapan teknologi ini, seperti kehilangan pekerjaan akibat otomatisasi atau masalah privasi data. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah untuk mengadopsi kebijakan yang tidak hanya memaksimalkan utilitas dari AI tetapi juga melindungi dan memperkuat hak warga yang mungkin terdampak negatif.

Dalam praktiknya, mencapai keadilan distributif dalam era AI membutuhkan kebijakan yang dirancang untuk mempromosikan inklusi dan aksesibilitas. Hal ini dapat mencakup investasi dalam infrastruktur digital di daerah terpencil untuk memastikan bahwa teknologi AI dapat diakses oleh semua warga, serta pengembangan program pelatihan dan pendidikan untuk mempersiapkan angkatan kerja dalam menghadapi perubahan yang dibawa oleh otomatisasi.

Selain itu, partisipasi publik dalam pengambilan keputusan tentang bagaimana AI diimplementasikan dan diatur juga krusial. Hal ini memastikan bahwa berbagai perspektif, khususnya dari komunitas yang kurang terwakili, dihargai dan diintegrasikan dalam kebijakan. Ini dapat dilakukan melalui konsultasi publik, forum diskusi, dan menggunakan platform yang diperkaya AI untuk mengumpulkan umpan balik dan preferensi dari masyarakat luas. (Rafanelli 2022) & (Gabriel 2022).

Dengan demikian, teori keadilan distributif mengajarkan kita bahwa keadilan dan kesetaraan harus menjadi fondasi dalam penerapan dan pengaturan AI, memastikan bahwa semua individu tidak hanya mendapat manfaat dari kecanggihan teknologi ini, tetapi juga dilindungi dari potensi dampak negatifnya. Ini menekankan pentingnya kebijakan yang tidak hanya efisien tetapi juga adil, dengan tujuan utama membangun masyarakat yang lebih inklusif dan merata.

3. Etika AI

Etika AI merupakan aspek penting yang harus dipertimbangkan saat mengembangkan dan menggunakan kecerdasan buatan, terutama dalam konteks layanan publik. Etika dalam AI mencakup berbagai dimensi seperti privasi, bias, transparansi, dan akuntabilitas. Diskusi mengenai etika AI tidak hanya fokus pada apa yang teknologi ini

bisa lakukan, tetapi juga bagaimana seharusnya teknologi ini digunakan untuk memajukan kebaikan bersama tanpa melanggar hak asasi manusia atau keadilan sosial (Leslie 2019).

Privasi adalah kekhawatiran utama dalam AI, khususnya dengan penggunaan data besar yang sering kali melibatkan informasi pribadi. Penting bagi pengembang AI dan pemerintah untuk memastikan bahwa data digunakan secara etis, dengan perlindungan yang kuat untuk menjaga privasi individu. Ini termasuk memastikan keamanan data dan transparansi mengenai bagaimana dan untuk apa data tersebut digunakan (Yang, Elisa, and Eliot 2019).

Bias dalam AI menjadi masalah serius, terutama karena sistem ini seringkali dilatih menggunakan data historis yang mungkin mengandung prasangka sosial dan ketidaksetaraan yang ada. Untuk mengatasi hal ini, penting bagi pengembang untuk menggunakan set data yang beragam dan menerapkan metodologi yang mengurangi bias, sehingga hasil dari AI tidak mendiskriminasi kelompok tertentu.

Transparansi adalah prinsip penting lainnya, yang menuntut bahwa algoritma AI harus dapat dijelaskan. Pengguna harus bisa memahami bagaimana keputusan dibuat oleh AI, yang penting untuk membangun kepercayaan dan memungkinkan pengguna menilai keadilan dari keputusan tersebut. Ini sangat relevan dalam konteks pemerintahan, di mana keputusan yang memengaruhi publik harus bisa dijelaskan dan dipertanggungjawabkan.

Akuntabilitas dalam AI menuntut bahwa harus ada mekanisme untuk meminta pertanggungjawaban pengembang dan pengguna AI ketika terjadi kesalahan atau ketika teknologi gagal memenuhi standar etis. Ini meliputi menetapkan kerangka kerja hukum yang jelas yang mengatur penggunaan AI dan memastikan bahwa ada jalur hukum yang dapat diikuti individu yang merasa dirugikan oleh keputusan yang dibuat oleh AI.

Menerapkan prinsip-prinsip etika AI dalam layanan publik bukan hanya tentang memaksimalkan efisiensi tetapi juga memastikan bahwa teknologi mendukung sistem yang adil dan tidak diskriminatif. Ini membutuhkan kerja sama yang erat antara pengembang teknologi, pemangku kepentingan, dan masyarakat sipil untuk merancang dan menerapkan AI yang memenuhi standar etika tertinggi. Dengan pendekatan ini, AI dapat digunakan sebagai alat yang kuat untuk meningkatkan kesejahteraan bersama dan memajukan keadilan sosial.

Strategi Penerapan

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam transformasi tata kelola pemerintah yang inklusif memerlukan serangkaian strategi praktis untuk memastikan bahwa teknologi ini memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi masyarakat secara keseluruhan. Berikut adalah beberapa strategi kunci yang dapat diimplementasikan oleh pemerintah dan lembaga terkait:

1. Pengembangan Kebijakan yang Komprehensif

Sebelum memasukkan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam layanan publik, sangat penting bagi pemerintah untuk merumuskan kebijakan yang jelas dan komprehensif.

Kebijakan ini harus mencakup secara rinci isu-isu krusial seperti etika, keamanan, privasi, dan penggunaan data (Wischmeyer and Rademacher 2020). Hal ini bukan hanya untuk memastikan bahwa teknologi diterapkan dengan cara yang bertanggung jawab tetapi juga untuk menjamin bahwa penggunaan AI sejalan dengan nilai-nilai masyarakat dan hukum yang berlaku. Kebijakan harus diarahkan untuk mengatasi tantangan yang dihadapi dalam penerapan AI, termasuk memastikan bahwa ada transparansi dalam algoritma dan keputusan yang dihasilkannya. Publik harus bisa memahami bagaimana keputusan dibuat oleh AI dan memiliki kemampuan untuk meninjau dan mempertanyakan keputusan tersebut. Ini adalah bagian dari upaya untuk memastikan akuntabilitas dalam penggunaan AI.

Selain itu, keadilan harus menjadi pilar utama dalam kebijakan AI. Pemerintah harus berusaha keras untuk menghindari dan memperbaiki bias yang mungkin ada dalam sistem AI, memastikan bahwa semua kelompok masyarakat mendapatkan manfaat secara adil dari penggunaan teknologi ini. Ini mencakup pemilihan data yang digunakan untuk melatih AI, yang harus mewakili keragaman demografis dan tidak mengandung prasangka yang dapat membahayakan kelompok tertentu.

Privasi juga adalah komponen kritis dari kebijakan AI. Pemerintah harus memastikan bahwa data pribadi warga dilindungi dan hanya digunakan dengan cara yang aman dan etis. Kebijakan harus mendefinisikan protokol keamanan data yang ketat dan mekanisme pengawasan yang memadai untuk menghindari penyalahgunaan data. Dengan menyusun kebijakan yang komprehensif dan berfokus pada etika, keamanan, privasi, dan keadilan, pemerintah akan memastikan bahwa penggunaan AI dalam layanan publik tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga diterima dan dihargai oleh masyarakat, membentuk dasar yang kokoh untuk penerapan teknologi yang bertanggung jawab dan inklusif (Wischmeyer and Rademacher 2020).

2. Investasi dalam Infrastruktur Digital

Investasi dalam infrastruktur digital yang kuat merupakan langkah penting yang harus diambil oleh pemerintah untuk mendukung implementasi efektif dari kecerdasan buatan (AI). Hal ini tidak hanya esensial untuk menjalankan aplikasi AI yang canggih, tetapi juga vital untuk memastikan bahwa layanan yang diberikan kepada publik dapat diandalkan dan aman. Sebagai pondasi dari setiap inisiatif digital, infrastruktur yang memadai akan memengaruhi seberapa baik pemerintah dapat memanfaatkan kekuatan AI untuk menganalisis data besar dan menghasilkan wawasan secara real-time. Peningkatan bandwidth adalah langkah awal yang kritis. Kecepatan dan kestabilan koneksi internet yang tinggi memungkinkan transfer data yang besar dengan cepat, yang vital untuk operasi AI yang memproses volume data yang besar dan kompleks. Ini penting tidak hanya di pusat kota besar, tetapi juga harus diperluas ke daerah yang lebih terpencil untuk memastikan bahwa semua warga memiliki akses ke layanan digital yang ditingkatkan.

Selanjutnya, penyimpanan data yang aman adalah komponen utama lainnya. Dengan meningkatnya jumlah data yang dikumpulkan dan dianalisis, memastikan keamanan data menjadi prioritas. Pemerintah perlu menerapkan solusi penyimpanan yang tidak hanya besar tetapi juga sangat aman, untuk melindungi data warga dari kebocoran dan

serangan siber. Hal ini mencakup penerapan enkripsi data lanjutan, autentikasi kuat, dan kebijakan akses yang ketat. Teknologi cloud merupakan aspek lain yang sangat penting dalam infrastruktur digital untuk AI. Dengan cloud computing, sumber daya komputasi dan penyimpanan dapat berskala sesuai dengan kebutuhan, memungkinkan analisis data besar secara lebih efisien dan ekonomis. Cloud juga menawarkan fleksibilitas dalam pengembangan dan penerapan aplikasi AI, memungkinkan berbagai lembaga pemerintah untuk berkolaborasi dan berbagi sumber daya dengan mudah.

Dengan berinvestasi dalam infrastruktur digital yang kuat, pemerintah tidak hanya akan memperkuat kemampuannya dalam mengimplementasikan AI tetapi juga secara signifikan meningkatkan kualitas layanan publik. Infrastruktur yang baik akan mendukung inovasi berkelanjutan dan memastikan bahwa pemerintah dapat responsif terhadap kebutuhan warganya dalam era digital ini (Robbins and van Wynsberghe 2022).

3. Pelatihan dan Pengembangan Kapasitas

Meningkatkan kemampuan pegawai pemerintah dalam memahami dan mengelola kecerdasan buatan (AI) adalah langkah krusial untuk memastikan implementasi teknologi ini berjalan efektif dan etis dalam layanan publik. Untuk mencapai tujuan ini, program pelatihan yang komprehensif harus dirancang dan diimplementasikan, meliputi berbagai aspek penting dari AI.

Pertama, pelatihan harus dimulai dengan pengenalan dasar-dasar AI. Ini termasuk pemahaman tentang algoritma dasar, machine learning, dan neural networks. Pegawai pemerintah perlu memahami bagaimana AI bekerja pada tingkat fundamental untuk dapat mengambil keputusan yang tepat terkait dengan penggunaan teknologi ini. Menyediakan pengetahuan dasar ini membantu membangun fondasi yang kuat dan mengurangi kesalahpahaman yang mungkin ada mengenai AI. Kedua, etika dalam AI merupakan komponen penting dari pelatihan. Ini mencakup pelajaran tentang cara menghindari dan mengatasi bias dalam AI, memastikan privasi dan keamanan data, serta memahami implikasi moral dari keputusan yang diotomatisasi. Pelatihan etika juga harus menangani masalah akuntabilitas dan transparansi dalam AI, memastikan bahwa pegawai pemerintah dapat menjelaskan keputusan yang dibantu oleh AI kepada publik dan stakeholder lainnya secara jelas dan akurat. Ketiga, pegawai harus dilatih tentang cara menginterpretasikan dan menggunakan output dari sistem AI. Ini termasuk memahami bagaimana menganalisis hasil yang dihasilkan oleh AI, menilai keandalan dan relevansi output tersebut, serta mengintegrasikan wawasan dari AI ke dalam proses pengambilan keputusan. Melatih pegawai untuk secara kritis mengevaluasi dan menerapkan output AI adalah kunci untuk memanfaatkannya secara efektif dalam pengambilan keputusan pemerintah.

Program pelatihan ini harus dianggap sebagai investasi jangka panjang dan berkelanjutan, dengan pembaruan dan kursus lanjutan yang ditawarkan secara reguler untuk menjaga kecakapan pegawai tetap up-to-date dengan perkembangan terbaru dalam teknologi AI. Dengan memiliki pegawai yang terdidik dan terlatih dengan baik dalam AI, pemerintah akan lebih mampu menggunakan teknologi ini untuk meningkatkan efisiensi, keadilan, dan transparansi dalam layanan publik, sekaligus meminimalisir risiko

dan dampak negatif yang mungkin muncul (Vishwakarma and Singh 2023).

4. Kolaborasi dengan Sektor Swasta dan Akademisi

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) dalam layanan publik, pemerintah memang harus memperkuat kolaborasi dengan sektor swasta dan dunia akademisi. Kerjasama ini dapat membuka akses ke inovasi, penelitian terbaru, dan sumber daya teknologi yang sangat dibutuhkan untuk mengembangkan solusi AI yang efektif dan efisien. Kemitraan riset antara lembaga pemerintah dengan universitas atau institusi penelitian bisa sangat berharga. Melalui kemitraan ini, pemerintah dapat memanfaatkan keahlian intelektual dari akademisi yang memiliki spesialisasi dalam AI, machine learning, etika AI, dan bidang terkait lainnya. Kolaborasi riset ini tidak hanya membantu dalam mengembangkan algoritma yang lebih canggih dan etis, tetapi juga dalam memahami implikasi sosial dan kebijakan dari teknologi ini. Universitas dan lembaga penelitian juga bisa memberikan insight berharga mengenai tren terkini dan tantangan yang mungkin muncul dalam penerapan AI.

Di sisi lain, kemitraan dengan sektor swasta bisa melibatkan pengembangan solusi bersama. Perusahaan teknologi sering kali memiliki sumber daya, infrastruktur, dan pengalaman praktis yang dapat mempercepat penerapan AI dalam pelayanan publik. Kolaborasi ini bisa berbentuk proyek bersama untuk mengembangkan aplikasi khusus, seperti sistem analisis data untuk pemantauan kesehatan publik, atau pengembangan platform AI untuk meningkatkan efisiensi layanan pemerintahan. Inkubator dan akselerator teknologi juga merupakan cara efektif untuk mengembangkan inovasi dalam AI. Dengan mendukung startup dan pengusaha teknologi melalui program-program inkubasi, pemerintah dapat memanfaatkan ide-ide baru dan inovatif yang muncul dari sektor ini. Inkubator dan akselerator ini tidak hanya membantu dalam pengembangan solusi AI yang inovatif, tetapi juga memastikan bahwa ada aliran terus-menerus dari teknologi baru yang dapat diintegrasikan dalam layanan publik.

Kerjasama semacam ini dapat memastikan bahwa pemerintah tidak hanya menjadi konsumen teknologi, tetapi juga berperan aktif dalam pengembangan dan implementasi AI. Dengan memanfaatkan keahlian dan sumber daya dari sektor swasta dan akademisi, pemerintah dapat lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan warganya dan menghadapi tantangan kompleks di era digital ini (Vishwakarma and Singh 2023).

5. Peningkatan Partisipasi Publik

Peningkatan partisipasi publik dalam proses pembuatan kebijakan merupakan aspek kunci dari tata kelola yang inklusif dan transparan. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (AI), pemerintah dapat mengadopsi pendekatan yang lebih dinamis dan responsif dalam melibatkan warga dalam dialog dan keputusan yang memengaruhi kehidupan mereka. Penggunaan AI dalam proses ini tidak hanya memperluas jangkauan dan skalabilitas partisipasi publik tetapi juga meningkatkan efisiensi dan efektivitas analisis umpan balik dari warga.

Salah satu cara efektif untuk menggunakan AI dalam meningkatkan partisipasi publik adalah melalui pengembangan dan penerapan platform berbasis AI yang dapat mengumpulkan dan menganalisis umpan balik publik secara real-time. Platform ini dapat

diintegrasikan dengan media sosial, aplikasi mobile, dan situs web pemerintah, memudahkan warga untuk memberikan masukan dan saran tentang berbagai inisiatif dan kebijakan. Teknologi NLP (Natural Language Processing) yang dikembangkan dalam AI dapat digunakan untuk menganalisis komentar dan postingan secara masif, mengekstraksi tema penting, sentimen, dan tren dari data tersebut. Hal ini memungkinkan pembuat kebijakan untuk mendapatkan wawasan yang lebih mendalam tentang opini dan preferensi publik, membantu dalam pembuatan kebijakan yang lebih informasi dan mewakili keinginan masyarakat.

Selain itu, AI dapat digunakan untuk melaksanakan survei dan polling secara lebih efisien. Dengan AI, survei dapat disesuaikan secara otomatis berdasarkan respons awal untuk mengeksplorasi masalah dengan lebih mendalam atau mengklarifikasi masukan yang ambigu. Ini tidak hanya mempercepat proses pengumpulan data tetapi juga meningkatkan kualitas dan relevansi informasi yang diperoleh.

Penggunaan AI juga dapat membantu dalam mengidentifikasi kelompok-kelompok masyarakat yang mungkin kurang terwakili dalam proses kebijakan publik. Dengan menganalisis pola partisipasi dan demografi pengguna, AI dapat membantu pemerintah mengarahkan upaya komunikasi dan keterlibatan ke kelompok-kelompok tertentu, memastikan bahwa suara mereka juga didengar dan diakomodasi.

Pendekatan yang diperkaya AI ini tidak hanya memperkuat partisipasi publik tetapi juga mempromosikan tata kelola yang lebih responsif dan adil. Dengan memanfaatkan teknologi ini, pemerintah dapat membuka pintu bagi bentuk interaksi baru antara warga dan pembuat kebijakan, menjadikan proses pembuatan kebijakan lebih inklusif dan demokratis (Romberg and Escher 2024).

6. Pemantauan dan Evaluasi Berkelanjutan

Pemantauan dan evaluasi berkelanjutan adalah kunci penting dalam memastikan bahwa implementasi kecerdasan buatan (AI) dalam pelayanan publik berjalan efektif dan sesuai dengan standar etis yang telah ditetapkan. Proses ini tidak hanya membantu dalam mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang muncul setelah penerapan AI, tetapi juga memastikan bahwa sistem tersebut tetap relevan dan bermanfaat bagi kebutuhan publik yang terus berubah. Pertama, pemantauan berkelanjutan harus dilakukan untuk menilai kinerja sistem AI secara real-time. Ini mencakup pelacakan efisiensi dan efektivitas AI dalam menjalankan fungsi yang ditugaskan, serta memantau bagaimana sistem ini diterima oleh pengguna dan publik. Monitoring ini memungkinkan pengidentifikasian masalah teknis atau kekurangan dalam desain sistem yang mungkin memengaruhi hasil dan kepuasan pengguna.

Selanjutnya, evaluasi yang berkelanjutan harus dilakukan secara periodik untuk menilai dampak lebih luas dari penerapan AI, termasuk efeknya terhadap kualitas layanan publik, keadilan, dan inklusi. Evaluasi ini sebaiknya melibatkan stakeholder dari berbagai lapisan masyarakat, termasuk warga, ahli etika, teknisi, dan pembuat kebijakan. Pendekatan ini memastikan bahwa berbagai perspektif diperhitungkan, meningkatkan validitas dan keandalan temuan evaluasi. Pemerintah harus juga siap untuk membuat penyesuaian pada sistem AI berdasarkan hasil dari pemantauan dan evaluasi ini. Responsivitas ini

sangat penting untuk memperbaiki kekurangan, mengatasi masalah etis yang mungkin timbul, dan mengadaptasi sistem dengan perubahan kebutuhan atau kondisi. Perbaikan ini mungkin meliputi pengubahan algoritma, pelatihan ulang model dengan data yang lebih representatif, atau bahkan mengubah kerangka kerja pengoperasian sistem untuk meningkatkan keamanan dan privasi data.

Di samping itu, transparansi dalam proses pemantauan dan evaluasi sangat penting untuk membangun dan menjaga kepercayaan publik terhadap penggunaan AI oleh pemerintah. Pemerintah harus berkomitmen untuk secara terbuka berkomunikasi tentang bagaimana AI dipantau, dievaluasi, dan diperbaharui, serta cara masukan dari publik dimasukkan dalam proses tersebut.

Melalui pemantauan dan evaluasi berkelanjutan, pemerintah tidak hanya dapat memastikan bahwa sistem AI mereka beroperasi sesuai dengan harapan dan standar etika, tetapi juga menunjukkan komitmen mereka terhadap tata kelola yang bertanggung jawab dan responsif. Ini merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa teknologi, terutama AI, digunakan untuk meningkatkan kualitas hidup semua warga secara adil dan berkelanjutan.

7. Mengatasi Bias dan Diskriminasi

Mengatasi bias dan diskriminasi dalam algoritma kecerdasan buatan (AI) merupakan tantangan penting yang harus dihadapi pemerintah dalam penggunaannya. Untuk memastikan bahwa AI digunakan secara adil dan tidak memperkuat ketidaksetaraan yang ada, pemerintah perlu mengimplementasikan serangkaian alat dan protokol yang komprehensif.

Salah satu langkah penting adalah penggunaan set data yang beragam dan adil dalam pelatihan AI. Set data harus mencerminkan keragaman demografis dari populasi yang akan dilayani oleh sistem AI tersebut, termasuk berbagai jenis kelamin, ras, etnis, usia, dan latar belakang sosial-ekonomi. Dengan memastikan representasi yang luas dalam data pelatihan, AI lebih mungkin untuk menghasilkan output yang objektif dan tidak bias.

Selanjutnya, pemerintah harus melakukan audit bias secara periodik untuk mengidentifikasi dan mengoreksi prasangka yang mungkin telah tertanam dalam algoritma AI. Audit ini dapat dilakukan oleh tim internal atau oleh pihak ketiga yang independen, dan harus mencakup analisis mendalam tentang cara sistem membuat keputusan, faktor-faktor yang memengaruhi keputusan tersebut, dan dampak keputusan tersebut terhadap berbagai kelompok. Audit ini tidak hanya membantu mengidentifikasi bias, tetapi juga merupakan praktik yang baik untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam penggunaan AI oleh pemerintah.

Untuk mendukung upaya ini, pemerintah juga dapat mengadopsi protokol untuk pengujian rutin terhadap algoritma AI sebelum dan setelah diimplementasikan. Pengujian ini harus memastikan bahwa sistem tidak hanya efektif tetapi juga bebas dari diskriminasi tidak sengaja terhadap kelompok tertentu. Selain itu, pengujian kontinyu ini memungkinkan untuk penyesuaian dan peningkatan berkelanjutan dari sistem AI, menanggapi perubahan dalam data atau dalam konteks sosial yang lebih luas. Selain

intervensi teknis, pemerintah harus mempertimbangkan untuk menyelenggarakan sesi pelatihan dan kesadaran untuk pengembang dan pengguna AI dalam sistem pemerintahan. Pendidikan tentang bias dan diskriminasi dalam AI dan cara menghindarinya dapat meningkatkan kesadaran dan membantu semua pihak terkait dalam mengembangkan dan mengelola solusi AI yang lebih adil dan inklusif.

Melalui kombinasi set data yang beragam, audit bias yang teratur, pengujian yang ketat, dan pendidikan yang efektif, pemerintah dapat memastikan bahwa penggunaan AI dalam layanan publik tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas tetapi juga mempromosikan keadilan dan kesetaraan di antara semua warga (Lloyd 2018).

8. Memastikan Akses dan Keterjangkauan

Memastikan akses dan keterjangkauan ke layanan berbasis kecerdasan buatan (AI) adalah aspek krusial yang harus diprioritaskan oleh pemerintah untuk mendorong inklusivitas dan keadilan dalam penggunaan teknologi. Dalam konteks layanan publik, AI memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan yang disediakan kepada warga, tetapi tantangan aksesibilitas dan affordability dapat menjadi penghalang besar bagi sebagian populasi.

Pertama, pemerintah dapat memperkenalkan subsidi atau dukungan finansial yang memungkinkan individu dari semua latar belakang ekonomi untuk mengakses layanan AI. Ini bisa berupa subsidi langsung atau melalui program yang menawarkan layanan atau perangkat yang diperlukan untuk mengakses teknologi AI dengan harga yang terjangkau. Subsidi ini bisa diarahkan khusus kepada kelompok-kelompok yang lebih rentan atau kurang mampu secara finansial, memastikan bahwa teknologi ini membawa manfaat, bukan menjadi beban tambahan.

Kedua, pemerintah perlu berinvestasi dalam infrastruktur yang memungkinkan akses yang luas ke teknologi AI. Ini mencakup penyediaan koneksi internet berkecepatan tinggi yang terjangkau dan merata di seluruh wilayah, termasuk daerah terpencil dan kurang berkembang. Tanpa infrastruktur dasar yang solid, penggunaan layanan AI akan terbatas hanya pada mereka yang berada di lokasi urban atau wilayah dengan infrastruktur digital yang sudah maju.

Ketiga, untuk meningkatkan keterjangkauan, pemerintah bisa bekerja sama dengan penyedia layanan dan perusahaan teknologi untuk menciptakan model-model layanan AI yang lebih inklusif dan terjangkau. Kerja sama ini dapat mencakup pengembangan aplikasi atau layanan yang dioptimalkan untuk perangkat yang lebih murah atau membutuhkan bandwidth yang lebih rendah, sehingga memungkinkan penggunaan yang lebih luas di kalangan masyarakat yang memiliki keterbatasan akses ke teknologi terbaru.

Keempat, pendidikan dan pelatihan mengenai AI juga sangat penting. Pemerintah harus menyediakan sumber daya pendidikan dan pelatihan yang dapat membantu semua warga memahami dan memanfaatkan potensi penuh dari AI. Ini termasuk menyediakan materi pembelajaran dalam berbagai format dan bahasa yang memudahkan pemahaman, serta program pelatihan yang dapat diakses oleh semua kalangan.

Akhirnya, penting bagi pemerintah untuk terus melakukan dialog dengan masyarakat untuk memahami kebutuhan dan kekhawatiran mereka terkait dengan penggunaan AI. Melalui keterlibatan publik yang berkelanjutan, pemerintah dapat menyesuaikan program dukungan dan pembangunan infrastruktur untuk memastikan bahwa layanan AI bukan hanya tersedia tetapi juga relevan dan bermanfaat bagi seluruh masyarakat.

Dengan memastikan akses dan keterjangkauan, pemerintah tidak hanya akan mendorong pengadopsian teknologi AI yang lebih luas, tetapi juga memastikan bahwa manfaat dari inovasi ini dapat dirasakan oleh semua lapisan masyarakat secara adil dan merata.

Dengan menerapkan strategi-strategi ini, pemerintah dapat memastikan bahwa penggunaan AI dalam tata kelola pemerintahan menjadi lebih efektif, efisien, dan terutama inklusif, memungkinkan semua warga untuk mendapatkan manfaat dari kemajuan teknologi ini.

Best Practice di Negara Lain

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam tata kelola pemerintah yang inklusif telah menunjukkan beberapa praktik terbaik dari berbagai negara di seluruh dunia. Inisiatif-inisiatif ini tidak hanya memperkuat efisiensi dan efektivitas layanan publik, tetapi juga memastikan bahwa teknologi ini diakses secara adil oleh semua segmen masyarakat. Berikut adalah beberapa contoh terbaik dari pemanfaatan AI dalam tata kelola pemerintah di beberapa negara:

1. Estonia

Estonia telah menjadi salah satu pelopor dalam digitalisasi layanan pemerintah. Negara ini telah mengintegrasikan AI dalam berbagai layanan, termasuk perpajakan, kesehatan, dan pendidikan. Program-program AI ini tidak hanya meningkatkan efisiensi layanan tetapi juga mengurangi birokrasi dan membuat layanan pemerintah lebih mudah diakses oleh warga. Estonia juga menerapkan AI untuk meningkatkan partisipasi publik dalam pembuatan kebijakan melalui platform seperti "e-Residency" yang memungkinkan warga non-Estonia melakukan bisnis secara online di Estonia (Ebers and Tupay 2023).

2. Singapura

Singapura telah mengadopsi strategi AI nasional yang mencakup pelatihan AI untuk pekerja pemerintah dan pengembangan solusi AI yang inklusif. Contoh konkretnya adalah penggunaan AI dalam transportasi publik untuk mengoptimalkan rute dan jadwal secara real-time, memperbaiki pengalaman pengguna dan efisiensi. Selain itu, Singapura juga berinvestasi dalam inisiatif seperti "AI Singapore" yang merupakan kerjasama antara pemerintah, industri, dan universitas untuk meningkatkan penelitian AI dan aplikasi praktisnya (Zhang 2021).

3. Finlandia

Finlandia mengakui pentingnya edukasi AI dan telah meluncurkan program untuk mengedukasi seluruh warganya tentang AI secara gratis. Kursus online, yang dikenal sebagai "Elements of AI," bertujuan untuk meningkatkan literasi AI di kalangan umum dan mendorong diskusi etis tentang penggunaan teknologi ini. Program ini juga mendukung upaya pemerintah untuk menerapkan AI dalam cara yang etis dan bertanggung jawab (Luusua and Ylipulli 2021).

4. Kanada

Kanada telah mengembangkan kerangka kerja etika untuk AI yang merupakan panduan bagi penggunaan teknologi ini dalam operasi pemerintahan. Kerangka kerja ini menekankan transparansi, keadilan, dan akuntabilitas, memastikan bahwa aplikasi AI dalam layanan publik dilakukan dengan mempertimbangkan dampak sosial. Kanada juga aktif dalam penelitian AI dan telah menetapkan beberapa institusi penelitian yang bekerja pada aspek teknis dan etis dari AI (Lepage-Richer and McKelvey 2022).

5. Amerika Serikat

Di Amerika Serikat, beberapa lembaga federal telah menerapkan AI untuk berbagai tujuan, dari pengelolaan data kesehatan hingga peningkatan efisiensi energi di bangunan federal. Misalnya, Administrasi Jasa Umum (GSA) menggunakan AI untuk mengoptimalkan operasi bangunan, mengurangi konsumsi energi dan biaya. Di sisi partisipasi publik, beberapa kota telah menggunakan AI untuk memperbaiki interaksi warga dengan layanan kota melalui chatbot dan analisis data terpadu (Lepage-Richer and McKelvey 2022).

Tantangan dan Hambatan

Meskipun kecerdasan buatan (AI) menawarkan banyak peluang untuk meningkatkan tata kelola pemerintah yang inklusif, implementasinya juga menghadapi berbagai tantangan dan hambatan. Beberapa isu utama meliputi:

1. Bias dan Diskriminasi

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam berbagai bidang, termasuk pemerintahan, memang memberikan sejumlah keuntungan yang signifikan, namun potensinya untuk memperkuat bias yang ada menjadi perhatian yang serius jika tidak ditangani dengan tepat. Salah satu risiko utama dari penggunaan AI adalah kemungkinan algoritma yang dilatih dengan data yang mengandung bias, yang pada akhirnya bisa menghasilkan keputusan yang diskriminatif. Misalnya, jika data pelatihan tidak mencerminkan keberagaman populasi atau mengandung prasangka historis, AI dapat secara tidak sengaja memperburuk ketidaksetaraan dengan memilih atau mengeluarkan keputusan yang merugikan kelompok-kelompok tertentu. Implikasi dari hal ini sangat luas, termasuk mengurangi kepercayaan publik terhadap pemerintah. Ketika warga merasa bahwa teknologi yang digunakan oleh pemerintah mempertahankan atau memperkuat ketidakadilan, hal ini dapat menyebabkan kekecewaan dan ketidakpercayaan yang meluas. Kepercayaan ini adalah komponen krusial dalam hubungan antara masyarakat dengan pemerintah; tanpa itu, keefektifan pemerintah dalam menyediakan layanan yang adil dan setara bisa terganggu. Oleh karena itu, sangat penting bagi pengembang AI dan pihak-pihak yang bertanggung jawab dalam pengimplementasiannya untuk memastikan bahwa sistem tersebut dirancang dan dilatih dengan cara yang menghindari pembiakan bias dan mendukung keadilan serta kesetaraan (Malek 2022).

2. Masalah Privasi dan Keamanan Data

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) memang membawa manfaat besar dalam analisis dan pemrosesan data, namun hal ini juga menghadirkan tantangan signifikan dalam hal

privasi dan keamanan data. Pengumpulan data dalam skala besar yang diperlukan untuk pelatihan dan operasional AI menciptakan peluang untuk kebocoran data, penyalahgunaan informasi pribadi, serta serangan siber yang semakin kompleks. Ketika data sensitif yang berkaitan dengan informasi pribadi warga bocor atau disalahgunakan, hal ini tidak hanya mengancam privasi individu tetapi juga dapat mengikis kepercayaan publik terhadap institusi yang menggunakan teknologi ini. Selain itu, serangan siber terhadap sistem yang menyimpan data besar bisa mengganggu operasional penting pemerintahan dan merusak infrastruktur kritis. Oleh karena itu, sangat penting bagi lembaga-lembaga yang menggunakan AI untuk mengimplementasikan langkah-langkah keamanan data yang ketat. Ini termasuk enkripsi data, penggunaan protokol keamanan yang robust, dan penerapan kebijakan privasi yang transparan untuk memastikan bahwa data dikumpulkan, disimpan, dan dianalisis dengan cara yang menghormati hak-hak individu dan menjaga integritas sistem pemerintah. Implementasi langkah-langkah ini merupakan langkah krusial untuk melindungi warga negara dan menjaga integritas serta kepercayaan terhadap sistem pemerintah yang memanfaatkan teknologi AI (Saura, Ribeiro-Soriano, and Palacios-Marqués 2022).

3. Keterbatasan Akses dan Ketidaksetaraan Digital

Ketidaksetaraan dalam akses ke teknologi digital merupakan tantangan besar dalam penerapan kecerdasan buatan (AI) yang efektif dan inklusif. Keterbatasan akses ini terutama dirasakan di daerah terpencil dan kalangan populasi yang kurang mampu, di mana infrastruktur digital seringkali belum memadai atau bahkan tidak tersedia. Tanpa akses ke internet yang stabil dan perangkat digital yang memadai, komunitas-komunitas ini terhalang untuk memanfaatkan layanan yang berbasis AI, yang dapat meningkatkan kualitas hidup melalui peningkatan akses ke informasi, layanan kesehatan yang lebih baik, pendidikan yang lebih efisien, dan banyak lagi. Kesenjangan ini tidak hanya memperlebar jurang digital antara berbagai kelompok masyarakat tetapi juga menghambat kesempatan mereka untuk berpartisipasi dalam kegiatan ekonomi dan sosial yang semakin bergantung pada teknologi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan dan mengimplementasikan strategi yang memperhatikan pemerataan infrastruktur digital, seperti membangun konektivitas internet di daerah terpencil dan menyediakan perangkat teknologi pada harga yang terjangkau. Langkah-langkah seperti ini akan membantu mengurangi ketimpangan dan memastikan bahwa keuntungan yang dibawa oleh teknologi AI dapat dinikmati oleh seluruh lapisan masyarakat secara adil dan merata (Kitsara 2022).

4. Transparansi dan Akuntabilitas

Membangun sistem AI yang transparan dan dapat dipertanggungjawabkan memang merupakan salah satu tantangan terbesar dalam teknologi kecerdasan buatan saat ini. Kesulitan dalam memahami bagaimana keputusan dibuat oleh sistem-sistem ini sering kali disebut sebagai masalah "kotak hitam" AI, dimana proses pengambilan keputusan sulit untuk dilacak atau dipahami baik oleh pengguna maupun pengawas. Ini menjadi masalah serius karena tanpa pemahaman yang jelas mengenai bagaimana keputusan dihasilkan, sangat sulit untuk memverifikasi keadilan, akurasi, dan tidak adanya bias dalam keputusan tersebut.

Kekurangan transparansi ini dapat menimbulkan risiko dalam pengimplementasian AI, termasuk kemungkinan kesalahan yang tidak terdeteksi dan potensi penyalahgunaan teknologi. Untuk mengatasi ini, ada kebutuhan mendesak untuk pengembangan standar dan regulasi yang dapat memandu pembuatan sistem AI yang lebih terbuka dan dapat diinterpretasikan. Ini termasuk penerapan teknik seperti 'explainable AI' (XAI), yang bertujuan untuk membuat algoritma menjadi lebih mudah untuk dijelaskan dalam istilah yang dapat dipahami manusia.

Selain itu, penting juga untuk membangun mekanisme akuntabilitas yang kuat di mana organisasi dan individu yang mengembangkan dan mengoperasikan sistem AI dapat dimintai pertanggungjawaban atas hasil yang dihasilkan oleh sistem mereka. Hal ini termasuk penerapan audit rutin, evaluasi dampak yang dilakukan secara independen, dan pembuatan jalur redresal bagi individu yang merasa dirugikan oleh keputusan yang diambil oleh AI. Dengan demikian, penerapan transparansi dan akuntabilitas tidak hanya membantu meningkatkan kepercayaan publik terhadap AI, tetapi juga memastikan bahwa teknologi ini digunakan dengan cara yang adil dan bertanggung jawab (Larsson and Heintz 2020).

5. Penggantian Tenaga Kerja

Implementasi AI dalam berbagai sektor, termasuk di pemerintahan, memang membawa kekhawatiran akan penggantian tenaga kerja manusia yang bisa menyebabkan ketidakstabilan pekerjaan dan menimbulkan ketidakpuasan di antara pegawai. Meskipun AI menawarkan efisiensi dan peningkatan kapasitas dalam menangani tugas-tugas rutin dan berulang, pengaruhnya terhadap pasar tenaga kerja dapat signifikan, terutama jika tenaga kerja manusia digantikan tanpa ada strategi transisi yang memadai.

Untuk mengatasi potensi masalah ini, pemerintah harus memprioritaskan pengintegrasian AI dengan cara yang melengkapi kemampuan tenaga kerja yang ada, bukan menggantikannya. Hal ini dapat meliputi pelatihan ulang dan pengembangan keterampilan bagi para pekerja pemerintah, sehingga mereka dapat bekerja bersama dengan sistem AI atau beralih ke peran yang lebih strategis yang tidak dapat otomatisasi tangani. Misalnya, pegawai yang sebelumnya menghabiskan banyak waktu untuk tugas administratif yang repetitif dapat dilatih ulang untuk mengambil peran dalam pengawasan.

AI, manajemen data, atau dalam fungsi analitis yang lebih kompleks. Selain itu, penting bagi pemerintah untuk mengadakan dialog sosial yang inklusif antara pemangku kepentingan, termasuk serikat pekerja, perusahaan teknologi, dan lembaga akademis, untuk merumuskan kebijakan yang mendukung transisi pekerjaan yang adil. Kebijakan tersebut harus mencakup jaminan sosial yang kuat dan program dukungan bagi mereka yang mungkin terdampak langsung oleh otomatisasi. Dengan cara ini, integrasi AI dapat dilakukan dengan cara yang tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas layanan publik, tetapi juga mempertahankan stabilitas lapangan kerja dan keharmonisan di tempat kerja (Pérez and Falóico 2019).

6. Keterampilan dan Pelatihan

Investasi dalam pelatihan dan pengembangan keterampilan untuk pegawai pemerintah merupakan aspek krusial dalam memastikan bahwa integrasi teknologi AI dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Kurangnya keterampilan dan pemahaman tentang

AI seringkali menjadi penghambat serius dalam adopsi dan penerapan teknologi ini dalam layanan pemerintahan. Tanpa kecakapan yang memadai, pegawai pemerintah mungkin kesulitan untuk memanfaatkan potensi penuh dari AI, yang pada gilirannya bisa mengurangi efektivitas layanan publik serta kemampuan untuk menghadapi tantangan baru yang ditimbulkan oleh teknologi modern.

Dalam konteks ini, pelatihan tidak hanya harus fokus pada penggunaan teknologi, tetapi juga pada pemahaman konseptual dasar dari AI, termasuk cara kerjanya, aplikasi potensialnya, dan implikasi etis dari penggunaannya. Program pelatihan ini bisa diintegrasikan ke dalam pengembangan profesional berkelanjutan yang ditawarkan kepada pegawai pemerintah, dengan kurikulum yang mencakup dasar-dasar pemrograman AI, analisis data, dan keamanan siber.

Lebih lanjut, pemerintah bisa berkolaborasi dengan universitas dan lembaga pelatihan teknologi untuk mengembangkan kursus yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik administrasi publik. Ini dapat mencakup workshop, seminar, dan bahkan sertifikasi untuk spesialisasi dalam bidang yang berhubungan dengan AI. Mengembangkan kemitraan strategis dengan sektor swasta dan akademik juga bisa memperkaya sumber daya dan pengetahuan yang tersedia untuk pegawai pemerintah.

Selain itu, menciptakan budaya belajar yang berkelanjutan dan inklusif di lingkungan kerja dapat membantu mengurangi ketakutan dan ketidakpastian di antara pegawai mengenai teknologi baru. Dengan mempromosikan mindset yang adaptif terhadap teknologi, pegawai pemerintah bisa lebih terbuka dan responsif terhadap perubahan, sehingga memungkinkan pemerintah untuk lebih agile dalam merespons kebutuhan publik dan tantangan yang muncul.

7. Pengaturan dan Kebijakan

Menciptakan kerangka kerja hukum dan regulasi yang memadai untuk mengatur penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pemerintahan adalah sebuah tantangan kompleks yang membutuhkan perhatian serius. Penting bagi peraturan yang dibuat untuk memastikan bahwa penggunaan AI tidak hanya sejalan dengan hukum yang ada, tetapi juga menghormati norma-norma etika, sambil tetap tidak menghambat inovasi dan perkembangan teknologi.

Regulasi harus dirancang dengan fleksibilitas untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi yang cepat. Ini termasuk memastikan bahwa AI digunakan dalam cara yang transparan dan akuntabel, dengan mekanisme yang jelas untuk pemantauan dan evaluasi dampaknya terhadap masyarakat. Regulasi juga harus mencakup ketentuan tentang privasi dan keamanan data untuk melindungi informasi pribadi warga negara dari penyalahgunaan dan risiko kebocoran.

Lebih jauh, penting untuk menimbang implikasi etis penggunaan AI, seperti bias potensial dalam algoritma dan dampaknya terhadap kelompok-kelompok rentan. Kebijakan harus mencakup pedoman etis yang jelas yang mengatur pengembangan dan implementasi AI, memastikan bahwa semua teknologi yang digunakan tidak hanya efisien tetapi juga adil

dan tidak diskriminatif.

Keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam proses pembuatan kebijakan juga penting. Ini termasuk ahli teknologi, akademisi, pengusaha, pejabat pemerintah, dan masyarakat sipil. Dialog multi-stakeholder dapat membantu dalam menciptakan kebijakan yang seimbang yang mendukung inovasi sambil mengatasi potensi risiko sosial dan etis.

Akhirnya, pemerintah harus juga mempertimbangkan pembentukan badan pengawas independen yang memiliki wewenang untuk meninjau dan mengawasi implementasi AI dalam layanan publik. Badan ini bisa berfungsi sebagai penghubung antara pembuat kebijakan, pengembang teknologi, dan publik, memastikan bahwa semua penggunaan AI dalam pemerintahan tetap terbuka, etis, dan bertanggung jawab. Dengan pendekatan yang hati-hati dan komprehensif, regulasi AI bisa menyeimbangkan antara mempromosikan inovasi dan menjaga keamanan serta keadilan dalam masyarakat.

Masa Depan AI dalam Tata Kelola Pemerintahan yang Inklusif

Di masa depan, AI diharapkan akan semakin memainkan peran penting dalam tata kelola pemerintahan yang inklusif, membawa perubahan signifikan dalam cara pelayanan publik disampaikan dan bagaimana keputusan dibuat. Berikut adalah beberapa tren dan perkembangan yang muncul yang mungkin memengaruhi penggunaan AI dalam pemerintahan:

1. Peningkatan Transparansi dan Akuntabilitas

Ada kecenderungan yang meningkat untuk membuat algoritma AI lebih transparan dan mudah dipahami. Ini akan memungkinkan pemangku kepentingan dan masyarakat umum untuk lebih memahami bagaimana keputusan dibuat oleh AI, sehingga meningkatkan kepercayaan dan akuntabilitas. Teknologi seperti explainable AI (XAI) akan menjadi lebih populer untuk menjelaskan proses keputusan AI dengan cara yang dapat dipahami manusia.

2. Penggunaan AI untuk Pelayanan Publik yang Lebih Personalisasi

AI memiliki potensi untuk membuat pelayanan pemerintah lebih personalisasi dan responsif terhadap kebutuhan individu. Misalnya, AI dapat digunakan untuk menyesuaikan layanan kesehatan, pendidikan, dan layanan sosial berdasarkan data spesifik dari individu atau komunitas, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi layanan.

3. Integrasi AI dengan Internet of Things (IoT) dan Big Data

AI akan terus berintegrasi dengan teknologi lain seperti IoT dan big data untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai sumber dalam skala besar. Hal ini akan memungkinkan pemerintah untuk membuat keputusan yang lebih informatif dan tepat waktu, dari manajemen infrastruktur kota hingga respons bencana dan keamanan publik.

4. Fokus pada Etika dan Keadilan

Seiring dengan peningkatan penggunaan AI, akan ada fokus yang lebih besar pada etika dan keadilan dalam pengembangan dan implementasi AI. Pemerintah akan mungkin menetapkan kebijakan dan regulasi yang lebih ketat untuk mencegah bias, diskriminasi, dan pelanggaran privasi, memastikan bahwa semua warga negara mendapat manfaat dari AI secara adil.

5. Penguatan Keterampilan dan Kapasitas

Akan ada investasi lebih lanjut dalam pelatihan dan pengembangan keterampilan bagi pegawai pemerintah dan masyarakat umum untuk berinteraksi dan bekerja dengan teknologi AI. Inisiatif pendidikan dan pelatihan akan diperluas untuk mencakup literasi data dan AI, mempersiapkan tenaga kerja untuk ekonomi masa depan yang didominasi oleh AI.

6. Pengembangan Infrastruktur Digital yang Lebih Inklusif

Pemerintah akan terus berinvestasi dalam pengembangan dan perluasan infrastruktur digital untuk memastikan bahwa akses ke teknologi AI lebih merata. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kesenjangan digital dan memastikan bahwa semua bagian masyarakat dapat memanfaatkan teknologi ini.

KESIMPULAN

Kecerdasan Buatan (AI) kini menjadi katalis penting dalam mengubah tata kelola pemerintahan menjadi lebih inklusif dan efektif. Penelitian ini menggali secara mendalam bagaimana AI dapat diintegrasikan dalam struktur pemerintahan untuk meningkatkan aksesibilitas dan kualitas layanan publik. Fokus utama dari studi ini adalah pada konsep dan teori dasar AI, pengaruhnya terhadap kebijakan publik, strategi implementasi, serta best practice yang telah diadopsi oleh beberapa negara.. Pertama, penelitian ini mengulas konsep dasar AI termasuk algoritma, pembelajaran mesin, dan aplikasi praktisnya dalam sektor publik. Lebih lanjut, studi ini membahas berbagai strategi penerapan AI, dengan menekankan pada pentingnya kerangka kerja yang inklusif yang memastikan transparansi dan keadilan. Dari best practice, diambil contoh implementasi AI di Singapura dan Estonia, yang telah mengintegrasikan teknologi ini dalam berbagai aspek layanan publik, dari administrasi hingga layanan kesehatan. Namun, implementasi AI tidak tanpa tantangan. Hambatan seperti isu privasi data, risiko pengangguran yang ditingkatkan oleh otomatisasi, dan tantangan integrasi infrastruktur merupakan beberapa isu kritis yang dibahas. Penelitian ini mengevaluasi bagaimana negara-negara mengatasi tantangan ini melalui regulasi yang matang dan dialog sosial yang inklusif. Akhirnya, tulisan ini merumuskan tren masa depan AI dalam tata kelola pemerintah, termasuk potensi pengembangan lebih lanjut dari AI etis dan bertanggung jawab, serta implikasi sosial dan ekonomi dari adopsi AI yang lebih luas. Studi ini bertujuan untuk menyediakan kerangka kerja bagi pemangku kepentingan dalam mengimplementasikan AI secara efektif, menjamin bahwa teknologi mendukung bukan hanya efisiensi, tetapi juga inklusivitas dan keadilan sosial.

Chapter ini menyajikan gambaran menyeluruh tentang peran signifikan yang dimainkan oleh kecerdasan buatan (AI) dalam transformasi tata kelola pemerintahan menjadi lebih inklusif dan efisien. Dari konsep dasar AI hingga aplikasinya dalam praktik pemerintahan, pembahasan mengungkap bagaimana AI bisa meningkatkan kualitas dan aksesibilitas layanan publik.

Poin-Poin Utama

1. Konsep dan Teori Dasar AI: Pembahasan tentang bagaimana AI bekerja, termasuk algoritma dan teknologi pembelajaran mesin, serta relevansinya dalam operasi pemerintahan.

2. Strategi Penerapan: Langkah-langkah yang perlu diambil untuk mengintegrasikan AI dalam tata kelola yang inklusif, termasuk pentingnya pelatihan dan kapasitas sumber daya manusia.
3. Best Practice: Contoh dari beberapa negara yang berhasil mengimplementasikan AI, seperti Singapura dan Estonia, menunjukkan manfaat nyata yang dapat diraih.
4. Tantangan dan Hambatan: Isu-isu kritis seperti privasi, pengangguran, dan integrasi sistem yang perlu ditangani untuk menerapkan AI secara efektif.
5. Tren Masa Depan: Potensi pengembangan AI yang lebih lanjut dalam tata kelola pemerintahan dan dampak sosial serta ekonominya.

Pentingnya Topik Ini

Pembahasan ini penting karena AI memiliki potensi untuk mengubah secara fundamental cara pemerintah beroperasi, meningkatkan transparansi, efisiensi, dan partisipasi publik. Pemahaman yang mendalam tentang AI akan membantu para pembuat kebijakan dan pejabat pemerintah membuat keputusan yang lebih tepat dalam mengadopsi teknologi ini.

Poin-poin Penting

1. Kepentingan mengembangkan kebijakan AI yang etis dan inklusif.
2. Perlunya investasi dalam pelatihan dan pengembangan infrastruktur digital.
3. Keharusan melibatkan masyarakat dan pemangku kepentingan dalam dialog tentang AI.
4. Pengawasan dan evaluasi berkelanjutan dari sistem AI.

Pertanyaan Diskusi

1. Bagaimana pemerintah dapat menyeimbangkan antara implementasi AI dan perlindungan privasi warga?
2. Apa langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengurangi dampak negatif otomatisasi terhadap lapangan pekerjaan?
3. Dalam konteks negara Anda, apa tantangan terbesar yang dihadapi dalam mengadopsi AI dalam pemerintahan?
4. Bagaimana AI dapat digunakan untuk membuat layanan pemerintah lebih inklusif untuk kelompok rentan?
5. Pertanyaan-pertanyaan ini diharapkan akan mendorong pembaca untuk merefleksikan dan menganalisis kembali bagaimana AI dapat diintegrasikan dalam tata kelola pemerintahan mereka, dengan fokus pada penciptaan sistem yang lebih adil, transparan, dan efektif.

SARAN

Untuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam tata kelola yang inklusif dapat memberikan sejumlah rekomendasi strategis untuk memastikan implementasi yang efektif dan etis:

1. Pengembangan Kebijakan AI yang Inklusif dan Transparan

Menyusun kebijakan yang jelas mengenai penggunaan AI, yang mempertimbangkan aspek keadilan, privasi, dan aksesibilitas. Penting bagi Pemerintah DKI Jakarta untuk memastikan bahwa kebijakan ini mengakomodasi kebutuhan semua kelompok masyarakat, khususnya yang rentan dan terpinggirkan.

2. Pelatihan dan Peningkatan Kapasitas SDM

Mengadakan pelatihan terstruktur untuk pegawai pemerintah mengenai aspek-aspek teknis dan etis dari AI. Hal ini akan membangun pemahaman yang lebih baik tentang potensi dan batasan AI, serta mempersiapkan pegawai untuk adaptasi dengan perubahan yang dibawa oleh teknologi ini.

3. Kolaborasi dengan Sektor Swasta dan Akademis

Membangun kemitraan dengan universitas dan industri teknologi untuk mengakses pengetahuan terkini dan sumber daya teknologi. Kerjasama ini juga dapat mendukung pengembangan solusi inovatif yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik Jakarta.

4. Peningkatan Akses dan Infrastruktur Digital

Memperluas infrastruktur digital untuk memastikan akses yang lebih luas terhadap layanan berbasis AI. Ini termasuk meningkatkan konektivitas internet di daerah kurang terlayani dan menyediakan layanan publik digital yang mudah diakses oleh semua lapisan masyarakat.

5. Monitoring dan Evaluasi Berkelanjutan

Menetapkan sistem untuk secara teratur mengevaluasi dampak penggunaan AI dalam layanan publik. Hal ini akan membantu mengidentifikasi masalah, mengukur efektivitas, dan membuat penyesuaian kebijakan yang diperlukan untuk memastikan bahwa implementasi AI tetap berjalan efektif dan inklusif.

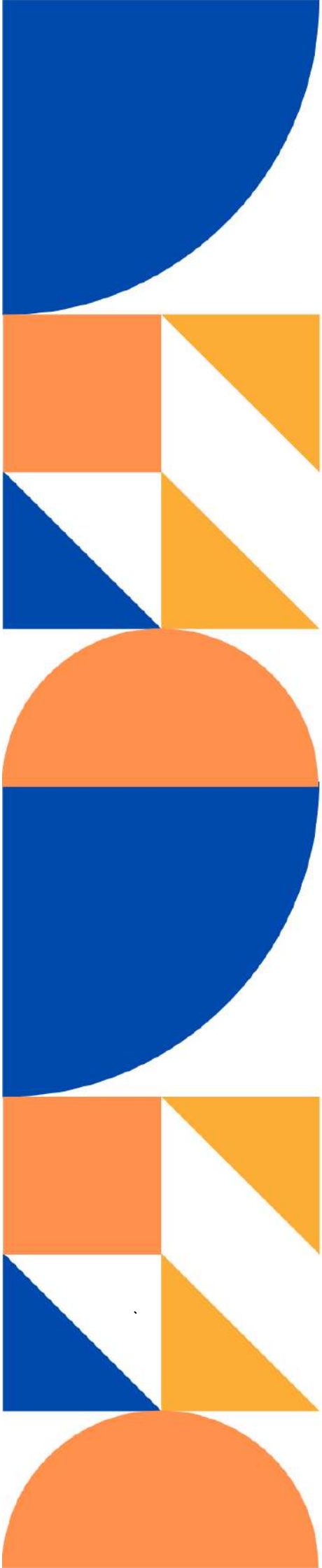
Dengan mempertimbangkan rekomendasi ini, Pemerintah DKI Jakarta dapat memanfaatkan kecerdasan buatan untuk meningkatkan layanan publik sambil memastikan bahwa transformasi teknologi berjalan dengan adil dan inklusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Allam, Zaheer, and Zaynah A. Dhunny. 2019. "On Big Data, Artificial Intelligence and Smart Cities." *Cities* 89:80–91.
- Berryhill, Jamie, Kévin Kok Heang, Rob Clogher, and Keegan McBride. 2019. "Hello, World: Artificial Intelligence and Its Use in the Public Sector."
- Carmichael, Ted, and Mirsad Hadžikadić. 2019. *The Fundamentals of Complex Adaptive Systems*. Springer.
- Cath, Corinne, Sandra Wachter, Brent Mittelstadt, Mariarosaria Taddeo, and Luciano Floridi. 2018. "Artificial Intelligence and the 'Good Society': The US, EU, and UK Approach." *Science and Engineering Ethics* 24:505–28.
- Charles, Vincent, Nripendra P. Rana, and Lemuria Carter. 2022. "Artificial Intelligence for Data-Driven Decision-Making and Governance in Public Affairs." *Government Information Quarterly* 39(4):101742.
- Ebers, Martin, and Paloma Krõõt Tupay. 2023. *Artificial Intelligence and Machine Learning Powered Public Service Delivery in Estonia: Opportunities and Legal Challenges*. Springer.
- Gabriel, Iason. 2022. "Toward a Theory of Justice for Artificial Intelligence." *Daedalus* 151(2):218–31.
- Hogan-Doran, Dominique. 2017. "Computer Says" No": Automation, Algorithms and Artificial Intelligence in Government Decision-Making." Pp. 345–82 in *Judicial Review: Selected Conference Papers: Journal of the Judicial Commission of New South Wales, The*. Vol. 13.
- Jayawant, Shubham. 2016. "Medic: An Artificially Intelligent System to Provide Healthcare Services to Society and Medical Assistance to Doctors." Pp. 1–6 in *2016 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*. IEEE.
- Kitsara, Irene. 2022. "Artificial Intelligence and the Digital Divide: From an Innovation Perspective." Pp. 245–65 in *Platforms and Artificial Intelligence: The Next Generation of Competences*. Springer.
- Korinek, Mr Anton, Mr Martin Schindler, and Joseph Stiglitz. 2021. *Technological Progress, Artificial Intelligence, and Inclusive Growth*. International Monetary Fund.
- Larsson, Stefan, and Fredrik Heintz. 2020. "Transparency in Artificial Intelligence." *Internet Policy Review* 9(2).
- Lepage-Richer, Théo, and Fenwick McKelvey. 2022. "States of Computing: On Government Organization and Artificial Intelligence in Canada." *Big Data & Society* 9(2):20539517221123304.
- Leslie, David. 2019. "Understanding Artificial Intelligence Ethics and Safety." *ArXiv Preprint ArXiv:1906.05684*.
- Lloyd, Kirsten. 2018. "Bias Amplification in Artificial Intelligence Systems." *ArXiv Preprint ArXiv:1809.07842*.
- Luusua, Aale, and Johanna Ylipulli. 2021. "Nordic Cities Meet Artificial Intelligence: City Officials' Views on Artificial Intelligence and Citizen Data in Finland." Pp. 51–

- 60 in *Proceedings of the 10th International Conference on Communities & Technologies-Wicked Problems in the Age of Tech*.
- Malek, Md Abdul. 2022. "Criminal Courts' Artificial Intelligence: The Way It Reinforces Bias and Discrimination." *AI and Ethics* 2(1):233–45.
- Nirala, Krishna Kumar, Nikhil Kumar Singh, and Vinay Shivshanker Purani. 2022. "A Survey on Providing Customer and Public Administration Based Services Using AI: Chatbot." *Multimedia Tools and Applications* 81(16):22215–46.
- Ouyang, Fan, Weiqi Xu, and Mutlu Cukurova. 2023. "An Artificial Intelligence-Driven Learning Analytics Method to Examine the Collaborative Problem-Solving Process from the Complex Adaptive Systems Perspective." *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 18(1):39–66.
- Pérez, Jessica Bayón, and Andrés Jerónimo Arenas Falótico. 2019. "Various Perspectives of Labor and Human Resources Challenges and Changes Due to Automation and Artificial Intelligence." *Academicus* (20):106.
- Rafanelli, Lucia M. 2022. "Justice, Injustice, and Artificial Intelligence: Lessons from Political Theory and Philosophy." *Big Data & Society* 9(1):20539517221080676.
- Rawls, John. 1968. "Distributive Justice: Some Addenda." Pp. 51–71 in *Natural Law Forum*. Vol. 13. Oxford University Press.
- Robbins, Scott, and Aimee van Wynsberghe. 2022. "Our New Artificial Intelligence Infrastructure: Becoming Locked into an Unsustainable Future." *Sustainability* 14(8):4829.
- Romberg, Julia, and Tobias Escher. 2024. "Making Sense of Citizens' Input through Artificial Intelligence: A Review of Methods for Computational Text Analysis to Support the Evaluation of Contributions in Public Participation." *Digital Government: Research and Practice* 5(1):1–30.
- Rossano, Matt J. 2001. "Artificial Intelligence, Religion, and Community Concern." *Zygon®* 36(1):57–75.
- Saura, Jose Ramon, Domingo Ribeiro-Soriano, and Daniel Palacios-Marqués. 2022. "Assessing Behavioral Data Science Privacy Issues in Government Artificial Intelligence Deployment." *Government Information Quarterly* 39(4):101679.
- Sekeroglu, Boran, Kamil Dimililer, and Kubra Tuncal. 2019. "Artificial Intelligence in Education: Application in Student Performance Evaluation." *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores* 7(1).
- Vishwakarma, Laxmi Pandit, and Rajesh Kumar Singh. 2023. "An Analysis of the Challenges to Human Resource in Implementing Artificial Intelligence." Pp. 81–109 in *The Adoption and Effect of Artificial Intelligence on Human Resources Management, Part B*. Emerald Publishing Limited.
- White, Jason J. G. 2022. "Artificial Intelligence and People with Disabilities: A Reflection on Human–Ai Partnerships." *Humanity Driven AI: Productivity, Well-Being, Sustainability and Partnership* 279–310.
- Wischmeyer, Thomas, and Timo Rademacher. 2020. *Regulating Artificial Intelligence*. Vol. 1. Springer.
- Wisskirchen, Gerlind, Blandine Thibault Biacabe, Ulrich Bormann, Annemarie Muntz, Gunda Niehaus, Guillermo Jiménez Soler, and Beatrice von Brauchitsch. 2017.

- “Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace.” *IBA Global Employment Institute* 11(5):49–67.
- Wu, Xiaohui. 2022. “Analysis of Environmental Governance Expense Prediction Reform with the Background of Artificial Intelligence.” *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)* 34(5):1–19.
- Yang, Longzhi, Noe Elisa, and Neil Eliot. 2019. “Privacy and Security Aspects of E-Government in Smart Cities.” Pp. 89–102 in *Smart cities cybersecurity and privacy*. Elsevier.
- Zhang, Xinyuan. 2021. “Analysis of Smart Cities in Singapore Based Artificial Intelligence.” Pp. 73–77 in *2021 IEEE International Conference on Robotics, Automation and Artificial Intelligence (RAAI)*. IEEE.



MODEL HUKUM CYBER SECURITY UNTUK PENINGKATAN KEAMANAN DIGITALISASI TANDA TANGAN DI INDONESIA

**Tri Ginanjar Laksana^{1*}, Prio Kustanto², Wowon
Priatna³, Asep Ramdhani Mahbub⁴**

^{1,2,3,4} Universitas Bhayangkara Jakarta

e-mail: tri.ginanjar.laksana@dsn.ubharajaya.ac.id

PENDAHULUAN

Digitalisasi tanda tangan memiliki kelemahan dan keuntungan. Dengan dunia digital yang semakin terhubung, ancaman keamanan siber meningkat. Karena pencurian identitas, serangan malware, dan peretasan data menjadi ancaman besar bagi keamanan dan integritas tanda tangan digital kita, penting bagi masyarakat memahami risiko yang terkait dengan digitalisasi tanda tangan dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk melindungi aset digital (Dewi & Sukardi, 2023). Keamanan siber adalah serangkaian prosedur, teknologi, dan langkah-langkah yang dimaksudkan untuk melindungi sistem komputer dan jaringan dari ancaman siber (Veronika Asri Tanderirung, Riana T. Mangesa, 2023). Dalam konteks digitalisasi tanda tangan, keamanan siber memastikan bahwa tanda tangan digital tetap aman dan tidak dapat diubah oleh orang yang tidak berwenang. Dalam meningkatkan keamanan tanda tangan digital dan melindungi aset digital dari ancaman dengan menerapkan langkah-langkah keamanan siber yang tepat (Taufik Ramadhan, 2023).

Saat menggunakan tanda tangan digital, masyarakat harus waspada terhadap ancaman keamanan siber umum. Salah satunya adalah serangan malware, di mana perangkat lunak berbahaya dapat digunakan untuk mencuri data atau merusak sistem yang digunakan untuk menghasilkan tanda tangan digital (Setiyawan, 2021). Selain itu, serangan phishing, di mana pelaku mencoba mendapatkan informasi sensitif dengan menyamar sebagai entitas yang dapat dipercaya, juga merupakan ancaman yang serius. Selain itu, serangan DDoS (Distributed Denial of Service) dapat mengganggu sistem tanda tangan digital. Agar dapat melindungi tanda tangan digital dengan lebih baik, penting untuk mengenali dan memahami ancaman-ancaman ini (Lia Catur Muliastuti, 2010). Ada beberapa strategi terbaik yang dapat kita gunakan untuk melindungi tanda tangan digital kita. Pertama, kita harus mengikuti protokol keamanan yang ketat dan menggunakan alat tanda tangan digital yang terpercaya. Selain itu, kita harus memastikan bahwa perangkat lunak keamanan terbaru digunakan untuk melindungi sistem dan perangkat yang digunakan untuk menghasilkan tanda tangan digital kita. Selain itu, menjaga keamanan kata sandi dan menghindari penggunaan kata sandi yang mudah ditebak sangat penting. Selain itu, kita dapat mengenkripsi tanda tangan digital kita untuk menjaga keamanan dan integritasnya (Sri Anggraeini Kusuma Dewi, 2015).

Ada banyak teknologi dan alat yang dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan proses digitalisasi tanda tangan. Misalnya, ada perangkat lunak keamanan yang dibuat khusus untuk mencegah serangan siber dan melindungi tanda tangan digital kita dari hack. Selain itu, teknologi enkripsi dan pemindaian wajah atau sidik jari juga dapat digunakan untuk melindungi tanda tangan digital kita dari orang yang tidak berhak (Bambang Sutiyoso, 2004). Operasi bisnis saat ini sangat dipengaruhi oleh keamanan siber. Dalam dunia yang semakin terhubung secara digital, bisnis harus memastikan bahwa aset digital mereka aman dan terlindungi dari ancaman keamanan siber. Serangan siber dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar, merusak reputasi perusahaan, dan mengganggu operasi bisnis secara keseluruhan. Akibatnya, penting bagi perusahaan untuk mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan keamanan siber mereka dan melindungi aset digital mereka (Veronika Asri Tanderirung, Riana T. Mangesa, 2023).

Dalam meningkatkan keamanan aset digital seharusnya pemerintah dapat membuat kebijakan keamanan yang ketat dan mensosialisasikan kepada masyarakat terkait praktik keamanan yang baik. Selain itu, dapat secara teratur memastikan bahwa menggunakan

perangkat lunak keamanan terbaru dan memperbarui sistem (Liu, 2023). Selain itu, memiliki prosedur pemulihan (Canonica & Sperli, 2023) dan mengadopsi metode keamanan siber yang inovatif dan baru. Oleh karena itu, pemerintah dapat menjamin bahwa tanda tangan digital masyarakat tetap aman dan terlindungi dari ancaman keamanan siber yang terus meningkat (Walters, 2021).

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah kebutuhan akan tanda tangan digital meningkat selama tahun 1990-an karena peningkatan teknologi komputer dan internet. Pada tahun 1991, Phil Zimmermann mengembangkan program Pretty Good Privacy (PGP), yang memungkinkan orang untuk menandatangani dan mengenkripsi pesan digital. Kriptografi, disiplin yang mempelajari cara penyandian dan dekripsi data, muncul pada tahun 1970-an, yang menandai awal sejarah tanda tangan digital. Konsep kunci publik yang diusulkan oleh Whitfield Diffie dan Martin Hellman pada tahun 1976 memungkinkan orang untuk mengirim pesan yang aman tanpa harus bertukar kunci rahasia sebelumnya (Bagus Hanindyo Mantri, 2007). Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Penggunaan Transaksi Elektronik Internasional (UNCITRAL) mengadopsi Model Hukum tentang Transaksi Elektronik pada tahun 1999. Ini memberikan pengakuan internasional untuk tanda tangan digital (Laksana & Mulyani, 2024).

Amerika Serikat mengesahkan Undang-Undang Tanda Tangan Elektronik (Electronic Signatures in Global and National Commerce Act) pada tahun 2000. Undang-undang ini memberikan pengakuan hukum untuk tanda tangan digital di negara tersebut. Sejak saat itu, tanda tangan digital terus meningkat di berbagai industri, seperti perbankan, bisnis, dan pemerintahan. Tanda tangan digital menggantikan kebutuhan untuk tanda tangan fisik pada dokumen penting, memungkinkan proses transaksi elektronik yang aman dan efisien.

Hukum tanda tangan digital di Indonesia diatur dalam Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) yang diperbarui dengan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2024 Tentang Perubahan Kedua Atas Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 Tentang Informasi Dan Transaksi Elektronik. Menurut UU ITE, tanda tangan digital memiliki kekuatan hukum yang sama dengan tanda tangan konvensional jika memenuhi persyaratan tertentu. Persyaratan untuk tanda tangan digital yang sah di Indonesia antara lain: Keaslian: Tanda tangan digital harus dapat mengidentifikasi pihak yang melakukan tanda tangan dan memastikan bahwa tanda tangan tersebut berasal dari pihak yang berwenang. Integritas: Tanda tangan digital harus dapat menjamin bahwa dokumen yang ditandatangani tidak mengalami perubahan atau manipulasi setelah tanda tangan diterapkan. Non-repudiasi: Tanda tangan digital harus dapat mencegah pihak yang melakukan tanda tangan untuk menyangkal tanda tangan tersebut di kemudian hari (Presiden Republik Indonesia, 2017). Selain itu, UU ITE juga mengatur tentang sertifikat elektronik yang digunakan untuk mendukung keabsahan tanda tangan digital. Sertifikat elektronik dikeluarkan oleh Penyelenggara Sertifikasi Elektronik (PSE) yang telah terdaftar di Kementerian Komunikasi dan Informatika. Penting untuk dicatat bahwa hukum tanda tangan digital di Indonesia terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi dan praktik bisnis. Oleh karena itu, penting bagi individu dan perusahaan untuk selalu memperbarui pengetahuan mereka tentang hukum tanda tangan digital dan mengikuti perkembangan terbaru dalam peraturan yang berlaku.

PEMBAHASAN

Memahami Risiko Digitalisasi

Keuntungan digitalisasi tanda tangan juga datang risiko yang serius. Dalam dunia yang semakin terhubung secara digital, ancaman keamanan siber semakin meningkat (Onn et al., 2024). Pencurian identitas, serangan malware, dan peretasan data menjadi ancaman nyata bagi keamanan dan integritas tanda tangan digital kita. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memahami risiko yang terkait dengan digitalisasi tanda tangan dan mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk melindungi aset digital kita (Okafor-yarwood et al., 2024).

Di era digital seperti saat ini, digitalisasi telah menjadi bagian yang penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Dari komunikasi hingga transaksi keuangan, hampir semua hal dilakukan melalui platform digital. Namun, dengan manfaat yang datang dengan digitalisasi juga ada risiko yang terkait dengannya. Risiko pertama yang harus kita pahami adalah risiko keamanan. Dengan semakin banyaknya data yang disimpan dan ditransfer secara digital, ancaman terhadap keamanan informasi menjadi semakin nyata. Hacker dan peretas dapat mencuri data sensitif seperti nomor kartu kredit dan informasi pribadi lainnya. Selain itu, serangan malware dan virus juga dapat merusak sistem komputer dan mengakses data yang disimpan di dalamnya. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk menjaga keamanan data pribadi kita dengan menggunakan perangkat lunak keamanan yang andal dan menghindari berbagi informasi pribadi dengan entitas yang tidak dapat dipercaya.

Digitalisasi juga dapat meningkatkan risiko kehilangan pekerjaan. Dengan adanya otomatisasi dan robotika, banyak pekerjaan manusia yang dapat digantikan oleh mesin. Hal ini dapat menyebabkan pengangguran massal dan ketidaksetaraan ekonomi yang lebih besar (Zhang, 2021). Oleh karena itu, penting bagi kita untuk mengembangkan keterampilan yang relevan dengan ekonomi digital agar dapat bersaing dalam pasar kerja yang semakin kompetitif. Risiko berikutnya yang harus dipertimbangkan adalah risiko privasi. Dalam era digital, privasi menjadi semakin sulit untuk dipertahankan. Dengan adanya media sosial dan platform online lainnya, banyak informasi pribadi kita yang dapat diakses oleh publik. Selain itu, perusahaan dan pemerintah juga dapat mengumpulkan data kita secara massal untuk keperluan analisis dan pemasaran. Oleh karena itu, kita harus bijaksana dalam membagikan informasi pribadi kita secara online dan memahami kebijakan privasi yang diberlakukan oleh platform digital yang kita gunakan.

Digitalisasi juga dapat meningkatkan risiko ketergantungan. Banyak dari kita telah menjadi sangat tergantung pada teknologi digital untuk melakukan tugas sehari-hari. Jika infrastruktur digital mengalami gangguan atau mati, hal ini dapat mengganggu aktivitas kita dan bahkan membuat kita tidak dapat melakukan pekerjaan yang penting. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memiliki rencana cadangan dan mempertimbangkan risiko potensial yang dapat disebabkan oleh ketergantungan kita pada teknologi digital. Dalam menghadapi risiko-risiko di atas, penting bagi kita untuk memahami dan mengelola risiko digitalisasi dengan bijaksana. Ini termasuk meningkatkan keamanan data pribadi kita, mengembangkan keterampilan yang relevan dalam ekonomi digital, menjaga privasi kita, dan memiliki rencana cadangan yang efektif. Hanya dengan sikap yang tanggap terhadap risiko yang terkait dengan digitalisasi, kita dapat menggunakan teknologi ini dengan bijaksana dan memaksimalkan manfaatnya dalam kehidupan kita sehari-hari.

Memahami risiko digitalisasi sangat penting karena perubahan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat dapat memberikan manfaat besar tetapi juga membawa risiko yang signifikan. Berikut adalah beberapa risiko umum yang terkait dengan digitalisasi: Keamanan Informasi: Kehilangan Data: Risiko kehilangan data atau pelanggaran keamanan dapat terjadi akibat serangan siber, kegagalan sistem, atau kesalahan manusia. Serangan Siber: Ancaman seperti malware, ransomware, dan serangan phishing dapat mengancam keamanan data dan sistem. Privasi: Penyalahgunaan Data Pribadi: Dalam era digital, banyak informasi pribadi yang disimpan secara online. Risiko penyalahgunaan data pribadi, seperti identitas palsu atau pencurian identitas, dapat meningkat. Ketidakpatuhan Regulasi: Ketidaksesuaian Hukum: Peraturan seperti GDPR di Uni Eropa atau peraturan data lokal dapat menimbulkan risiko jika suatu organisasi tidak mematuhi standar keamanan dan privasi yang ditetapkan. Ketidakstabilan Sistem: Kegagalan Teknologi: Sistem yang tidak stabil atau sering mengalami gangguan dapat menyebabkan kerugian finansial dan reputasi. Ketergantungan pada Teknologi: Gangguan Pasokan Teknologi: Ketergantungan pada pemasok teknologi tertentu dapat meningkatkan risiko jika terjadi masalah dengan pasokan atau dukungan teknologi.

Kesenjangan Keahlian: Ketidaksesuaian Karyawan: Pemahaman dan keterampilan yang kurang pada tingkat organisasi atau individu dapat meningkatkan risiko keamanan dan efisiensi. Risiko Reputasi: Media Sosial dan Publikasi Online: Sebuah peristiwa yang merugikan secara digital dapat dengan cepat menyebar di media sosial, merugikan reputasi organisasi. Ketidakpastian Teknologi Masa Depan: Perubahan Teknologi yang Cepat: Kemajuan teknologi yang cepat dapat menyebabkan usangnya infrastruktur atau sistem yang baru diimplementasikan. Risiko Finansial: Investasi yang Tidak Menguntungkan: Proyek digitalisasi yang mahal dan tidak berhasil dapat menyebabkan kerugian finansial. Serangan Terhadap Internet of Things (IoT): Keamanan IoT: Peningkatan penggunaan perangkat IoT dapat memberikan celah keamanan jika tidak dilindungi dengan baik. Untuk mengelola risiko digitalisasi, organisasi perlu mengimplementasikan strategi keamanan informasi yang kuat, melibatkan semua pihak terkait, dan terus memantau perkembangan teknologi serta perubahan regulasi. Selain itu, penting untuk memiliki rencana pemulihan bencana dan kebijakan keamanan yang diperbarui secara berkala.

Keamanan Siber dan Peranannya dalam Melindungi Aset Digital

Keamanan siber adalah serangkaian praktik, teknologi, dan langkah-langkah yang dirancang untuk melindungi sistem komputer dan jaringan dari ancaman siber (Deni Ahmad, 2018). Dalam konteks digitalisasi tanda tangan, keamanan siber memainkan peran penting dalam melindungi aset digital kita. Keamanan siber memastikan bahwa tanda tangan digital kita tetap aman dan tidak dapat dimanipulasi oleh pihak yang tidak berwenang. Dengan menerapkan langkah-langkah keamanan siber yang tepat, kita dapat meningkatkan keamanan tanda tangan digital dan melindungi aset digital kita dari ancaman (Veronika Asri Tanderirung, Riana T. Mangesa, 2023).

Keamanan Siber dan Perannya dalam Melindungi Aset Digital di dunia yang berteknologi maju saat ini, aset digital telah menjadi tulang punggung banyak industri dan organisasi. Mulai dari lembaga keuangan hingga lembaga pemerintah, dunia usaha sangat bergantung pada keamanan dan integritas aset digital mereka. Namun, dengan meningkatnya prevalensi ancaman siber, kebutuhan akan langkah-langkah keamanan siber yang kuat menjadi semakin

penting. Keamanan siber mengacu pada praktik melindungi informasi digital dari akses, penggunaan, pengungkapan, gangguan, modifikasi, atau penghancuran yang tidak sah. Ini mencakup berbagai teknik dan strategi yang bertujuan untuk melindungi aset digital dari serangan dunia maya dan menjaga kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan informasi. Peran keamanan siber dalam melindungi aset digital tidak bisa dilebih-lebihkan.

Dengan semakin canggih dan terorganisirnya penjahat dunia maya, dunia usaha menghadapi ancaman yang terus berkembang. Mulai dari serangan ransomware hingga pelanggaran data, konsekuensi dari tindakan keamanan siber yang tidak memadai bisa menjadi bencana besar. Salah satu aspek kunci keamanan siber adalah pencegahan dan deteksi ancaman siber. Hal ini melibatkan penerapan firewall, sistem deteksi intrusi, dan perangkat lunak antivirus untuk mengidentifikasi dan memblokir aktivitas berbahaya. Selain itu, penilaian kerentanan rutin dan pengujian penetrasi sangat penting dalam mengidentifikasi kelemahan dalam sistem dan mengatasinya sebelum kelemahan tersebut dapat dieksploitasi. Selain itu, keamanan siber juga memainkan peran penting dalam memastikan privasi data sensitif. Dengan meningkatnya digitalisasi informasi pribadi, melindungi data pribadi dan keuangan adalah hal yang paling penting. Enkripsi data, mekanisme otentikasi yang aman, dan protokol komunikasi yang aman adalah beberapa teknik yang digunakan untuk melindungi informasi pribadi dari akses yang tidak sah. Selain itu, keamanan siber juga mencakup respons dan pemulihan insiden. Meskipun sudah ada upaya pencegahan terbaik, organisasi masih bisa menjadi korban serangan siber.

Dalam kasus seperti ini, rencana respon insiden yang terdefinisi dengan baik dapat membantu meminimalkan kerusakan dan memulihkan operasi normal dengan cepat. Pencadangan rutin, rencana pemulihan bencana, dan latihan tanggap insiden sangat penting dalam memitigasi dampak serangan siber. Kesimpulannya, keamanan siber merupakan bagian integral dari infrastruktur digital organisasi mana pun. Ini memainkan peran penting dalam melindungi aset digital dari ancaman dunia maya dan memastikan stabilitas dan kelangsungan operasi. Dengan semakin canggihnya penjahat dunia maya, organisasi harus memprioritaskan keamanan siber dan berinvestasi pada langkah-langkah dan teknologi yang kuat untuk melindungi aset digital mereka. Hanya dengan melakukan hal ini kita dapat menjamin keamanan dan integritas dunia digital kita.

Keamanan siber adalah serangkaian langkah-langkah yang diambil untuk melindungi sistem, jaringan, perangkat, dan data dari ancaman siber. Dengan meningkatnya digitalisasi, peran keamanan siber menjadi semakin krusial dalam melindungi aset digital. Berikut adalah beberapa aspek peran keamanan siber dalam melindungi aset digital: Perlindungan terhadap Ancaman Malware: Keamanan siber berperan dalam mencegah, mendeteksi, dan menghilangkan malware seperti virus, worm, dan trojan yang dapat merusak atau mencuri data. Proteksi terhadap Serangan Phishing: Keamanan siber membantu melindungi dari serangan phishing yang mencoba mendapatkan informasi sensitif dengan menyamar sebagai entitas tepercaya melalui email atau situs web palsu. Manajemen Identitas dan Akses: Keamanan siber membantu dalam memastikan bahwa hanya orang yang berwenang yang memiliki akses ke sistem dan data tertentu, mengurangi risiko pencurian identitas dan akses yang tidak sah.

Enkripsi Data: Keamanan siber mempromosikan penggunaan teknologi enkripsi untuk melindungi data saat transit dan saat disimpan, sehingga sulit diakses oleh pihak yang tidak berwenang bahkan jika data tersebut direbut. Firewall dan Proteksi Jaringan: Penggunaan firewall dan perangkat lunak proteksi jaringan membantu mencegah akses yang tidak sah ke

jaringan dan sistem, memberikan lapisan pertahanan ekstra. Pemantauan Keamanan: Keamanan siber melibatkan pemantauan terus-menerus terhadap aktivitas jaringan dan sistem untuk mendeteksi potensi serangan atau anomali yang mencurigakan. Manajemen Keamanan Patch dan Pembaruan: Menjaga perangkat lunak dan sistem operasi tetap diperbarui adalah bagian penting dari keamanan siber untuk mengatasi kerentanan keamanan yang dapat dieksploitasi oleh penyerang. Pendidikan dan Pelatihan Keamanan: Keamanan siber berperan dalam meningkatkan kesadaran keamanan di antara pengguna melalui pelatihan dan edukasi untuk menghindari tindakan yang dapat membahayakan keamanan.

Manajemen Risiko: Keamanan siber membantu dalam mengidentifikasi dan mengelola risiko keamanan yang mungkin timbul dari berbagai sumber, termasuk kelemahan sistem dan tindakan pengguna. Pemulihan Bencana dan Keberlanjutan Operasional: Keamanan siber tidak hanya berfokus pada pencegahan, tetapi juga pada rencana pemulihan bencana dan keberlanjutan operasional untuk mengatasi dampak dari serangan atau kejadian keamanan yang tidak diinginkan. Dengan memahami peran penting keamanan siber ini, organisasi dapat mengurangi risiko serangan siber dan melindungi aset digital mereka dengan lebih efektif. Implementasi praktik keamanan siber yang baik adalah bagian integral dari strategi bisnis modern.

Ancaman Keamanan Siber Umum pada Tanda Tangan Digital

Tanda tangan digital adalah salah satu inovasi teknologi yang telah membawa keuntungan besar bagi berbagai sektor di dunia. Namun, di balik manfaatnya yang luar biasa, terdapat juga ancaman keamanan siber yang dapat membahayakan penggunaan tanda tangan digital. Salah satu ancaman yang paling umum adalah pencurian identitas. Dalam konteks tanda tangan digital, pencurian identitas dapat terjadi ketika pihak yang tidak berwenang memperoleh akses ke dokumen yang ditandatangani secara digital oleh individu atau organisasi (Dian Islami, 2021). Hal ini dapat mengakibatkan kerugian finansial dan kesulitan hukum bagi pihak yang menjadi korban pencurian identitas. Selain itu, ada juga ancaman terhadap integritas dokumen yang ditandatangani secara digital. Dokumen yang ditandatangani digital dapat dimanipulasi dengan mudah oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Mereka dapat mengubah isi dokumen tanpa sepengetahuan atau izin pemilik asli, yang dapat mengakibatkan kerugian serius bagi pihak yang bersangkutan.

Ancaman keamanan siber juga dapat berasal dari serangan phishing atau serangan malware. Pihak yang jahat dapat membuat situs web palsu atau mengirimkan email palsu yang bertujuan untuk mencuri informasi pribadi atau akses ke sistem pengguna. Serangan semacam ini dapat memberikan akses yang tidak sah ke tanda tangan digital dan dapat digunakan untuk aktivitas ilegal atau merugikan. Untuk melindungi diri dari ancaman keamanan siber ini, ada beberapa langkah yang dapat diambil. Pertama, pengguna harus memastikan bahwa mereka menggunakan platform yang aman dan terpercaya untuk melakukan tanda tangan digital. Hal ini melibatkan pemilihan penyedia jasa yang terpercaya dan menggunakan perangkat dan aplikasi yang aman.

Kedua, pengguna harus waspada terhadap email dan situs web yang mencurigakan. Jangan mengklik tautan yang mencurigakan atau memasukkan informasi pribadi di situs yang tidak diketahui keasliannya. Lebih baik untuk memverifikasi keaslian email atau situs web melalui sumber yang dapat dipercaya sebelum berinteraksi dengan mereka. Terakhir, penting bagi pengguna untuk menjaga keamanan perangkat mereka. Pembaruan keamanan yang teratur,

penggunaan kata sandi yang kuat, dan instalisasi perangkat lunak keamanan yang dapat diandalkan adalah langkah-langkah yang harus diambil untuk melindungi diri dari ancaman keamanan siber. Pada akhirnya, tanda tangan digital adalah sebuah kemajuan teknologi yang penting. Namun, penting juga bagi pengguna untuk memahami dan mengelola ancaman keamanan siber yang terkait dengannya. Dengan langkah-langkah yang tepat, tanda tangan digital dapat digunakan dengan aman dan membawa manfaat yang besar bagi individu dan organisasi.

Tanda tangan digital adalah metode autentikasi elektronik yang menggunakan kunci kriptografi untuk memberikan kepercayaan terhadap keaslian dan integritas informasi digital. Meskipun tanda tangan digital memberikan tingkat keamanan yang tinggi, ada beberapa ancaman keamanan siber umum yang dapat memengaruhi keefektifan dan keandalan tanda tangan digital. Berikut adalah beberapa ancaman tersebut: Kunci Pribadi yang Tidak Aman: Ancaman terhadap tanda tangan digital dapat berasal dari pencurian atau penggunaan tidak sah kunci pribadi yang digunakan untuk membuat tanda tangan. Jika kunci pribadi jatuh ke tangan yang salah, itu dapat mengakibatkan penyalahgunaan identitas dan tanda tangan palsu.

Serangan Man-in-the-Middle (MITM): Dalam serangan MITM, seorang penyerang dapat menyusupkan diri di antara dua entitas yang berkomunikasi, memungkinkan mereka untuk mencuri atau memodifikasi tanda tangan digital tanpa sepengetahuan pihak yang terlibat. Pencurian Kredensial: Ancaman ini terkait dengan pencurian username dan password atau kredensial kriptografi yang digunakan untuk menghasilkan tanda tangan digital. Jika kredensial tersebut jatuh ke tangan yang salah, tanda tangan digital dapat diretas. Pencurian atau Penggantian Sertifikat: Sertifikat digital digunakan dalam proses tanda tangan digital. Ancaman dapat muncul jika sertifikat tersebut dicuri, atau jika penyerang berhasil menggantinya dengan sertifikat palsu. Kerentanan Algoritma Kriptografi: Jika terjadi penemuan kerentanan dalam algoritma kriptografi yang digunakan untuk membuat tanda tangan digital, hal ini dapat dimanfaatkan oleh penyerang untuk merusak keamanan tanda tangan.

Serangan Brute Force: Serangan brute force melibatkan upaya untuk menebak kunci pribadi yang digunakan untuk membuat tanda tangan digital dengan mencoba semua kemungkinan kombinasi. Semakin panjang dan kuat kunci, semakin sulit untuk dilakukan serangan brute force. Penggunaan Sertifikat Tidak Sah: Penggunaan sertifikat digital yang tidak sah atau yang sudah kadaluwarsa dapat mengakibatkan tanda tangan digital dianggap tidak valid. Phishing dan Sosial Engineering: Ancaman ini melibatkan upaya penipuan untuk memperoleh kredensial atau informasi kunci yang dapat digunakan untuk membuat tanda tangan digital palsu. Pemalsuan Identitas: Ancaman pemalsuan identitas dapat terjadi jika entitas atau individu tertentu mampu memanipulasi atau mencuri informasi identitas yang diperlukan untuk membuat tanda tangan digital.

Ketidakpatuhan terhadap Standar Keamanan: Jika entitas tidak mengikuti praktik keamanan yang baik atau tidak mematuhi standar keamanan yang berlaku, ini dapat meningkatkan risiko terhadap ancaman keamanan siber terkait tanda tangan digital. Untuk mengatasi ancaman-ancaman ini, penting untuk mengimplementasikan praktik keamanan yang ketat, seperti melindungi kunci pribadi dengan baik, menggunakan sertifikat dari otoritas sertifikasi terpercaya, dan secara teratur memperbarui dan memonitor sistem keamanan. Selain itu, kesadaran dan pendidikan mengenai ancaman keamanan siber juga menjadi kunci dalam menjaga keamanan tanda tangan digital.

Ada beberapa ancaman keamanan siber umum yang perlu kita waspadai ketika kita menggunakan tanda tangan digital. Salah satunya adalah serangan malware, di mana perangkat lunak berbahaya dapat digunakan untuk mencuri data atau merusak sistem yang digunakan untuk menghasilkan tanda tangan digital. Selanjutnya, serangan phishing juga merupakan ancaman yang serius, di mana penyerang mencoba untuk mendapatkan informasi sensitif dengan menyamar sebagai entitas tepercaya. Selain itu, serangan DDoS (Distributed Denial of Service) juga dapat menyebabkan gangguan pada sistem tanda tangan digital kita. Penting bagi kita untuk mengenali dan memahami ancaman-ancaman ini agar kita dapat melindungi tanda tangan digital kita dengan lebih efektif.

Praktik Terbaik untuk Mengamankan Tanda Tangan Digital

Dalam melindungi tanda tangan digital kita, ada beberapa praktik terbaik yang dapat kita ikuti. Pertama, kita harus menggunakan solusi tanda tangan digital yang tepercaya dan mengikuti protokol keamanan yang ketat. Selain itu, kita juga harus memastikan bahwa perangkat dan sistem yang digunakan untuk menghasilkan tanda tangan digital kita dilindungi secara memadai dengan perangkat lunak keamanan terbaru (Pitchan & Omar, 2019). Selain itu, penting bagi kita untuk menjaga keamanan kata sandi dan menghindari penggunaan kata sandi yang mudah ditebak. Lebih lanjut, kita juga dapat mengenkripsi tanda tangan digital kita untuk menjaga keamanan dan integritasnya.

Tanda tangan digital adalah salah satu inovasi teknologi yang telah membawa keuntungan besar bagi berbagai sektor di dunia. Namun, di balik manfaatnya yang luar biasa, terdapat juga ancaman keamanan siber yang dapat membahayakan penggunaan tanda tangan digital. Salah satu ancaman yang paling umum adalah pencurian identitas. Dalam konteks tanda tangan digital, pencurian identitas dapat terjadi ketika pihak yang tidak berwenang memperoleh akses ke dokumen yang ditandatangani secara digital oleh individu atau organisasi. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian finansial dan kesulitan hukum bagi pihak yang menjadi korban pencurian identitas. Selain itu, ada juga ancaman terhadap integritas dokumen yang ditandatangani secara digital. Dokumen yang ditandatangani digital dapat dimanipulasi dengan mudah oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Mereka dapat mengubah isi dokumen tanpa sepengetahuan atau izin pemilik asli, yang dapat mengakibatkan kerugian serius bagi pihak yang bersangkutan.

Ancaman keamanan siber juga dapat berasal dari serangan phishing atau serangan malware. Pihak yang jahat dapat membuat situs web palsu atau mengirimkan email palsu yang bertujuan untuk mencuri informasi pribadi atau akses ke sistem pengguna. Serangan semacam ini dapat memberikan akses yang tidak sah ke tanda tangan digital dan dapat digunakan untuk aktivitas ilegal atau merugikan. Untuk melindungi diri dari ancaman keamanan siber ini, ada beberapa langkah yang dapat diambil. Pertama, pengguna harus memastikan bahwa mereka menggunakan platform yang aman dan tepercaya untuk melakukan tanda tangan digital. Hal ini melibatkan pemilihan penyedia jasa yang tepercaya dan menggunakan perangkat dan aplikasi yang aman. Kedua, pengguna harus waspada terhadap email dan situs web yang mencurigakan. Jangan mengklik tautan yang mencurigakan atau memasukkan informasi pribadi di situs yang tidak diketahui keasliannya. Lebih baik untuk memverifikasi keaslian email atau situs web melalui sumber yang dapat

dipercaya sebelum berinteraksi dengan mereka. Terakhir, penting bagi pengguna untuk menjaga keamanan perangkat mereka. Pembaruan keamanan yang teratur, penggunaan kata sandi yang kuat, dan instalasi perangkat lunak keamanan yang dapat diandalkan adalah langkah-langkah yang harus diambil untuk melindungi diri dari ancaman keamanan siber.

Pada akhirnya, tanda tangan digital adalah sebuah kemajuan teknologi yang penting. Namun, penting juga bagi pengguna untuk memahami dan mengelola ancaman keamanan siber yang terkait dengannya. Dengan langkah-langkah yang tepat, tanda tangan digital dapat digunakan dengan aman dan membawa manfaat yang besar bagi individu dan organisasi. Mengamankan tanda tangan digital melibatkan implementasi berbagai praktik keamanan untuk memastikan integritas, autentikasi, dan kerahasiaan data yang terlibat dalam proses tanda tangan digital. Berikut adalah beberapa praktik terbaik untuk mengamankan tanda tangan digital:

Pilih Otoritas Sertifikasi (CA) Terpercaya: Gunakan sertifikat digital dari otoritas sertifikasi yang terpercaya. Ini memastikan bahwa proses penerbitan sertifikat dilakukan dengan standar keamanan yang tinggi. **Lindungi Kunci Pribadi:** Kunci pribadi yang digunakan untuk membuat tanda tangan digital harus disimpan secara aman. Gunakan perangkat keras keamanan atau media penyimpanan yang terenkripsi untuk melindungi kunci pribadi. **Ketahui dan Terapkan Algoritma Kriptografi yang Aman:** Pilih algoritma kriptografi yang aman dan sesuai dengan standar keamanan. Selalu perbarui ke versi algoritma yang lebih kuat jika ada kerentanan yang ditemukan. **Gunakan Kunci dengan Panjang yang Cukup:**

Gunakan kunci kriptografi dengan panjang yang cukup untuk meningkatkan keamanan. Kunci yang lebih panjang umumnya lebih sulit untuk dipecahkan dengan serangan brute force. **Rencanakan dan Kelola Sertifikat dengan Baik:** Rencanakan proses manajemen sertifikat dengan baik, termasuk pembaruan secara berkala dan penggantian sertifikat yang sudah kadaluwarsa. **Pemantauan dan manajemen yang baik mengurangi risiko keamanan.** **Enkripsi Data Selama Transit dan Penyimpanan:** Selalu gunakan enkripsi untuk melindungi data saat transit (data yang sedang dipindahkan antara entitas) dan saat penyimpanan (data yang disimpan dalam sistem atau server). **Lakukan Validasi dan Verifikasi Tanda Tangan:** Selalu validasi dan verifikasi tanda tangan digital sebelum mempercayainya. Pastikan bahwa sertifikat dan kunci publik yang terkait dapat diverifikasi dan bahwa tanda tangan belum kadaluwarsa.

Implementasikan Proteksi terhadap Serangan Man-in-the-Middle: Lindungi tanda tangan digital dari serangan Man-in-the-Middle (MITM) dengan menggunakan protokol yang aman, seperti HTTPS, dan dengan mengimplementasikan mekanisme validasi dan verifikasi yang kuat. **Lakukan Pemantauan Keamanan Secara Teratur:** Pemantauan keamanan secara teratur membantu mendeteksi aktivitas mencurigakan atau serangan potensial. **Gunakan solusi keamanan siber yang dapat memberikan peringatan dini terhadap ancaman.** **Beri Pendidikan dan Pelatihan Keamanan:** Tingkatkan kesadaran keamanan di antara pengguna dan pihak yang terlibat dalam proses tanda tangan digital. Berikan pelatihan keamanan siber dan informasi mengenai praktik terbaik yang harus diikuti.

Terapkan Kontrol Akses yang Kuat: Terapkan kontrol akses yang ketat untuk mencegah akses yang tidak sah ke kunci pribadi dan sertifikat. Hanya pihak yang berwenang yang seharusnya memiliki akses ke materi kunci. Lakukan Pemulihan Bencana: Persiapkan rencana pemulihan bencana yang mencakup langkah-langkah untuk mengatasi kejadian yang dapat merusak kunci pribadi, sertifikat, atau data tanda tangan digital. Dengan mengikuti praktik-praktik ini, organisasi dapat meningkatkan tingkat keamanan tanda tangan digital dan melindungi integritas dan autentikasinya.

Alat dan Teknologi untuk Meningkatkan Keamanan dalam Digitalisasi

Ada banyak alat dan teknologi yang tersedia untuk meningkatkan keamanan dalam proses digitalisasi tanda tangan. Misalnya, ada perangkat lunak keamanan yang dirancang khusus untuk melindungi tanda tangan digital dan mencegah serangan siber (Dian Islami, 2021). Selain itu, teknologi enkripsi juga dapat digunakan untuk melindungi tanda tangan digital kita dari akses yang tidak sah. Selain itu, ada juga teknologi biometrik seperti pemindaian sidik jari atau pemindaian wajah yang dapat digunakan untuk mengautentikasi tanda tangan digital kita dengan lebih aman.

Ketika bisnis semakin bergantung pada teknologi digital untuk menyederhanakan operasi mereka, pentingnya keamanan siber dalam melindungi data sensitif menjadi hal yang sangat penting. Di era keterhubungan ini, penting bagi dunia usaha untuk menyadari potensi risiko yang ditimbulkan oleh ancaman siber dan mengambil tindakan proaktif untuk menjaga operasional mereka. Pembahasan ini bertujuan untuk menjelaskan dampak keamanan siber terhadap operasional bisnis di Indonesia, menyoroti potensi konsekuensi serangan siber, dan langkah-langkah yang dapat diambil oleh dunia usaha untuk memitigasi risiko tersebut. Munculnya era digital telah memberikan banyak peluang bagi dunia usaha untuk memperkuat kehadiran pasar dan memperluas jangkauan mereka. Namun, selain peluang-peluang tersebut, terdapat juga risiko inheren yang harus diatasi oleh dunia usaha.

Seiring dengan kemajuan teknologi, penjahat dunia maya menjadi lebih canggih dalam metode mereka, menggunakan teknik canggih untuk menyusup ke jaringan dan mencuri informasi berharga. Hal ini menimbulkan ancaman yang signifikan terhadap operasional bisnis, karena hilangnya atau disusupnya data sensitif dapat berdampak buruk pada reputasi, kepercayaan pelanggan, dan pada akhirnya, keuntungan mereka. Salah satu dampak langsung serangan siber adalah terganggunya operasional bisnis. Ketika pelanggaran terjadi, bisnis sering kali mengalami downtime saat mereka berusaha memitigasi kerusakan dan memulihkan sistem mereka. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan, tidak hanya dalam hal pendapatan tetapi juga biaya pemulihan dari serangan tersebut dan penerapan langkah-langkah keamanan yang ditingkatkan.

Selain itu, kerusakan reputasi yang disebabkan oleh serangan dunia maya dapat berdampak jangka panjang pada bisnis. Pelanggan, mitra, dan investor mungkin kehilangan kepercayaan terhadap kemampuan perusahaan dalam melindungi data mereka, sehingga menyebabkan hilangnya kepercayaan dan potensi peluang bisnis. Selain dampak langsung terhadap finansial dan reputasi, serangan siber juga dapat menimbulkan dampak hukum dan peraturan bagi dunia usaha. Di Indonesia, pemerintah telah memberlakukan berbagai peraturan perundang-undangan untuk menjamin perlindungan data pribadi dan mencegah kejahatan dunia maya. Kegagalan untuk mematuhi peraturan ini dapat mengakibatkan denda yang

besar, perselisihan hukum, dan bahkan tuntutan pidana.

Oleh karena itu, penting bagi dunia usaha untuk tidak hanya berinvestasi pada langkah-langkah keamanan siber yang kuat namun juga memastikan bahwa langkah-langkah tersebut mematuhi undang-undang dan peraturan yang berlaku. Untuk memitigasi risiko yang ditimbulkan oleh ancaman siber, dunia usaha harus mengadopsi pendekatan proaktif terhadap keamanan siber. Hal ini termasuk berinvestasi pada sistem keamanan tingkat lanjut, memperbarui perangkat lunak dan perangkat keras secara berkala, dan menerapkan program pelatihan karyawan untuk meningkatkan kesadaran keamanan siber. Selain itu, dunia usaha harus melakukan penilaian risiko secara rutin untuk mengidentifikasi potensi kerentanan dalam sistem mereka dan mengembangkan rencana yang dapat ditindaklanjuti untuk mengatasinya.

Dengan menerapkan langkah-langkah ini, dunia usaha dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya serangan siber dan meminimalkan potensi kerusakan jika hal tersebut terjadi. Kesimpulannya, dampak keamanan siber terhadap operasional bisnis di Indonesia tidak bisa dilebih-lebihkan. Ketika bisnis semakin bergantung pada teknologi digital, mereka menjadi lebih rentan terhadap ancaman dunia maya. Konsekuensi dari serangan dunia maya dapat berkisar dari kerusakan finansial dan reputasi hingga dampak hukum. Untuk menjaga operasional mereka, dunia usaha harus memprioritaskan keamanan siber dan menerapkan langkah-langkah proaktif untuk memitigasi risiko. Dengan melakukan hal ini, mereka dapat memastikan perlindungan data sensitif, menjaga kepercayaan pelanggan, dan menjaga kesuksesan jangka panjang mereka dalam lanskap bisnis yang semakin digital.

Dampak Keamanan Siber pada Operasi Bisnis

Keamanan siber memiliki dampak yang signifikan pada operasi bisnis saat ini. Dalam dunia yang semakin terhubung secara digital, bisnis harus memastikan bahwa aset digital mereka tetap aman dan terlindungi dari ancaman keamanan siber. Serangan siber dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar, merusak reputasi bisnis, dan mengganggu operasi bisnis secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting bagi bisnis untuk mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk meningkatkan keamanan siber mereka dan melindungi aset digital mereka.

Ketika bisnis semakin bergantung pada teknologi digital untuk menyederhanakan operasi mereka, pentingnya keamanan siber dalam melindungi data sensitif menjadi hal yang sangat penting. Di era keterhubungan ini, penting bagi dunia usaha untuk menyadari potensi risiko yang ditimbulkan oleh ancaman siber dan mengambil tindakan proaktif untuk menjaga operasional mereka. Pembahasan ini bertujuan untuk menjelaskan dampak keamanan siber terhadap operasional bisnis di Indonesia, menyoroti potensi konsekuensi serangan siber, dan langkah-langkah yang dapat diambil oleh dunia usaha untuk memitigasi risiko tersebut. Munculnya era digital telah memberikan banyak peluang bagi dunia usaha untuk memperkuat kehadiran pasar dan memperluas jangkauan mereka. Namun, selain peluang-peluang tersebut, terdapat juga risiko inheren yang harus diatasi oleh dunia usaha.

Seiring dengan kemajuan teknologi, penjahat dunia maya menjadi lebih canggih dalam metode mereka, menggunakan teknik canggih untuk menyusup ke jaringan dan mencuri informasi berharga. Hal ini menimbulkan ancaman yang signifikan terhadap operasional bisnis, karena hilangnya atau disusupnya data sensitif dapat berdampak buruk pada reputasi, kepercayaan pelanggan, dan pada akhirnya, keuntungan mereka. Salah satu dampak

langsung serangan siber adalah terganggunya operasional bisnis. Ketika pelanggaran terjadi, bisnis sering kali mengalami downtime saat mereka berusaha memitigasi kerusakan dan memulihkan sistem mereka. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan, tidak hanya dalam hal pendapatan tetapi juga biaya pemulihan dari serangan tersebut dan penerapan langkah-langkah keamanan yang ditingkatkan.

Selain itu, kerusakan reputasi yang disebabkan oleh serangan dunia maya dapat berdampak jangka panjang pada bisnis. Pelanggan, mitra, dan investor mungkin kehilangan kepercayaan terhadap kemampuan perusahaan dalam melindungi data mereka, sehingga menyebabkan hilangnya kepercayaan dan potensi peluang bisnis. Selain dampak langsung terhadap finansial dan reputasi, serangan siber juga dapat menimbulkan dampak hukum dan peraturan bagi dunia usaha. Di Indonesia, pemerintah telah memberlakukan berbagai peraturan perundang-undangan untuk menjamin perlindungan data pribadi dan mencegah kejahatan dunia maya. Kegagalan untuk mematuhi peraturan ini dapat mengakibatkan denda yang besar, perselisihan hukum, dan bahkan tuntutan pidana.

Oleh karena itu, penting bagi dunia usaha untuk tidak hanya berinvestasi pada langkah-langkah keamanan siber yang kuat namun juga memastikan bahwa langkah-langkah tersebut mematuhi undang-undang dan peraturan yang berlaku. Untuk memitigasi risiko yang ditimbulkan oleh ancaman siber, dunia usaha harus mengadopsi pendekatan proaktif terhadap keamanan siber. Hal ini termasuk berinvestasi pada sistem keamanan tingkat lanjut, memperbarui perangkat lunak dan perangkat keras secara berkala, dan menerapkan program pelatihan karyawan untuk meningkatkan kesadaran keamanan siber. Selain itu, dunia usaha harus melakukan penilaian risiko secara rutin untuk mengidentifikasi potensi kerentanan dalam sistem mereka dan mengembangkan rencana yang dapat ditindaklanjuti untuk mengatasinya.

Dengan menerapkan langkah-langkah ini, dunia usaha dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya serangan siber dan meminimalkan potensi kerusakan jika hal tersebut terjadi. Kesimpulannya, dampak keamanan siber terhadap operasional bisnis di Indonesia tidak bisa dilebih-lebihkan. Ketika bisnis semakin bergantung pada teknologi digital, mereka menjadi lebih rentan terhadap ancaman dunia maya. Konsekuensi dari serangan dunia maya dapat berkisar dari kerusakan finansial dan reputasi hingga dampak hukum. Untuk menjaga operasional mereka, dunia usaha harus memprioritaskan keamanan siber dan menerapkan langkah-langkah proaktif untuk memitigasi risiko. Dengan melakukan hal ini, mereka dapat memastikan perlindungan data sensitif, menjaga kepercayaan pelanggan, dan menjaga kesuksesan jangka panjang mereka dalam lanskap bisnis yang semakin digital.

Langkah-langkah untuk Meningkatkan Keamanan Aset Digital Anda

Ada beberapa langkah yang dapat Anda ambil untuk meningkatkan keamanan aset digital Anda. Pertama, pastikan Anda memiliki kebijakan keamanan yang ketat dan mengedukasi karyawan Anda tentang praktik keamanan yang baik. Selain itu, pastikan Anda menggunakan perangkat lunak keamanan terbaru dan memperbarui sistem Anda secara teratur. Selain itu, penting untuk memiliki proses pemulihan bencana yang baik untuk menghadapi kemungkinan serangan siber. Dengan mengambil langkah-langkah ini, Anda dapat meningkatkan keamanan aset digital Anda dan mengurangi risiko ancaman keamanan siber. Di era digital ini, melindungi aset berharga kita menjadi semakin penting. Dengan meningkatnya ketergantungan pada teknologi digital, penting bagi individu dan bisnis untuk mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan keamanan aset digital mereka. Pada pembahasan ini

ini, kami akan membahas beberapa langkah efektif yang dapat diambil untuk meningkatkan keamanan aset digital Anda. Pertama dan terpenting, penting untuk menggunakan kata sandi yang kuat dan unik untuk semua akun digital Anda. Kata sandi yang lemah mudah ditebak dan mudah dibobol oleh penjahat dunia maya. Oleh karena itu, disarankan untuk menggunakan kombinasi huruf besar dan kecil, angka, dan karakter khusus pada kata sandi Anda. Selain itu, penting untuk menghindari penggunaan kata sandi yang sama untuk banyak akun. Dengan cara ini, jika salah satu akun Anda disusupi, akun lainnya akan tetap aman.

Langkah penting lainnya untuk meningkatkan keamanan aset digital Anda adalah dengan mengaktifkan otentikasi dua faktor (2FA) bila memungkinkan. 2FA menambahkan lapisan keamanan ekstra dengan mengharuskan pengguna memberikan bentuk verifikasi kedua, seperti kode yang dikirim ke perangkat seluler mereka, selain kata sandi mereka. Hal ini secara signifikan mempersulit peretas untuk mendapatkan akses tidak sah ke akun Anda, meskipun mereka berhasil mendapatkan kata sandi Anda. Memperbarui perangkat lunak dan aplikasi Anda secara rutin juga penting dalam meningkatkan keamanan aset digital Anda. Pembaruan perangkat lunak sering kali menyertakan patch keamanan penting yang mengatasi kerentanan yang dapat dieksploitasi oleh penjahat dunia maya.

Oleh karena itu, penting untuk memeriksa pembaruan secara rutin dan menginstalnya segera setelah tersedia. Hal ini tidak hanya berlaku pada sistem operasi dan perangkat lunak antivirus, namun juga pada browser web, klien email, dan aplikasi lain yang sering Anda gunakan. Mencadangkan data Anda secara teratur adalah langkah penting lainnya dalam melindungi aset digital Anda. Jika terjadi pelanggaran keamanan atau kehilangan data, memiliki cadangan terkini dapat membantu Anda memulihkan data dan meminimalkan potensi kerusakan. Disarankan untuk membuat beberapa cadangan dan menyimpannya di lokasi berbeda, seperti hard drive eksternal atau layanan penyimpanan cloud. Hal ini memastikan data Anda aman meskipun terjadi kerusakan fisik atau pencurian.

Mendidik diri Anda sendiri tentang ancaman keamanan umum dan mempraktikkan kebiasaan online yang aman juga penting dalam meningkatkan keamanan aset digital Anda. Penjahat dunia maya terus berevolusi dan menggunakan teknik baru untuk mengeksploitasi kerentanan. Dengan tetap mendapat informasi dan waspada terhadap ancaman terbaru, Anda dapat mengambil tindakan proaktif untuk melindungi diri dan aset Anda. Hal ini termasuk berhati-hati saat membuka email dari pengirim yang tidak dikenal, menghindari mengklik tautan yang mencurigakan, dan berhati-hati saat mengunduh file dari sumber yang tidak dapat dipercaya. Kesimpulannya, mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan keamanan aset digital Anda sangatlah penting di era digital saat ini. Dengan menggunakan kata sandi yang kuat dan unik, mengaktifkan autentikasi dua faktor, memperbarui perangkat lunak secara rutin, mencadangkan data, dan mempraktikkan kebiasaan online yang aman, Anda dapat secara signifikan mengurangi risiko menjadi korban penjahat dunia maya. Menginvestasikan waktu dan upaya untuk mengamankan aset digital Anda sekarang dapat menyelamatkan Anda dari potensi sakit kepala dan kerugian finansial di masa depan. Ingat, mencegah selalu lebih baik daripada mengobati dalam hal keamanan digital.

Masa Depan Keamanan Siber dalam Melindungi Tanda Tangan Digital

Masa depan keamanan siber sangat penting dalam melindungi tanda tangan digital. Dalam dunia yang semakin terhubung secara digital, ancaman keamanan siber terus berkembang dan semakin kompleks. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk terus mengembangkan dan mengadopsi teknologi keamanan siber yang baru dan inovatif. Dengan demikian, kita dapat

memastikan bahwa tanda tangan digital kita tetap aman dan terlindungi dari ancaman keamanan siber yang terus berkembang. Dalam era digital yang semakin maju, tanda tangan digital telah menjadi metode yang populer dan efektif dalam memvalidasi identitas dan keaslian dokumen elektronik. Tanda tangan digital ini memungkinkan pengguna untuk mengesahkan dan menjaga integritas dokumen mereka secara online. Namun, dengan perkembangan teknologi yang cepat, keamanan tanda tangan digital juga menjadi semakin penting. Salah satu masalah utama dalam keamanan tanda tangan digital adalah potensi ancaman peretas. Para peretas ini secara aktif mencoba mencuri atau memalsukan tanda tangan digital untuk keuntungan pribadi mereka. Oleh karena itu, perlindungan terhadap tanda tangan digital menjadi agenda penting dalam keamanan siber yang berkembang pesat.

Salah satu langkah yang penting dalam melindungi tanda tangan digital adalah dengan menggunakan algoritma kriptografi yang kuat. Algoritma ini adalah salah satu cara efektif untuk melindungi tanda tangan digital dari serangan peretas. Dengan menggunakan algoritma kriptografi yang kuat, dokumen yang ditandatangani secara digital dapat menjadi lebih aman dari potensi ancaman peretas. Selain itu, penggunaan sertifikat digital juga dapat meningkatkan keamanan tanda tangan digital. Sertifikat digital berisi informasi yang digunakan untuk memastikan keaslian dan integritas tanda tangan digital. Dengan menggunakan sertifikat digital yang valid, tanda tangan digital dapat menjadi lebih aman dan terlindungi dari tindakan peretas. Algoritma kriptografi dan sertifikat digital, perkembangan teknologi blockchain juga memiliki potensi untuk membawa keamanan tanda tangan digital ke tingkat yang lebih tinggi. Blockchain adalah sistem yang didistribusikan dan terdesentralisasi yang mencatat semua transaksi dengan aman. Dalam konteks tanda tangan digital, teknologi blockchain dapat digunakan untuk mencatat semua tanda tangan digital sehingga sulit bagi peretas untuk memalsukannya. Ini dapat menghilangkan kesenjangan keamanan dalam melindungi tanda tangan digital. Namun, meskipun ada berbagai langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan keamanan tanda tangan digital, faktor manusia juga memainkan peran krusial. Edukasi mengenai pentingnya menjaga kerahasiaan tanda tangan digital dan menghindari berbagi informasi pribadi dengan pihak yang tidak bertanggung jawab sangat penting. Pengguna juga perlu belajar bagaimana mengidentifikasi dan melaporkan upaya pemalsuan tanda tangan digital.

Dalam kesimpulannya, masa depan keamanan tanda tangan digital sangat penting dalam era digital yang terus berkembang. Dengan menggunakan algoritma kriptografi yang kuat, sertifikat digital yang valid, dan kemungkinan perkembangan teknologi blockchain, tanda tangan digital dapat menjadi lebih aman dan terlindungi dari serangan peretas. Namun, penting juga bagi pengguna untuk mendapatkan edukasi dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga kerahasiaan tanda tangan digital mereka. Dengan langkah-langkah ini, masa depan keamanan tanda tangan digital menjadi lebih cerah dan dapat diandalkan dalam era digital yang semakin maju. Masa depan keamanan siber dalam melindungi tanda tangan digital akan terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan perubahan ancaman siber. Beberapa tren dan inovasi yang mungkin memainkan peran kunci dalam melindungi tanda tangan digital di masa depan melibatkan: Keamanan Kuantum: Pengembangan komputer kuantum dapat memperkenalkan tantangan baru dan solusi keamanan. Algoritma kriptografi kuantum seperti Quantum Key Distribution (QKD) dapat memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi daripada algoritma kriptografi klasik. Blockchain untuk Tanda Tangan Digital: Penggunaan teknologi blockchain untuk menyimpan dan mengelola tanda tangan digital dapat memberikan keamanan tambahan. Blockchain dapat memberikan keamanan dan integritas yang tinggi karena sifat terdistribusi dan tidak dapat dimanipulasi.

Biometrik untuk Otentikasi: Integrasi teknologi biometrik, seperti sidik jari, pemindaian retina, atau pengenalan wajah, dapat digunakan sebagai lapisan tambahan dalam proses otentikasi untuk meningkatkan keamanan tanda tangan digital. **Kecerdasan Buatan (AI) dan Analisis Tingkah Laku:** Penggunaan kecerdasan buatan untuk menganalisis pola perilaku pengguna dan mendeteksi anomali dapat membantu mengidentifikasi tanda tangan digital yang mencurigakan atau aktivitas yang tidak biasa. **Pengembangan Standar Keamanan Baru:** Berkembangnya teknologi memerlukan standar keamanan yang terus diperbarui. Pengembangan standar baru untuk melindungi tanda tangan digital dan memastikan keamanan informasi akan terus menjadi fokus industri keamanan siber. **Penelitian Keamanan Kriptografi:** Penelitian terus dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi kerentanan dalam algoritma kriptografi yang digunakan dalam tanda tangan digital. Penemuan baru dalam kriptografi dapat membantu meningkatkan keamanan. **Pembaruan dan Manajemen Pembaruan Otomatis:** Sistem otomatis untuk memastikan pembaruan keamanan terbaru diterapkan secara konsisten pada perangkat dan perangkat lunak yang terlibat dalam tanda tangan digital.

Keamanan Perangkat Seluler dan Internet of Things (IoT): Seiring dengan peningkatan penggunaan perangkat seluler dan perangkat IoT, keamanan pada tingkat perangkat harus dipertimbangkan secara serius dalam melindungi tanda tangan digital. **Penyebaran 5G dan Edge Computing:** Penyebaran 5G dan edge computing membawa tantangan baru dan peluang keamanan. Keamanan pada tingkat jaringan dan perangkat yang lebih tinggi menjadi semakin penting dalam lingkungan ini. **Pendidikan Keamanan Siber:** Pendidikan dan kesadaran keamanan siber akan terus menjadi faktor kunci dalam melindungi tanda tangan digital. Pelatihan keamanan siber yang terus-menerus akan membantu melibatkan pengguna dalam praktik keamanan yang baik. Penting untuk diingat bahwa sementara teknologi terus berkembang, penjahat siber juga akan mencari cara baru untuk melancarkan serangan. Oleh karena itu, pendekatan yang holistik dan terpadu terhadap keamanan siber tetap menjadi kunci untuk melindungi tanda tangan digital dan data digital secara umum.

KESIMPULAN

Tanda tangan digital telah muncul sebagai komponen penting dalam lanskap digital kontemporer. Di tengah sebagian besar transaksi terjadi melalui internet, tanda tangan digital sangat penting dalam memverifikasi dan mengonfirmasi keaslian dokumen dan informasi. Tanda tangan digital memungkinkan untuk menghindari ketidaknyamanan dan biaya yang terkait dengan prosedur penandatanganan tradisional sekaligus mempercepat operasi bisnis secara keseluruhan. Namun demikian, keuntungan dari digitalisasi tanda tangan juga mempunyai bahaya yang signifikan. Dengan meningkatnya interkonektivitas dunia digital, frekuensi serangan keamanan siber pun meningkat. Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian doktrinal dengan menggunakan kerangka hukum dan filosofis. Dokumen hukum yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sumber primer, sekunder, dan tersier. Bahan hukum teknis dikumpulkan melalui observasi literatur (penelitian dokumenter) dan penelusuran online. Penelitian ini menyimpulkan bahwa, masyarakat harus menyadari bahaya digitalisasi tanda tangan dan menerapkan langkah-langkah penting untuk meningkatkan keamanan dan menjaga aset digital kita hal yang penting. Dengan mematuhi protokol keamanan yang optimal dan menggunakan alat dan teknologi yang sesuai, hal tersebut dapat menjamin terjaganya integritas dan kerahasiaan tanda tangan digital, sekaligus memastikan elemen proses digitalisasi yang baik.

Dalam era digitalisasi yang semakin maju, perlindungan aset digital kita menjadi semakin penting. Tanda tangan digital adalah salah satu aset digital yang perlu dilindungi dengan baik. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk mengenali risiko yang terkait dengan digitalisasi tanda tangan dan mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk meningkatkan keamanan dan melindungi aset digital kita. Dengan menerapkan praktik terbaik keamanan siber dan menggunakan alat dan teknologi yang tepat, kita dapat memastikan bahwa tanda tangan digital kita tetap aman dan terlindungi, dan bahwa proses digitalisasi berjalan dengan lancar.

Pentingnya keamanan tanda tangan digital dapat diuraikan dalam beberapa kesimpulan kunci:

- Otentikasi Identitas: Tanda tangan digital memberikan cara untuk otentikasi identitas dalam dunia digital. Dengan menggunakan kunci kriptografi, tanda tangan digital dapat dipastikan bahwa pesan atau dokumen berasal dari sumber yang sah.
- Integritas Data: Tanda tangan digital membantu memastikan integritas data dengan memberikan mekanisme untuk memverifikasi bahwa data tidak diubah selama proses transmisi atau penyimpanan. Hal ini penting untuk menjaga keabsahan informasi dalam transaksi elektronik dan komunikasi online.
- Perlindungan terhadap Pemalsuan: Tanda tangan digital sulit untuk dipalsukan karena ketergantungan pada kunci kriptografi yang kuat. Ini membantu mencegah pemalsuan dokumen atau transaksi, mengurangi risiko penipuan dan kecurangan dalam lingkungan digital.
- Kepatuhan Hukum: Dalam banyak yurisdiksi, tanda tangan digital memiliki kekuatan hukum yang sama dengan tanda tangan konvensional. Dengan mematuhi standar keamanan dan regulasi yang berlaku, tanda tangan digital dapat digunakan untuk membuat kontrak dan dokumen resmi lainnya secara sah.
- Efisiensi dan Kemudahan: Penggunaan tanda tangan digital mempercepat proses transaksi dan komunikasi, mengurangi kebutuhan akan tanda tangan fisik atau dokumen kertas. Ini meningkatkan efisiensi bisnis dan memberikan kemudahan akses dalam lingkungan digital yang terus berkembang.
- Pentingnya Perlindungan Privasi: Tanda tangan digital juga memainkan peran penting dalam perlindungan privasi dengan menyediakan metode untuk melindungi informasi sensitif. Dengan mengenkripsi data dan menggunakan kunci pribadi, tanda tangan digital membantu menjaga kerahasiaan pesan atau dokumen.

Dengan demikian, keamanan tanda tangan digital sangat penting dalam memfasilitasi kepercayaan dan keandalan dalam transaksi dan komunikasi online, serta menjaga integritas dan keaslian data digital.

SARAN

Rekomendasi kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, berikut adalah beberapa rekomendasi tentang pentingnya keamanan tanda tangan digital:

1. Penggunaan Tanda Tangan Digital dalam Proses Administratif: Mendorong penggunaan tanda tangan digital dalam proses administratif pemerintah, seperti

pembuatan dan penandatanganan kontrak, perizinan, dan dokumen resmi lainnya. Ini akan meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam berbagai transaksi dan kegiatan pemerintahan.

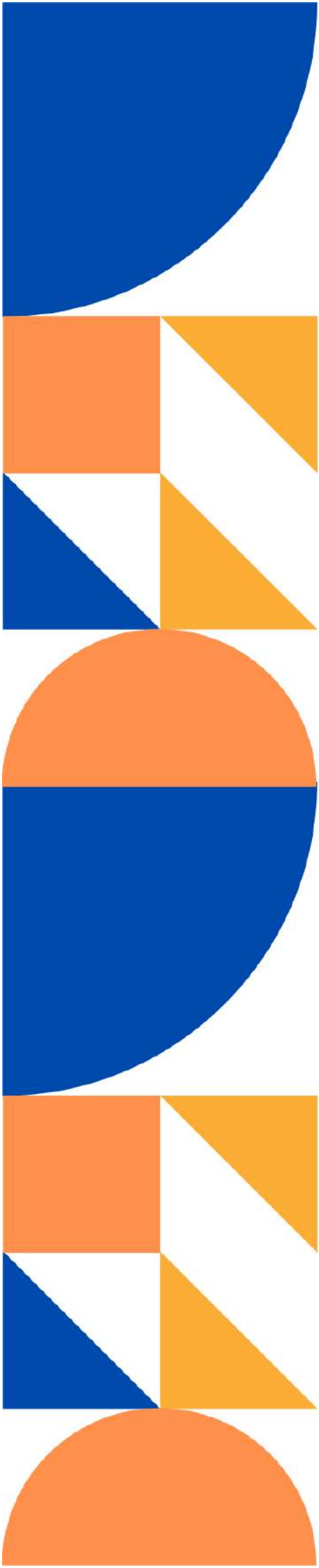
2. **Pelatihan dan Kesadaran:** Mengadakan pelatihan dan program kesadaran untuk staf pemerintah tentang pentingnya keamanan tanda tangan digital. Ini akan membantu meningkatkan pemahaman tentang cara menggunakan tanda tangan digital secara aman dan efektif dalam pekerjaan sehari-hari.
3. **Kerjasama dengan Lembaga Kepolisian dan Otoritas Keamanan:** Berkolaborasi dengan lembaga kepolisian dan otoritas keamanan untuk memastikan keamanan infrastruktur teknologi informasi yang mendukung penggunaan tanda tangan digital. Ini termasuk penggunaan teknologi enkripsi yang kuat dan perlindungan terhadap serangan siber.
4. **Pematuhan terhadap Standar Keamanan:** Memastikan pematuhan terhadap standar keamanan yang berlaku dalam penggunaan tanda tangan digital, seperti standar PKI (Public Key Infrastructure) dan regulasi perlindungan data pribadi. Hal ini akan membantu menjaga tingkat keamanan yang tinggi dalam penggunaan tanda tangan digital.
5. **Kampanye Pendidikan Publik:** Mengadakan kampanye pendidikan publik tentang manfaat dan pentingnya keamanan tanda tangan digital bagi masyarakat umum. Ini akan membantu meningkatkan kesadaran tentang penggunaan tanda tangan digital sebagai alat yang aman dan efisien dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari.

Dengan menerapkan rekomendasi ini, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dapat memastikan bahwa penggunaan tanda tangan digital di lingkungan pemerintahan dan masyarakat lebih aman, efisien, dan sesuai dengan standar keamanan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagus Hanindyo Mantri. (2007). Legal Protection for Consumers in E-Commerce Transactions. *Thesis for the Master of Law Program at Diponegoro University, Semarang*, 1–88.
- Bambang Sutiyo. (2004). Penyelesaian Sengketa Bisnis Melalui Online Dispute Resolution dan Pemberlakuannya di Indonesia. *Jurnal Mimbar Hukum*, 20(Hukum Bisnis), 230–240.
- Canonico, R., & Sperli, G. (2023). *Computers & Security Industrial cyber-physical systems protection : A methodological review*. 135(October). <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103531>
- Deni Ahmad, D. A. P. (2018). *Cybersecurity Policy from a Multistakeholder Perspective* (D. B.U (ed.); 1st ed.).
- Dewi, N. M. T., & Sukardi, N. M. R. (2023). Kekuatan Hukum Tanda Tangan Digital Dalam Pembuktian Sengketa Perdata Menurut Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 Tentang Informasi Dan Transaksi *Jurnal Ilmiah ...*, 1(1), 1–23. <http://www.ejournal.universitasmahendradatta.ac.id/index.php/raadkertha/article/view/927>
- Dian Islami. (2021). Contextual Analysis of Egypt's 2017 - 2021 Cyber Security Strategy in National Cyber Security Efforts. *Pendidikan, Sejarah, Dan Ilmu - Ilmu Sosial*, 5(1), 159–170.
- Laksana, T. G., & Mulyani, S. (2024). Basic Knowledge: Early Identification, Detection of Cyber Crime Attacks to Prevent Company Data Breaches. *Jurnal Ilmiah Multidisplin*, 3(1), 109–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.56127/jukim.v3i01.1143>
- Lia Catur Muliastuti. (2010). Perlindungan Hukum Bagi Para Pihak Dalam Perjanjian Jual Beli Melalui Media Internet. *Tesis Program Studi Magister Kenotariatan Program Pascasarjana Universitas Diponogoro*, 1–133.
- Liu, Z. Q. (2023). Secure Cooperative Path Following of Autonomous Surface Vehicles Under Cyber and Physical Attacks. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 8(6), 3680–3691. <https://doi.org/10.1109/TIV.2023.3270266>
- Okafor-yarwood, I., Eastwood, O., Chikowore, N., & Oliveira, L. De. (2024). Technology and maritime security in Africa : Opportunities and challenges in Gulf of Guinea. *Marine Policy*, 160(November 2023), 105976. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105976>
- Onn, K., Ge, M., Bai, G., & Dongseong, D. (2024). Computers & Security IoTSecSim : A framework for modelling and simulation of security in Internet of things. *Computers & Security*, 136(August 2023), 103534. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103534>
- Pitchan, M. A., & Omar, S. Z. (2019). *Dasar Keselamatan Siber Malaysia : Tinjauan Terhadap Kesedaran Netizen dan Undang-Undang Cyber Security Policy : Review on Netizen Awareness and Laws*. 35(1), 103–119.
- Presiden Republik Indonesia. (2017). Revisi Undang - Undang ITE No. 11 Tahun 2008 Pada Tahun 2017. *Pemerintahan Indonesia*, 2(Revisi UU ITE), 1–3.
- Setiawan, R. (2021). Indonesian Online Shopping Practices in the COVID- 19 Pandemic Era : A Study of Culture and Cyber. *Jurnal Hukum Novelty*, 12(01), 29–44.
- Sri Anggraeini Kusuma Dewi. (2015). Perjanjian Jual Beli Barang Melalui Elektronik e-Commerce. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Informasia ASIA (JITIKA)*, 9(Hukum Bisnis), 1–5.
- Taufik Ramadhan, B. P. (2023). Analysis of Information Security Awareness Level: Case Study of Digital Banking Application Users in Indonesia to Prevent Social Engineering. *Syntax Idea*, 5(1), 86–97.

- Veronika Asri Tanderirung, Riana T. Mangesa, S. (2023). Pengenalan Cyber Security Bagi Siswa Sekolah Menengah Atas. *Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 89–94.
- Walters, R. (2021). Cyber Security, Artificial Intelligence, Data Protection & the Law. In *Cyber Security, Artificial Intelligence, Data Protection & the Law*. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-1665-5>



SELF-SERVICE ANALYTICS UNTUK PELAYANAN PUBLIK PEMPROV JAKARTA YANG LEBIH BAIK: POTENSI DAN TANTANGAN

**Akhmad Unggul P^{1*}, Achmad Solichin², Mufti³,
Handri Santoso⁴**

^{1,2,3} Universitas Budi Luhur Jakarta

⁴ Universitas Pradita Tangerang

e-mail: akhmad.unggul@budiluhur.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam satu dekade terakhir, Pemerintah Indonesia telah memulai perjalanan ambisius untuk mewujudkan transformasi digital dalam rangka meningkatkan kualitas dan jangkauan pelayanan publik, dengan memanfaatkan teknologi mutakhir untuk meningkatkan tata kelola, efisiensi, dan penyelenggaraan layanan. Transformasi digital juga mencakup ranah pola kerja sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Presiden no 81 tahun 2010 tentang Grand Design Reformasi Birokrasi 2010-2025 (Presiden Republik Indonesia, 2010), di mana diperlukan transformasi cara kerja tangkas (*agile ways of working*). *Agile ways of working* adalah pendekatan yang memungkinkan organisasi untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan dan menghasilkan nilai di kondisi yang tidak pasti. Di dalam pelaksanaan *agile ways of working* diperlukan dukungan teknologi informasi yang memungkinkan para pegawai untuk mengadopsi prinsip-prinsip *agile* dalam rangka mewujudkan organisasi pemerintahan yang *agile*. Organisasi yang *agile* didefinisikan sebagai sebuah jaringan kelompok orang yang menganut budaya berpusat pada manusia dan beroperasi dalam sebuah siklus pembelajaran yang cepat dan pengambilan keputusan yang cepat dengan mengoptimalkan dukungan teknologi (McKinsey, 2023).

Perjalanan ini dipandu oleh beberapa regulasi kunci, yaitu Peraturan Presiden No. 95/2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE), Peraturan Presiden No. 39/2019 tentang Satu Data Indonesia, dan Peraturan Presiden No. 132/2022 tentang Arsitektur SPBE Nasional. Regulasi-regulasi ini memberikan kerangka kerja untuk adopsi teknologi canggih, termasuk kecerdasan artifisial (AI), dalam penyelenggaraan pemerintahan. Penekanan pada pentingnya memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan tata kelola, menyederhanakan proses, meningkatkan manajemen data, dan pada akhirnya meningkatkan layanan kepada aparat negara dan masyarakat (Presiden Republik Indonesia, 2022).

Revolusi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memberikan peluang bagi pemerintah untuk melakukan inovasi pembangunan aparatur negara melalui penerapan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) atau e-Government, yaitu penyelenggaraan pemerintahan yang memanfaatkan TIK untuk memberikan layanan kepada instansi pemerintah, aparatur sipil negara, pelaku bisnis, masyarakat dan pihak-pihak lainnya (Presiden Republik Indonesia, 2018). SPBE memberi peluang untuk mendorong dan mewujudkan penyelenggaraan pemerintahan yang terbuka, partisipatif, inovatif, dan akuntabel, meningkatkan kolaborasi antar instansi pemerintah dalam melaksanakan urusan dan tugas pemerintahan untuk mencapai tujuan bersama, meningkatkan kualitas dan jangkauan pelayanan publik kepada masyarakat luas, dan menekan tingkat penyalahgunaan kewenangan dalam bentuk kolusi, korupsi, dan nepotisme melalui penerapan sistem pengawasan dan pengaduan masyarakat berbasis elektronik. Hal ini dituangkan dalam Peraturan Presiden No. 95/2018 tentang SPBE. Peraturan ini menekankan perlunya interoperabilitas, keamanan, dan efisiensi dalam penyelenggaraan pemerintahan.

Kebijakan Satu Data Indonesia (SDI) dimaksudkan untuk mengatur penyelenggaraan tata kelola data yang dihasilkan oleh Instansi Pusat dan Instansi Daerah dalam mendukung perencanaan, pelaksanaan, evaluasi dan pengendalian pembangunan. Kebijakan ini dituangkan ke dalam Peraturan Presiden No. 39/2019 tentang Satu Data Indonesia yang bertujuan untuk membentuk ekosistem data yang terpadu, memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data di seluruh lembaga pemerintah (Presiden Republik Indonesia, 2019).

Dengan sentralisasi manajemen data dan memastikan kualitas serta aksesibilitasnya, regulasi ini menciptakan lingkungan ideal bagi adopsi teknologi AI di lingkungan pemerintahan. Data yang berkualitas merupakan prasyarat pelaksanaan SPBE dalam aspek interoperabilitas untuk mewujudkan efisiensi dengan memanfaatkan teknologi AI.

Peraturan Presiden No. 132/2022 tentang Arsitektur SPBE Nasional menyediakan panduan pelaksanaan integrasi proses bisnis, data, informasi, aplikasi SPBE, infrastruktur SPBE, dan keamanan SPBE secara nasional. Regulasi ini mendorong penggunaan teknologi yang sedang berkembang, termasuk AI, untuk mengoptimalkan penyelenggaraan layanan, mengotomatisasi tugas-tugas rutin, dan meningkatkan efisiensi dan kecepatan proses pengambilan keputusan dengan memanfaatkan teknologi informasi, di antaranya AI.



Gambar 1. Retrieval Augmented Generation vs. LLM

Keberlimpahan data dalam berbagai bentuknya merupakan suatu kondisi yang harus dioptimalkan pemanfaatannya dalam rangka meningkatkan pelayanan publik dalam kerangka SPBE. Di sisi lain, perkembangan teknologi kecerdasan artifisial telah memungkinkan proses interaksi dengan data dilakukan dengan mudah dan intuitif dengan adanya teknologi *Retrieval-Augmented Generation* (RAG). RAG adalah salah satu pendekatan dalam *Natural Language Processing* (NLP) yang menggabungkan kemampuan dari sistem "*retrieval*" (pencarian informasi) dan "*generation*" (pembangkitan teks) sebagai pengembangan dari LLM (large language model) (Lewis et al., 2020), (Guu, Lee, Tung, Pasupat, & Chang, 2020). RAG mampu meningkatkan keandalan dan akurasi model generative AI dengan menggunakan sumber data tematik. Secara umum, cara kerja RAG terbagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Pencarian (*Retrieval*):

- RAG melakukan proses pencarian informasi dari koleksi data yang besar, seperti database atau dokumen teks yang relevan.
- Model generative AI akan mencari data yang dianggap penting atau relevan untuk konteks permasalahan yang sedang dihadapi.

2. Tahap Pengayaan (*Augmentation*):

- Setelah data relevan berhasil diambil, langkah berikutnya adalah melakukan pengayaan informasi dengan mengekstraksi dan menyoroti bagian-bagian penting dari data tersebut.
 - Proses pengayaan ini membantu mempersiapkan informasi yang dapat digunakan untuk generasi teks selanjutnya.
3. Tahap Pembangkitan (*Generation*):
- Tahap terakhir dari RAG adalah menghasilkan teks atau jawaban berdasarkan informasi yang telah diambil dan diperkaya sebelumnya.
 - Sistem menggunakan data yang telah diperoleh dan diperkaya untuk menghasilkan teks dengan lebih kontekstual dan informatif.
4. Tahap Penkombinasian (*Retrieval and Generation*):
- Pendekatan RAG memungkinkan sistem untuk memanfaatkan keunggulan dari pencarian informasi dan pembangkitan teks secara bersamaan.
 - Dengan cara ini, sistem dapat memberikan respons yang lebih relevan dan informatif dalam berbagai konteks, seperti menjawab pertanyaan, membuat ringkasan, atau menyusun teks berdasarkan informasi yang ada.

Dengan menggabungkan kemampuan *retrieval* untuk mencari informasi dan *generation* untuk membuat teks berdasarkan informasi tersebut, RAG membantu meningkatkan kemampuan sistem dalam memahami dan merespons konten teks dengan lebih baik. Gambar 1 mengilustrasikan bagaimana RAG meningkatkan akurasi dan keandalan model *generative AI* dengan memanfaatkan data tematik pengguna. Data tematik pengguna merupakan data yang dimiliki oleh pemerintah daerah provinsi Jakarta, seperti data sosial kemasyarakatan, data subyek dan obyek pajak daerah, data ketertiban dan ketentraman umum, dan lain sebagainya.

RAG memungkinkan pengguna untuk dapat menganalisis data secara intuitif tanpa memerlukan pemahaman teori analisa data dan keterampilan pengolahan data yang kompleks. RAG merupakan sebuah lompatan teknologi yang luar biasa untuk mewujudkan SSA (Izacard & Grave, 2020), (Kowieski, 2022), yang diharapkan akan mampu meningkatkan efisiensi, efektifitas dan kolaborasi antar aparat negara untuk menerapkan cara kerja tangkas untuk memberikan layanan publik yang optimal sesuai dengan spirit SPBE, yaitu Grand Design Reformasi Birokrasi.

PEMBAHASAN

Provinsi Jakarta sebagai provinsi dengan PAD tertinggi (Kompas.com, 2022), dukungan kualitas SDM yang baik dan dukungan infrastruktur TIK yang mumpuni, yang dibuktikan dengan pencapaian Index SPBE 4,21 pada tahun 2023 (Kemenpan RB, 2024) harus mampu menjadi garda terdepan implementasi SPBE secara komprehensif sesuai amanat Perpres no 95 tahun 2018, Perpres no 39 tahun 2019 dan Perpres no 132 tahun 2022, yang secara nyata memberikan manfaat kepada masyarakat provinsi Jakarta. Ada dua inisiatif utama yang bisa dilaksanakan dalam upaya tersebut, yaitu penerapan pola kerja tangkas (*agile ways of working*) dan penerapan SSA.

Cara Kerja Tangkas (*Agile ways of working*)

Agile Ways of Working lahir sebagai respons terhadap kebutuhan untuk mengatasi tantangan dalam pengembangan perangkat lunak yang lebih kompleks dan berubah dengan cepat yang

berdampak pada meningkatnya kegagalan proyek pengembangan perangkat lunak. *Agile* bukan merupakan sebuah kerangka kerja ataupun resep paten untuk menyelesaikan permasalahan klasik di dalam pengembangan perangkat lunak, ataupun proyek lain pada umumnya. *Agile* merupakan pola pikir (*mindset*) yang melatar belakangi tindakan untuk mewujudkan cara kerja yang lebih baik dalam berbagai aspek, diantaranya efisiensi, efektivitas, penciptaan nilai dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan. *Agile ways of working* merupakan esensi dari Grand Design Reformasi Birokrasi yang dicanangkan pada sejak tahun 2010.

Hasil kajian oleh Digital.ai (2023) menunjukkan bahwa adopsi *Agile* sebagai pendekatan cara kerja telah meningkat dari 37% pada tahun 2020 menjadi 86% pada tahun 2021 untuk tim pengembangan perangkat lunak, sementara untuk tim non perangkat lunak peningkatan adopsi terjadi dua kali lipat. Kajian lebih jauh mengungkapkan bahwa adopsi *Agile* tidak semata-mata bahwa sebuah perusahaan telah menjadi murni *agile*, akan tetapi lebih kepada telah dimulainya penerapan *agile* dalam berbagai skala.

Keberhasilan implementasi cara kerja tangkas dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

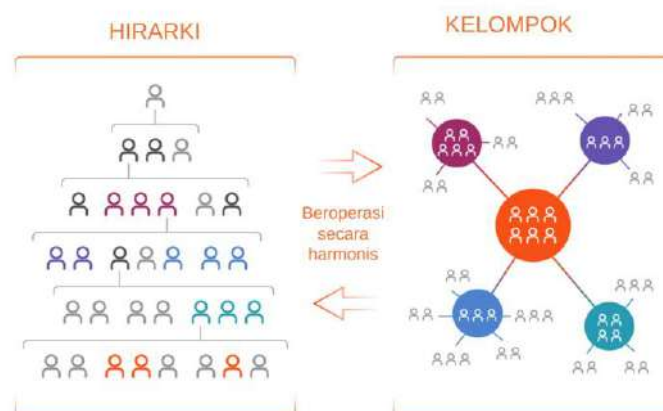
- Komunikasi yang terbuka dan jelas antara tim, pemangku kepentingan, dan manajemen.
- Keterlibatan aktif seluruh anggota tim dalam proses pengembangan dan pengambilan keputusan.
- Menetapkan prioritas yang jelas dan memastikan fokus pada tujuan yang sama.
- Kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan dan fleksibel terhadap kebutuhan yang berkembang.
- Dukungan dan pemahaman dari pimpinan terhadap konsep dan nilai *Agile*.
- Penggunaan alat dan teknologi yang mendukung praktik *Agile*.

SSA memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung kesuksesan *agile ways of working*. Dalam konteks kerja yang cepat dan responsif seperti *Agile*, akses cepat dan mandiri terhadap data sangat krusial. Dengan SSA, anggota tim memiliki kemampuan untuk secara langsung mengakses data, menganalisis informasi, dan menghasilkan wawasan tanpa harus menunggu bantuan dari departemen IT atau analisis data. Hal ini memungkinkan tim untuk mengambil keputusan yang lebih tepat dan cepat berdasarkan informasi yang diperoleh secara *real-time*. Selain itu, SSA juga meningkatkan efisiensi dalam proses pengambilan keputusan, mengurangi ketergantungan pada pihak lain, dan memungkinkan anggota tim untuk lebih terlibat dalam proses analisis data sehingga memiliki pemahaman yang mendalam tentang permasalahan dan solusi yang dibutuhkan. Dengan demikian, SSA tidak hanya mempercepat respons terhadap perubahan, tetapi juga mendorong inovasi, kreativitas, dan produktivitas dalam tim *Agile*, yang semuanya sangat penting dalam mencapai kesuksesan dalam lingkungan kerja yang dinamis seperti *Agile ways of working*.

Implementasi *Agile ways of working* pada umumnya dilakukan secara bertahap, dimulai dengan *pilot project*. Sebagai ilustrasi, *Agile* bisa diimplementasikan pada Satuan Polisi Pamong Praja (Satpol PP) untuk penyelenggaraan ketertiban umum agar bisa secara dinamis mengantisipasi kejadian yang mengganggu ketentraman dan ketertiban umum dengan keterbatasan jumlah personil yang ada. Tahapan-tahapan implementasinya adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pelatihan tentang *agile ways of working*

2. Membentuk kelompok-kelompok *cross-functional* yang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan dan memberikan layanan yang dibutuhkan.
3. Menyediakan perangkat lunak pendukung untuk memudahkan komunikasi, kolaborasi, memperoleh informasi yang dibutuhkan oleh kelompok untuk menjalankan tugasnya (*digital workspace*). *Digital workspace* memiliki fitur SSA untuk menganalisa situasi dan kondisi faktual berdasarkan data untuk kemudian mengambil keputusan yang cepat dan tepat ketika diperlukan. *Digital workspace* juga harus mampu menjembatani kebutuhan administrasi organisasi yang berdasarkan hirarki dan kelompok *cross-functional* (Gambar 2), seperti penilaian kinerja individu dan kelompok. Penilaian individu penting karena menjadi dasar pemberian tunjangan kepada pegawai, sementara itu penilaian kelompok juga penting untuk mengukur kematangan implementasi *agile ways of working*.
4. Untuk mendorong adopsi *agile ways of working* perlu diberikan insentif dan apresiasi (tidak harus dalam bentuk *monetary rewards*).
5. Memberikan pendampingan kepada kelompok *cross-functional* agar implementasi *agile ways of working* berjalan dengan baik.
6. Melakukan evaluasi secara berkala tentang implementasi *agile ways of working* dan perbaikan yang diperlukan.
7. Memperluas implementasi *Agile ways of working* di Satpol PP dan OPD lainnya.



Gambar 2. Struktur Organisasi Konvensional dan Agile

Self-service Analytics dan Kualitas Data

Survei OECD terbaru terhadap pengusaha dan pekerja di sektor manufaktur dan keuangan dari tujuh negara memberikan pemahaman baru tentang dampak kecerdasan artifisial (Artificial Intelligence/AI) di tempat kerja, bahwa baik pekerja maupun pengusaha mereka umumnya sangat positif tentang dampak AI terhadap kinerja dan kondisi kerja (Lane, Williams, & Broecke, 2023). Temuan serupa juga diperoleh dari hasil kajian *International Monetary Fund* (IMF) yang menunjukkan bahwa AI memiliki potensi besar untuk mendefinisikan ulang ekonomi global, khususnya pada pasar tenaga kerja (Cazzaniga et al., 2024).

SSA merupakan salah satu wujud nyata aplikasi kecerdasan artifisial untuk analisis data, khususnya dengan memanfaatkan NLP dan *data science*/analitik yang bisa dimanfaatkan di industri maupun pemerintahan. Dalam konteks pelayanan publik oleh aparaturnegara, beberapa kendala yang sering terjadi terkait data analitik adalah kualitas data (Gambar 2)

yang belum memenuhi standar dan ketidaktersediaan data dan/atau hasil analisa data pada saat yang tepat. Hal ini disebabkan oleh kurangnya manajemen data dan terbatasnya SDM pengolahan data (data engineer, data scientist, dll) untuk mendukung kebutuhan organisasi. Di era keberlimpahan data, kemampuan mengolah data tidak cukup hanya dimiliki oleh sekelompok kecil anggota tim, tetapi harus menjadi kemampuan semua anggota tim secara keseluruhan. SSA merupakan pendekatan yang tepat untuk membangun kemampuan organisasi dalam mengolah data. SSA merupakan elemen pendukung *agile ways of working*. Secara umum, potensi manfaat yang bisa diperoleh Pemerintah Provinsi Jakarta dengan adopsi SSA antara lain:

- Memungkinkan para pejabat untuk dengan cepat mengakses data terkini terkait anggaran, program-program pemerintah, atau kinerja berbagai sektor.
- Memungkinkan pegawai pemerintah Provinsi Jakarta untuk mengakses data dan menganalisisnya tanpa ketergantungan pada tim IT.
- Memungkinkan identifikasi tren atau pola yang signifikan dalam data untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dan tepat waktu.
- Memfasilitasi monitoring dan evaluasi program pemerintah secara lebih efisien dengan akses langsung ke data yang diperlukan.
- Meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengambilan keputusan berdasarkan data yang akurat dan real-time.
- Mempercepat proses identifikasi masalah dan solusi dalam pelayanan publik.
- Mendorong transparansi dan akuntabilitas dengan memungkinkan publik untuk mengakses data yang relevan dan informasi terkait kebijakan atau program pemerintah.



Gambar 3. Atribut kualitas data yang menjadi pondasi SSA

Ketertiban dan ketentraman umum merupakan salah satu layanan utama Pemerintah Daerah Provinsi Jakarta. Satuan Polisi Pamong Praja dapat menerapkan SSA dalam rangka optimalisasi personel yang terbatas untuk menjaga ketertiban dan ketentraman umum. Dengan menerapkan SSA, Satpol PP akan mampu melakukan hal-hal berikut:

- Menyajikan visualisasi kualitas data berdasarkan atribut kualitas data seperti dijelaskan pada Gambar 3, yang sangat vital untuk mengindikasikan kualitas SSA yang berjalan.
- Memanfaatkan machine learning untuk memprediksi potensi munculnya permasalahan sosial dan titik penyebarannya untuk ditampilkan secara visual.

- Memungkinkan pimpinan Satpol PP untuk mendapatkan informasi yang akurat dan cepat ketika diperlukan untuk pengambilan kebijakan maupun keputusan taktis.
- Diseminasi informasi kepada masyarakat sesuai dengan asas keterbukaan yang berlaku.
- Mengakses platform melalui web browser atau aplikasi mobile dengan sistem keamanan yang ketat untuk melindungi data sensitif.

Dengan implementasi SSA seperti dijelaskan di atas dalam pengelolaan ketertiban dan ketentraman umum, maka pemerintah daerah akan dapat memperoleh manfaat dan keuntungan antara lain:

- Peningkatan kepuasan masyarakat terhadap pelayanan ketentraman dan ketertiban.
- Terciptanya lingkungan bisnis yang kondusif di wilayah Provinsi Jakarta.
- Pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat dengan menyediakan informasi yang relevan dan akurat secara *real-time* untuk mendukung pengambilan keputusan strategis dan operasional.

Tantangan Transformasi Digital

SPBE merupakan sebuah upaya transformasi digital yang mempunyai dua elemen utama, yaitu transformasi cara kerja dengan *agile ways of working* dan transformasi digital yang mendukung terlaksananya *agile ways of working* secara optimal. Kedua elemen ini harus berjalan beriringan dan direncanakan dengan matang. Dalam konteks pemerintahan, ada beberapa faktor yang sering menjadi kendala transformasi digital yang memerlukan solusi yang komprehensif dan terstruktur.

Tabel 1. Faktor kegagalan dan rekomendasi solusi transformasi digital

Aspek	Faktor kegagalan	Solusi
Kultur organisasi	budaya pemerintahan yang hierarkis, berorientasi pada prosedur	melakukan pelatihan budaya <i>Agile</i> untuk memperkenalkan nilai-nilai dan prinsip-prinsip <i>Agile</i> mendorong kolaborasi lintas tim dan bidang untuk memecah silo-silo yang ada
Dukungan kepemimpinan	kurangnya dukungan dari pimpinan tertinggi	melibatkan pemimpin puncak dalam proses transformasi membuat kasus bisnis yang jelas dan mengkomunikasikannya secara efektif kepada pimpinan
Sumber daya	keterbatasan sumber daya	mengalokasikan sumber daya yang cukup memprioritaskan inisiatif yang memberikan nilai tambah terbesar dengan sumber daya yang tersedia

Aspek	Faktor kegagalan	Solusi
Regulasi	ketidakmampuan untuk menyesuaikan regulasi dan kebijakan dengan prinsip <i>Agile</i> proses penyesuaian regulasi yang panjang	melakukan kajian untuk mengidentifikasi regulasi yang perlu disesuaikan dengan pendekatan <i>Agile</i> berkomunikasi dengan pemangku kepentingan terkait perubahan yang diperlukan dalam regulasi
Kemampuan beradaptasi terhadap perubahan	pemerintahan yang cenderung lamban dalam mengambil keputusan dan beradaptasi dengan perubahan	meningkatkan kemampuan organisasi dalam mengelola perubahan dan mengambil keputusan cepat mengadopsi pendekatan iteratif dalam implementasi <i>Agile</i> untuk memungkinkan adaptasi yang lebih cepat.
Keterampilan dan keterlibatan anggota tim	kurangnya keterlibatan anggota tim kurangnya keterampilan yang diperlukan	pelatihan dan pendampingan untuk meningkatkan pemahaman tentang agile mendorong partisipasi aktif anggota tim
Kualitas data	data tidak terkelola dengan baik tidak ada unit pengelola kualitas data yang mumpuni	mengelola data dengan baik membentuk unit pengelola kualitas data

Masa Depan Kecerdasan Artifisial

Berbagai kajian sudah dilakukan tentang tempat kerja masa depan yang erat kaitannya dengan kecerdasan artifisial. Perkembangan teknologi kecerdasan artifisial diyakini akan mengubah cara kita bekerja baik di sektor swasta maupun sektor pemerintahan, menghilangkan sebagian pekerjaan yang ada saat ini dan pada saat yang sama menciptakan peluang kerja baru (Human-Centered Artificial Intelligence, 2021).

Sistem kecerdasan artifisial akan mampu mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data secara cepat dan akurat sehingga membebaskan pegawai dari tugas rutinitas tersebut. Hal ini akan memungkinkan organisasi untuk mengambil keputusan yang lebih proaktif dan berbasis data sehingga SDM yang ada bisa dialihkan untuk tugas yang memerlukan peran dan kehadiran manusia (Hsu et al., 2020).

Pada tahun 2026, model AI dengan satu modalitas akan kalah dari model AI multimodal (teks, gambar, audio, dan video) dalam lebih dari 60% solusi GenAI, meningkat dari kurang dari 1% pada tahun 2023 (Gartner, 2024). Penawaran AlaaS (Artificial Intelligence as a Service) semakin meningkat, termasuk solusi seperti AI TRiSM (Trust, Risk, and Security Management), manajemen halusinasi, detektor provenance, AI yang bertanggung jawab, dan AI yang berkelanjutan (Gartner, 2024).

Hasil kajian McKinsey (2024) menyebutkan bahwa sudah ada 60 negara-negara di dunia

yang sudah memiliki strategi nasional kecerdasan artifisial. Sebuah indikator yang kuat bahwa kecerdasan artifisial merupakan perubahan yang dinantikan dan akan menjadi bagian peradaban kita. Pemerintah Indonesia, tidak ketinggalan, berupaya untuk menyusun strategi nasional kecerdasan artifisial melalui pendekatan yang holistik, memiliki definisi kecerdasan artifisial yang jelas, memiliki sasaran yang terukur, dan mempertimbangkan solusi berupa ekosistem yang dapat mengorkestrasi seluruh kekuatan dan potensi yang dimiliki Indonesia. Strategi yang dibuat harus layak dan efektif untuk kemajuan bangsa. Selain itu, Indonesia akan mencanangkan sebuah slogan nasional kecerdasan artifisial yang dapat memberikan keyakinan kecerdasan artifisial untuk kesuksesan Visi Indonesia 2045 (BPPT, 2020). Hal ini berarti bahwa kecerdasan artifisial akan menjadi bagian dari kehidupan kita sebagai bangsa dan sebagai individu yang harus kita kuasai dan kembangkan sesuai dengan nilai-nilai keluhuran bangsa Indonesia.

KESIMPULAN

Sebagai pusat bisnis yang berorientasi global, Jakarta perlu memberikan layanan publik yang unggul agar tetap relevan setelah kehilangan status sebagai Daerah Khusus Ibukota (DKI) akibat pemindahan ibukota ke Ibu Kota Negara (IKN). Dengan mengadopsi pelayanan publik berbasis data, pemerintah provinsi Jakarta dapat mengidentifikasi kebutuhan masyarakat secara akurat, membuat keputusan yang tepat, dan melakukan evaluasi berkelanjutan untuk mencapai visi menjadi kota bisnis global. Dalam rangka mewujudkan tujuan tersebut, diperlukan pendekatan modern untuk memanfaatkan data secara optimal untuk pelayanan publik, yaitu melalui adopsi Self-Service Analytics (SSA). SSA mengacu kepada kemampuan para pegawai untuk mengakses dan menganalisis data secara mandiri, tanpa bantuan analis data yang sangat terbatas jumlahnya, untuk kebutuhan yang sesuai dengan tugas dan tanggung jawabnya. Dengan SSA, pengguna dapat memperoleh informasi secara lebih cepat dan akurat untuk pengambilan keputusan yang kontekstual dan dapat dipertanggungjawabkan. Ketersediaan data dari berbagai sumber yang melimpah, baik data internal maupun data dari berbagai sumber yang diintegrasikan menjadi Big Data menambah khazanah data terstruktur yang sudah ada. Pengolahan data memerlukan keterampilan pengolahan data khusus dan tidak dimiliki oleh pengguna data pada umumnya. Di sisi lain, dalam beberapa tahun terakhir ketersediaan teknologi kecerdasan artifisial (AI), khususnya LLM (Large Language Model) kemudian disempurnakan menjadi RAG (Retrieval-Augmented Generation) telah memungkinkan pengolahan data dalam berbagai format dilakukan secara interaktif tanpa memerlukan keterampilan pengolahan data khusus. Hal ini memungkinkan pengguna awam untuk mengolah dan menyajikan data dari berbagai sumber melalui penalaran yang intuitif dengan bantuan perangkat lunak yang tersedia. Adopsi SSA di lingkungan pemerintah provinsi Jakarta perlu direncanakan secara komprehensif sesuai dengan arah kebijakan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) yang tertuang di dalam Perpres no 95 tahun 2018 tentang SPBE, Perpres no 39 tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia dan Perpres no 132 tahun 2022 tentang Arsitektur SPBE Nasional. SPBE merupakan upaya pemerintah untuk mewujudkan semangat Grand Design reformasi birokrasi yang tertuang dalam Perpres no 81 tahun 2010 tentang Grand Design Reformasi Birokrasi 2010-2025.

1. SPBE merupakan kerangka kerja untuk melaksanakan transformasi digital di lingkungan pemerintahan, yang memiliki dua elemen utama yaitu transformasi cara kerja (*agile ways of working*) dan transformasi teknologi
2. Implementasi pilot project agile ways of working di Satuan Polisi Pamong Praja agar memberikan dampak positif pelayanan yang bisa langsung dirasakan manfaatnya oleh masyarakat.
3. Untuk mendukung kesuksesan implementasi Agile ways of working diperlukan dukungan layanan SSA yang mensyaratkan kualitas data.
4. Untuk mencapai kualitas data yang diperlukan sebagai prasyarat adopsi SSA memerlukan sumber daya manusia yang kompeten, daya dukung infrastruktur teknologi yang mumpuni dan waktu yang tidak pendek/instan. Perencanaannya harus diselaraskan dengan rancangan Arsitektur Data dan Informasi sesuai dengan Arsitektur SPBE Nasional.

SARAN

Provinsi Jakarta sebagai provinsi dengan PAD tertinggi, dukungan kualitas SDM yang baik dan dukungan infrastruktur TIK yang mumpuni harus mampu menjadi garda terdepan implementasi SPBE secara komprehensif sesuai amanat Perpres no 95 tahun 2018, Perpres no 39 tahun 2019 dan Perpres no 132 tahun 2022, yang secara nyata memberikan manfaat kepada masyarakat provinsi Jakarta. Adopsi SSA di pemerintah daerah provinsi harus dilihat sebagai sebuah inisiatif yang tidak berdiri sendiri, namun merupakan bagian dari inisiatif transformasi digital yang merupakan spirit SPBE. Keseluruhannya harus disinergikan dan diselaraskan agar memberikan manfaat yang optimal kepada semua pemangku kepentingan.

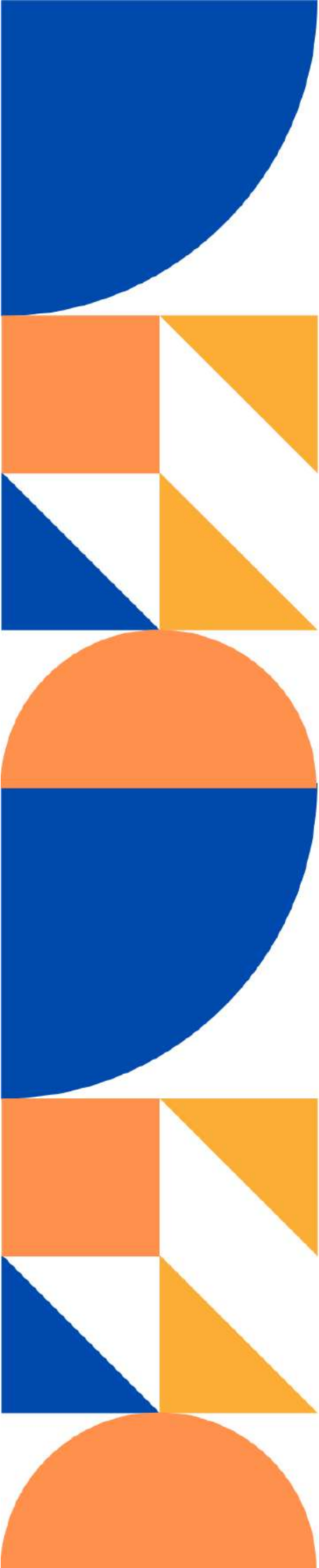
1. Menyelaraskan pelaksanaan Perpres no 95 tahun 2018, Perpres no 39 tahun 2019 dan Perpres no 132 tahun 2022.
2. Membentuk unit manajemen data, sebagai bagian dari Walidata tingkat daerah, yang bertanggung jawab terhadap standarisasi data, kualitas data dan integrasi antar OPD di lingkungan pemerintah daerah provinsi Jakarta.
3. Menyusun kebijakan yang implementatif dan terukur tentang manajemen kualitas data dan integrasi data.
4. Membangun infrastruktur TIK yang memadai untuk mendukung implementasi SSA.
5. Melakukan pelatihan dan workshop bagi pegawai terkait penggunaan SSA dalam konteks implementasi *Agile Ways of Working* sebagai pengejawantahan Grand Design Reformasi Birokrasi SPBE.
6. Menyusun kebijakan keamanan data yang ketat untuk melindungi informasi sensitif pemerintah dan masyarakat, terlebih untuk mengantisipasi dampak teknologi kecerdasan artifisial terhadap keamanan siber (Australian Signal Directorate, 2024).
7. Membuat pilot project implementasi Self-Service Analytics pada salah satu OPD (Satpol PP) yang menjadi garda terdepan pelayanan publik.

Dengan menerapkan SSA Pemerintah Daerah Provinsi Jakarta dapat meningkatkan efisiensi, transparansi, dan responsivitas dalam memberikan pelayanan publik yang lebih baik kepada masyarakat yang tinggal dan/atau bekerja di Jakarta. Hal ini selaras dengan tujuan utama transformasi digital dalam kerangka SPBE.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Signal Directorate. (2024). *Deploying AI Systems Securely: Best Practices for Deploying Secure and Resilient AI Systems*. Retrieved from (<https://www.cyber.gov.au/resources-business-and-government/governance-and-user-education/artificial-intelligence/deploying-ai-systems-securely>)
- BPPT (2020). Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial Indonesia 2020-2045. Retrieved from <https://ai-innovation.id/images/gallery/ebook/stranas-ka.pdf>
- Cazzaniga, M., Jaumotte, F., Li, L., Melina, G., Panton, A. J., Pizzinelli, C., Rockall, E. J., & Tavares, M. M. (2024). Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work. Retrieved from (<https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/01/14/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work-542379>)
- Digital.ai. (2023). 17th State of Agile Report. Retrieved from (<https://digital.ai/resource-center/analyst-reports/state-of-agile-report/>)
- Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., Dai, Y., Sun, J., Wang, M., & Wang, H. (2024). Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey. arXiv preprint arXiv:2312.10997.
- Gartner. (2024). Emerging Tech Impact Radar: Artificial Intelligence. Retrieved from (<https://www.gartner.com/en/articles/30-emerging-technologies-that-will-guide-your-business-decisions>)
- Guu, K., Pasupat, P., & Liang, P. (2020). Realm: Retrieval-Augmented Language Model Pre-Training. arXiv preprint arXiv:2002.08909.
- Human-Centered Artificial Intelligence. (2021). The Future of Work Post-Covid and AI. Retrieved from (https://hai.stanford.edu/sites/default/files/2022-01/HAI_IndustryBrief2_Future_.pdf)
- Izacard, G., Grave, E., & Auli, M. (2020). Leveraging Passage Retrieval with Generative Models for Open Domain Question Answering. arXiv preprint arXiv:2004.04906.
- Jensen, B. (2021). AI Index Diversity Report: An Unmoving Needle. Retrieved from (<https://hai.stanford.edu/news/ai-index-diversity-report-unmoving-needle>)
- Kemenpan RB. (2024). Surat Keputusan Menteri PANRB No. 13/2024 tentang Hasil Evaluasi SPBE pada Instansi Pusat dan Pemerintah Daerah Tahun 2023. Kementerian PANRB
- Kompas.com. (2022, March 5). Daftar provinsi dengan pendapatan daerah terbesar di Indonesia. Money Kompas. <https://money.kompas.com/read/2022/03/05/121701426/daftar-provinsi-dengan-pendapatan-daerah-terbesar-di-indonesia>
- Kowieski, J. (2022). What is self-service analytics? Advantages, tools, and more. Thoughtspot.com [updated September 20, 2022; cited March 23, 2024]. Available from: <https://www.thoughtspot.com/data-trends/analytics/self-service-analytics>
- Lane, M., Williams, M., & Broecke, S. (2023). The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 288. doi:10.1787/ea0a0fe1-en
- Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. arXiv preprint arXiv:2005.11401.
- McKinsey. (2023). What is agile? McKinsey.com [updated March 27, 2023; cited May 10, 2024]. Available from (<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-agile>)

- McKinsey. (2024). What's the future of AI? Mckinsey.com [updated Apr 30, 2024; cited May 12, 2024]. Available from (<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/whats-the-future-of-ai>)
- Presiden Republik Indonesia (RI). (2010). Grand Design Reformasi Birokrasi 2010-2025. Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 81 Tahun 2010. Jakarta: LL SETKAB.
- Presiden Republik Indonesia (RI). (2018). Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik. Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 95 Tahun 2018. Jakarta: LL SETKAB.
- Presiden Republik Indonesia (RI). (2019). Satu Data Indonesia. Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 39 Tahun 2019. Jakarta: LL SETNEG.
- Presiden Republik Indonesia (RI). (2022). Arsitektur Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik Nasional. Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 132 Tahun 2022. Jakarta: LL SETNEG.
- Schoor B [Internet] (2022). A Pragmatic Guide to Agile Ways of Working. Agilexl.com [updated August 29, 2022; cited 2024 May 10]. Available from: <https://agilexl.com/blog/a-pragmatic-guide-to-agile-ways-of-working>
- Hsu, Y.-L., Tseng, K. C., Wang, K.-J., & Chiu, J.-M. (2020). Collaborations between human intelligence and artificial intelligence: Digital transformation in Taiwan <https://www.smart-ai-work.de/wp-content/uploads/2020/01/future-of-work.pdf>



MEMBANGUN PROFIL KRIMINAL DENGAN TEKNOLOGI AI

Anggriani Wau, M.H*

Universitas Indonesia Maju Jakarta

e-mail: educationalwau@gmail.com

PENDAHULUAN

Teknologi (*Artificial Intelligence*) AI atau kecerdasan buatan mengalami perkembangan yang masif dari tahun ke tahun. Kehadirannya dengan fitur, fungsi, dan tampilan yang baru semakin berdampak pada banyak aspek kehidupan manusia (George F. Luger, 1993). Teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) AI terus dikembangkan oleh para ahli sehingga dapat berkembang pesat. H. A. Simon mengklaim bahwa kecerdasan buatan (AI) adalah bidang yang memungkinkan komputer melakukan tugas-tugas yang lebih unggul dari manusia. Knight dan Rich setuju dengan Simon bahwa kecerdasan buatan (AI) adalah cabang ilmu komputer yang memandang upaya membangun komputer sebagai sesuatu yang dapat dilakukan manusia, bahkan lebih baik dari itu. (Lukman Hakim, 2022) Pengaruh dari AI dalam kehidupan manusia tidak hanya terbatas pada membantu memudahkan suatu bidang pekerjaan melainkan lebih mendalam dari hal tersebut pengaruhnya dapat sampai kepada merubah suatu pola hidup dan kebiasaan manusia (Supriyadi & Asih, 2021). Dalam era di mana teknologi terus berkembang dengan pesat, penggunaan kecerdasan buatan (AI) telah menjadi landasan dalam berbagai bidang, termasuk bidang keamanan dan penegakan hukum. Di tengah tantangan kompleks yang dihadapi oleh penegak hukum dalam menghadapi kejahatan modern, AI telah muncul sebagai alat yang kuat untuk membantu memahami, menganalisis, dan merespons pola perilaku kriminal yang kompleks dan beragam. Pentingnya membangun profil kriminal dengan menggunakan teknologi AI tidak dapat diabaikan. Profil kriminal memberikan gambaran mendalam tentang karakteristik, motivasi, dan pola perilaku dari pelaku kejahatan, yang dapat menjadi landasan bagi upaya penegakan hukum untuk mencegah kejahatan, menangkap pelaku, dan memastikan keamanan masyarakat. Dengan AI, proses pembuatan profil kriminal telah mengalami kemajuan signifikan, memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan akurat tentang perilaku kriminal. Dalam konteks ini, penting untuk memahami bagaimana AI digunakan dalam membangun profil kriminal. Teknologi AI memanfaatkan data besar dan algoritma pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi pola dan tren yang mungkin sulit atau bahkan tidak terdeteksi oleh analisis manusia. Dengan memproses data dari berbagai sumber, termasuk rekaman video, transaksi keuangan, jejak digital, dan data forensik lainnya, AI dapat menghasilkan wawasan yang berharga bagi penegak hukum untuk memahami dinamika kejahatan.

Salah satu aplikasi utama dari teknologi AI dalam pembangunan profil kriminal adalah dalam mengidentifikasi serangkaian tindakan yang terkait dan menghubungkan entitas yang mungkin terlibat dalam aktivitas kriminal. Misalnya, dalam penyelidikan kasus kejahatan terorganisir, AI dapat membantu mengenali pola koneksi antara individu, kelompok, atau organisasi yang terlibat dalam kegiatan ilegal, yang dapat mengarah pada pengungkapan jaringan kejahatan yang lebih luas.

Selain itu, teknologi AI juga memungkinkan analisis perilaku prediktif, di mana sistem dapat memperkirakan kemungkinan kejahatan berdasarkan pola perilaku masa lalu dan faktor-faktor lingkungan tertentu. Ini memungkinkan penegak hukum untuk mengambil langkah-langkah pencegahan proaktif untuk mengurangi risiko kejahatan atau merespons dengan cepat jika terjadi ancaman yang teridentifikasi.

Namun, meskipun potensi yang besar dari penggunaan AI dalam membangun profil kriminal, juga ada sejumlah tantangan dan pertimbangan etis yang perlu diperhatikan. Salah satu

masalah utama adalah masalah privasi dan keamanan data, di mana penggunaan data pribadi untuk tujuan analisis kriminal dapat menimbulkan risiko penyalahgunaan atau pelanggaran privasi individu. Selain itu, ada juga kekhawatiran tentang bias dalam algoritma AI, di mana analisis yang didasarkan pada data historis dapat mencerminkan dan memperkuat ketidaksetaraan yang ada dalam sistem hukum.

Oleh karena itu, penting bagi pengembang dan pengguna teknologi AI untuk memperhatikan prinsip-prinsip etika dan keadilan dalam pengembangan dan implementasi sistem pembangun profil kriminal. Hal ini melibatkan transparansi dalam penggunaan teknologi, perlindungan privasi data, dan langkah-langkah untuk mengurangi atau mengatasi bias dalam algoritma. Selain itu, keterlibatan ahli hukum, etika, dan hak asasi manusia dalam pengembangan kebijakan dan praktik terkait AI menjadi penting untuk memastikan bahwa teknologi tersebut digunakan secara bertanggung jawab dan sesuai dengan nilai-nilai kemanusiaan.

Dalam konteks global, perkembangan teknologi AI dalam membangun profil kriminal juga memunculkan pertanyaan tentang kerja sama internasional dalam pertukaran data dan informasi antarnegara untuk tujuan penegakan hukum. Sementara AI memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dalam menghadapi kejahatan lintas batas, tantangan terkait dengan perbedaan dalam hukum, kebijakan, dan budaya antarnegara juga perlu diatasi. AI dapat membantu mengendalikan mesin sedemikian rupa untuk mendapatkan efisiensi maksimum. AI mengontrol penggunaan sumber daya sehingga sistem tidak melampaui kecepatan atau tujuan lainnya. Setiap ons daya digunakan tepat sesuai kebutuhan untuk menyediakan layanan yang diinginkan (Joseph Teguh santoso, n.d.) .

Dengan demikian, pembangunan profil kriminal dengan teknologi AI bukanlah hanya tentang penggunaan alat teknis untuk mengidentifikasi pola perilaku kriminal, tetapi juga tentang mempertimbangkan implikasi lebih luas dari penggunaan teknologi tersebut dalam masyarakat yang demokratis dan adil. Dengan pendekatan yang hati-hati dan holistik, AI dapat menjadi alat yang berharga dalam upaya untuk meningkatkan keamanan dan keadilan di seluruh dunia.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah memahami bagaimana teknologi kecerdasan buatan (AI) dapat digunakan dalam pembangunan profil kriminal adalah sebuah topik yang sangat relevan dan terus berkembang di era digital ini. Profil kriminal adalah teknik yang digunakan dalam penegakan hukum untuk mengidentifikasi kemungkinan pelaku kejahatan berdasarkan analisis pola perilaku, ciri-ciri demografis, psikologis, dan lainnya.

Berikut ini adalah ulasan komprehensif tentang bagaimana AI dikembangkan dan diterapkan untuk membantu dalam pembangunan profil kriminal:

1. Pengumpulan Data

AI memerlukan data yang besar untuk dilatih sehingga dapat membuat prediksi atau rekomendasi yang akurat. Dalam konteks kriminalitas, data ini bisa mencakup

- a) Data kejahatan historis
- b) Data demografis dan psikografis
- c) Catatan interaksi dengan penegakan hukum
- d) Media sosial dan data komunikasi digital
- e) CCTV dan rekaman video lainnya

2. Pengolahan dan Analisis Data

Dengan menggunakan teknologi *machine learning* dan *deep learning*, AI dapat mengolah ribuan data dalam waktu yang sangat singkat. Beberapa aplikasi umum dari AI dalam analisis data kriminal meliputi:

- a) Mengidentifikasi pola dalam data kejahatan, seperti lokasi, waktu, dan modus operandi.
- b) Analisis Sentimen dan NLP (*Natural Language Processing*) dengan Menggunakan data teks dari laporan polisi, media sosial, atau transkrip interogasi untuk mendapatkan wawasan tentang perilaku atau motif pelaku.
- c) Memanfaatkan CCTV dan rekaman video untuk mengidentifikasi tersangka atau objek yang terkait dengan kejahatan.

3. Pembuatan Profil dan Prediksi

Algoritma AI dapat digunakan untuk membangun profil pelaku kejahatan dengan menggabungkan semua data yang telah dianalisis. Beberapa kemungkinan aplikasi meliputi:

- a) Prediksi Kejahatan dengan memperkirakan di mana, kapan, dan jenis kejahatan apa yang mungkin terjadi selanjutnya.
- b) Profil Geospasial dengan membuat profil daerah berdasarkan statistik kejahatan yang ada.
- c) Profil Psikologis untuk menilai dan memahami sifat psikologis pelaku.

4. Evaluasi dan Keakuratan

Meskipun AI menawarkan potensi besar, tetap penting untuk mengevaluasi keakuratan dan bias dari algoritma yang digunakan. Isu-isu yang perlu ditangani meliputi:

- a) AI hanya seakurat data yang diberikan. Bias dalam data bisa menghasilkan profil yang bias.
- b) Memastikan bahwa prediksi yang dibuat oleh AI adalah akurat dan dapat diandalkan.
- c) Memperhatikan masalah privasi, etika penggunaan AI, dan implikasi legal dari penggunaannya.

5. Integrasi dengan Sistem Penegakan Hukum

Integrasi teknologi AI dalam sistem penegakan hukum harus dilakukan dengan hati-hati. Hal ini mencakup:

- a) Melatih personel penegakan hukum untuk menggunakan dan memahami teknologi AI.
- b) Memastikan bahwa keputusan penting tetap di bawah pengawasan manusia untuk mencegah kekeliruan yang mungkin dilakukan oleh AI.

6. Studi Kasus dan Implementasi Nyata

Beberapa kota dan negara telah mulai mengimplementasikan teknologi AI untuk membantu dalam penegakan hukum. Contohnya termasuk sistem prediktif kepolisian di Chicago dan Los Angeles, serta aplikasi pengenalan wajah di beberapa bandara dan lokasi strategis lainnya.

7. Kesimpulan

AI memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam pembuatan profil kriminal. Namun, sangat penting untuk tetap kritis dan hati-hati dalam implementasinya, memastikan bahwa semua aspek etis dan hukum dijaga. Pengembangan lebih lanjut dan studi kasus yang berkelanjutan akan menjadi kunci

dalam mengoptimalkan pemanfaatan AI di bidang hukum dan penegakan hukum.

PEMBAHASAN

Memahami Konsep Profil Kriminalitas

Profil kriminal adalah menyimpulkan karakteristik perilaku kriminal. Menurut Douglas dan Olshaker (1995) profil kriminal merupakan pengembangan dari sebuah penyidikan melalui perolehan keterangan mengenai suatu tindak pidana dan tempat kejadian perkara untuk menyusun representasi psikosomatis dari arsitek kejahatan yang diketahui. (Flourish Itulua, Abumere, 2012) Misalnya, seorang profiler mungkin mencoba menyimpulkan usia, jenis kelamin, atau identitas penjahat riwayat pekerjaan dimulai dari cara kerjanya selama periode tersebut kejahatan itu dilakukan. Praktek ini telah disebut dengan nama-nama termasuk profil pelaku, profil psikologis dan analisis profil spesifik.

Profil kriminal secara umum mencoba menguraikan tentang penyebab munculnya perilaku kejahatan oleh pelaku. profil kriminal juga akan menjelaskan metode dan cara pelaku melakukan kejahatan. Selain itu, profil kriminal juga akan mencoba menjelaskan perilaku pelaku kejahatan setelah peristiwa kejahatan. (Holmes, 2008)

Profil kriminal biasanya digunakan dengan kejahatan yang identitas pelakunya tidak diketahui dan dengan jenis kejahatan berat dimana identitas pelaku tidak diketahui dan dengan jenis kejahatan berat, seperti pembunuhan atau pemerkosaan. Secara umum dapat dikatakan bahwa tujuan kriminologi adalah untuk mempelajari kejahatan dari berbagai aspek sehingga pemahaman tentang fenomena kejahatan dapat diperoleh dengan baik. Aspek-Aspek dalam memahami Profil kriminal pelaku dapat menggunakan aspek biologis yang didasarkan pada asumsi fungsi struktur determinasi, sebagai akibat pengaruh dari kromosom, gen, kimia, hormonal atau tipe tubuh. Melalui aspek psikologis didasarkan pada adanya problem emosional, pembiasaan perilaku kejahatan, pola pikir serta penalaran, dan kepribadian sosiopatik. (Gefri Dariando, 2023)

Berkembangnya kriminologi dengan semakin berkembangnya pemikiran-pemikiran kritis yang mengarah pada studi untuk mempelajari proses pembuatan undang-undang, oleh karena itu penting bagi mahasiswa fakultas hukum untuk mempelajari kriminologi agar dapat diperoleh pengetahuan yang penting tentang fenomena kejahatan (Sahat Maruli T. Situmeang, 2021).

Kriminologi bertujuan untuk memberi petunjuk bagaimana masyarakat dapat memberantas kejahatan dengan hasil yang baik dan lebih-lebih menghindarinya. Kriminologi bertujuan mengantisipasi dan beraksi terhadap semua kebijaksanaan di lapangan hukum pidana, sehingga dengan demikian dapat dicegah kemungkinan timbulnya akibat-akibat yang merugikan baik bagi si pelaku, korban maupun masyarakat secara keseluruhan.

Dalam era digital ini, penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) telah menunjukkan potensi besar dalam membantu pihak berwenang memahami, menganalisis, dan menanggapi kejahatan. Salah satu aplikasi yang menarik adalah pembangunan profil kriminal dengan memanfaatkan teknologi AI.

Profil kriminalitas adalah gambaran sistematis tentang pola-pola kejahatan yang terjadi di suatu wilayah dalam rentang waktu tertentu. Dengan membangun profil kriminal

menggunakan AI, pihak berwenang dapat lebih efektif dalam merencanakan strategi penegakan hukum, mencegah kejahatan, dan meningkatkan keamanan masyarakat.

Profil kriminalitas adalah metode analitis yang digunakan untuk memahami karakteristik pelaku kriminal dan pola kejahatan. Konsep ini melibatkan pengumpulan dan analisis data yang luas tentang perilaku kriminal, lokasi kejahatan, jenis kejahatan, dan ciri-ciri demografis pelaku. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pola-pola yang dapat digunakan untuk memprediksi dan mencegah kejahatan di masa depan.

Profil kriminalitas tidak hanya mencakup aspek fisik seperti modus operandi (cara pelaku melakukan kejahatan) tetapi juga faktor psikologis dan sosial yang memotivasi perilaku kriminal. Misalnya, profil seorang pelaku pembunuhan berantai akan mencakup analisis tentang latar belakang hidupnya, pola pikir, dan ciri-ciri psikologis yang mungkin menunjukkan kecenderungan untuk melakukan kejahatan serupa. Dengan memahami profil kriminalitas, pihak penegak hukum dapat mengembangkan strategi yang lebih efektif untuk menangkap pelaku dan mencegah kejahatan, seperti mengidentifikasi kelompok yang berisiko tinggi, memahami faktor pemicu kejahatan, dan meningkatkan penempatan sumber daya kepolisian. Profil kriminalitas juga dapat digunakan dalam proses investigasi untuk mempersempit lingkup tersangka berdasarkan karakteristik yang diketahui dari pelaku kejahatan tertentu.

Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2002 tentang Kepolisian Negara Republik Indonesia pasal 14 ayat (1) butir g undang-undang menyatakan bahwa salah satu tugas polisi adalah melakukan penyelidikan dan penyidikan terhadap semua tindak pidana sesuai dengan hukum yang berlaku (Arkana Sulaiman, 2017). Penyelidikan polisi di Indonesia diatur dalam Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHP), khususnya pada Pasal 1 butir 2 yang mendefinisikan penyelidikan sebagai serangkaian tindakan penyidik untuk mencari serta menemukan suatu peristiwa yang diduga sebagai tindak pidana guna menentukan dapat atau tidaknya dilakukan penyidikan. Selain itu, dalam Pasal 5 ayat (1) KUHP, disebutkan bahwa penyidik adalah pejabat polisi negara Republik Indonesia yang diberi wewenang oleh undang-undang untuk melakukan penyelidikan. Dalam penyelidikan polisi, profil kriminal digunakan untuk membantu mengidentifikasi dan menangkap pelaku kejahatan dengan lebih efektif. Metode ini memungkinkan polisi untuk memprediksi langkah-langkah selanjutnya dari pelaku dan mempersempit lingkup pencarian.

Penggunaan Teknologi AI dalam Membangun Profil Kriminal

Artificial Intelligence atau kecerdasan buatan adalah sistem komputer yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Proses yang terjadi dalam *Artificial Intelligence* mencakup *learning*, *reasoning*, dan *self-correction*. Proses ini mirip dengan manusia yang melakukan analisis sebelum memberikan keputusan (M. Sobron Yamin Lubis, 2021).

Penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam membangun profil kriminal telah menjadi salah satu terobosan signifikan dalam bidang penegakan hukum dan keamanan publik. Teknologi AI digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data dari berbagai sumber guna membuat profil yang komprehensif tentang individu yang dicurigai atau telah melakukan tindakan kriminal. Ini melibatkan berbagai teknik, termasuk pemrosesan bahasa alami (NLP), pengenalan wajah, analisis pola perilaku, dan pembelajaran mesin (*machine learning*).

Pemanfaatan teknologi AI dalam membangun profil kriminal melibatkan beberapa peraturan dan undang-undang yang mendukung pemanfaatan teknologi untuk tujuan keamanan dan penegakan hukum. Salah satu dasar hukum utama adalah Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2024 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik, yang mengatur pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk berbagai keperluan, termasuk pengumpulan dan analisis data kriminal. Selain itu, Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik (UU KIP) juga relevan karena memberikan kerangka kerja bagi transparansi dan akuntabilitas dalam penggunaan data publik, yang dapat mencakup data kriminalitas. Dalam konteks penegakan hukum, Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2002 tentang Kepolisian Negara Republik Indonesia menggarisbawahi tugas kepolisian dalam pemeliharaan keamanan dan ketertiban masyarakat, yang dapat ditingkatkan melalui penggunaan teknologi canggih seperti AI untuk profil kriminalitas.

Penggunaan AI dalam profil kriminalitas harus juga mematuhi prinsip-prinsip perlindungan data pribadi sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik serta Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 20 Tahun 2016 tentang Perlindungan Data Pribadi dalam Sistem Elektronik. Dengan mematuhi kerangka hukum ini, penerapan AI dalam pembuatan profil kriminalitas dapat dilaksanakan secara efektif dan etis, menjaga keseimbangan antara inovasi teknologi dan hak-hak individu.

Langkah pertama dalam membangun profil kriminal menggunakan AI adalah pengumpulan data. Sumber data dapat mencakup catatan kriminal, riwayat komunikasi digital (misalnya, email, pesan teks, dan media sosial), rekaman CCTV, laporan keuangan, serta informasi lain yang dapat memberikan wawasan tentang kegiatan individu. Data ini kemudian diintegrasikan ke dalam sistem AI untuk dianalisis lebih lanjut.

Setelah data terkumpul, AI memproses informasi tersebut untuk mengidentifikasi pola-pola yang mungkin tidak terlihat oleh analisis manusia. Misalnya, melalui analisis jaringan sosial, AI dapat mengidentifikasi koneksi antara tersangka dan jaringan kriminal yang lebih besar. Teknologi NLP (*Neuro Linguistic Programming*) memungkinkan AI untuk menganalisis komunikasi tertulis atau verbal guna mendeteksi kata kunci, frasa, atau pola bahasa yang mencurigakan. Pengenalan wajah digunakan untuk mencocokkan gambar tersangka dengan rekaman CCTV atau foto dari media sosial.

Pembelajaran mesin memainkan peran penting dalam analisis prediktif. Dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin, AI dapat memprediksi kemungkinan perilaku kriminal di masa depan berdasarkan data historis. Misalnya, AI dapat mengidentifikasi individu yang berpotensi terlibat dalam kejahatan berdasarkan pola perilaku atau sejarah kriminal yang serupa. Algoritma ini juga dapat disesuaikan dan ditingkatkan seiring waktu, sehingga prediksinya menjadi semakin akurat.

Penggunaan AI dalam membangun profil kriminal telah diadopsi oleh berbagai negara untuk meningkatkan efektivitas penegakan hukum. Di Amerika Serikat, misalnya, berbagai lembaga penegak hukum telah mengimplementasikan teknologi AI untuk memerangi kejahatan. FBI

menggunakan perangkat lunak analisis data canggih untuk memantau dan menganalisis komunikasi online terkait dengan terorisme dan kejahatan siber. Di Inggris, *Metropolitan Police Service* menggunakan AI untuk membantu mengidentifikasi dan menangkap pelaku kejahatan berdasarkan analisis rekaman CCTV dan data lainnya.

Cina adalah salah satu negara yang sangat maju dalam penggunaan AI untuk penegakan hukum. Pemerintah Cina menggunakan jaringan kamera pengawas yang dilengkapi dengan teknologi pengenalan wajah untuk memantau populasi secara luas. Sistem ini mampu mengidentifikasi individu dalam kerumunan besar dengan cepat dan akurat. Selain itu, Cina juga menggunakan AI untuk memprediksi dan mencegah kejahatan sebelum terjadi. Algoritma prediktif digunakan untuk menganalisis data dari berbagai sumber, termasuk media sosial dan rekaman CCTV, untuk mengidentifikasi potensi ancaman dan mengambil tindakan pencegahan.

Namun, penggunaan AI dalam penegakan hukum tidak lepas dari kontroversi, terutama terkait dengan masalah privasi dan hak asasi manusia. Pengawasan yang ekstensif dan kemampuan AI untuk mengidentifikasi dan memprofilkan individu secara otomatis menimbulkan kekhawatiran tentang penyalahgunaan data dan pelanggaran privasi. Ada juga risiko bias dalam algoritma AI, yang dapat mengakibatkan profil yang tidak akurat atau diskriminatif terhadap kelompok tertentu. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah dan lembaga penegak hukum untuk menerapkan regulasi yang ketat dan transparan guna memastikan bahwa penggunaan AI dilakukan dengan cara yang etis dan bertanggung jawab. Penggunaan teknologi AI dalam membangun profil kriminal menawarkan potensi besar untuk meningkatkan keamanan publik dan efektivitas penegakan hukum. Melalui pengumpulan data yang luas, analisis canggih, dan prediksi yang akurat, AI dapat membantu mengidentifikasi dan mencegah kejahatan dengan lebih efisien. Namun, penting untuk menjaga keseimbangan antara keamanan dan privasi, serta memastikan bahwa teknologi ini digunakan secara etis dan bertanggung jawab. Negara-negara seperti Amerika Serikat dan Cina telah menunjukkan bagaimana AI dapat diintegrasikan ke dalam sistem penegakan hukum untuk mencapai hasil yang lebih baik, namun tantangan terkait privasi dan etika tetap harus diperhatikan secara serius.

Keuntungan dan Tantangan dalam Penggunaan AI untuk Profil Kriminal

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam profil kriminal menawarkan berbagai keuntungan yang signifikan, tetapi juga disertai dengan tantangan yang kompleks. Keuntungan utama dari penggunaan AI dalam profil kriminal adalah peningkatan efisiensi dan akurasi dalam penanganan kasus kriminal. AI mampu menganalisis data dalam jumlah besar dengan cepat, yang dapat membantu pihak berwenang mengidentifikasi pola dan hubungan yang mungkin tidak terlihat oleh manusia. Sebagai contoh, AI dapat digunakan untuk memprediksi lokasi kejahatan berikutnya berdasarkan data historis kejahatan, yang dapat membantu dalam penempatan sumber daya kepolisian secara lebih efektif.

Selain itu, AI dapat membantu dalam penyelidikan kriminal dengan menganalisis bukti digital seperti rekaman CCTV, data ponsel, dan media sosial. Teknologi pengenalan wajah yang canggih dapat digunakan untuk mengidentifikasi tersangka dalam kerumunan atau di tempat kejadian perkara. Dengan kemampuan untuk belajar dan beradaptasi, algoritma AI juga dapat

mengembangkan model prediktif yang lebih akurat seiring waktu, meningkatkan peluang penyelesaian kasus.

Di negara seperti Amerika Serikat, penggunaan AI dalam penegakan hukum telah diadopsi secara luas. Misalnya, Departemen Kepolisian Los Angeles menggunakan algoritma prediktif untuk menentukan patroli wilayah, sementara beberapa kantor kejaksaan di negara bagian tertentu menggunakan AI untuk membantu menentukan tingkat hukuman berdasarkan riwayat kriminal terdakwa dan faktor-faktor lain.

Namun, penggunaan AI dalam profil kriminal juga menghadapi tantangan besar. Salah satu tantangan utama adalah masalah privasi. Pengumpulan dan analisis data dalam jumlah besar oleh AI dapat mengancam privasi individu, terutama jika data tersebut tidak dikelola dengan benar. Selain itu, ada kekhawatiran bahwa teknologi ini dapat digunakan untuk pengawasan massal, yang dapat menimbulkan masalah etika dan hukum.

Selain itu, bias dalam algoritma AI adalah masalah yang serius. Algoritma AI dilatih menggunakan data historis, yang mungkin mencerminkan bias sistemik dalam penegakan hukum. Jika data yang digunakan untuk melatih algoritma mengandung bias rasial atau gender, AI dapat memperkuat bias tersebut, yang dapat mengakibatkan diskriminasi terhadap kelompok tertentu. Sebagai contoh, beberapa studi menunjukkan bahwa teknologi pengenalan wajah kurang akurat dalam mengidentifikasi wajah orang kulit berwarna dibandingkan dengan wajah orang kulit putih, yang dapat menyebabkan kesalahan identifikasi dan penangkapan yang tidak adil.

Transparansi dan akuntabilitas juga menjadi tantangan dalam penggunaan AI. Seringkali, algoritma AI dianggap sebagai "kotak hitam" karena kompleksitasnya, yang membuat sulit untuk memahami bagaimana keputusan tertentu dibuat. Hal ini dapat menimbulkan masalah dalam memastikan bahwa keputusan yang diambil berdasarkan AI adil dan dapat dipertanggungjawabkan.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, penting bagi pemerintah dan lembaga penegak hukum untuk mengembangkan kerangka kerja yang kuat untuk penggunaan AI dalam profil kriminal. Ini termasuk memastikan bahwa data yang digunakan untuk melatih algoritma bebas dari bias, melindungi privasi individu, dan meningkatkan transparansi dalam penggunaan AI. Beberapa negara, seperti Kanada dan Inggris, telah mulai mengembangkan pedoman dan regulasi untuk penggunaan AI dalam penegakan hukum untuk memastikan bahwa teknologi ini digunakan secara etis dan bertanggung jawab.

Sebagai contoh, di Inggris, polisi menggunakan sistem yang dikenal sebagai "*National Data Analytics Solution*" (NDAS), yang menggunakan AI untuk menganalisis data kriminal dan memprediksi risiko individu melakukan kejahatan di masa depan. Namun, penggunaan NDAS ini diawasi ketat untuk memastikan bahwa data yang digunakan anonim dan bahwa sistem ini tidak digunakan untuk tujuan pengawasan massal.

Di Kanada, Kepolisian Kanada (*Royal Canadian Mounted Police*) telah mulai mengeksplorasi penggunaan AI untuk membantu dalam penyelidikan kriminal, termasuk penggunaan teknologi pengenalan wajah. Namun, Kanada juga sangat berhati-hati dalam hal regulasi dan transparansi, dengan penekanan pada pentingnya pengawasan yang ketat dan keterbukaan publik mengenai bagaimana teknologi ini digunakan.

Untuk memastikan manfaat maksimal dari AI dalam profil kriminal, kolaborasi antara pemerintah, lembaga penegak hukum, pakar teknologi, dan masyarakat sipil sangat penting.

Ini mencakup upaya untuk terus meningkatkan teknologi, mengidentifikasi dan mengatasi bias, serta mengembangkan kebijakan dan regulasi yang seimbang antara keamanan publik dan hak-hak individu.

Sementara AI menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penegakan hukum, tantangan yang dihadapinya tidak boleh diabaikan. Dengan pendekatan yang hati-hati dan terkoordinasi, manfaat AI dalam profil kriminal dapat dimaksimalkan sambil meminimalkan risiko yang terkait. Negara-negara yang telah mulai menggunakan AI dalam penegakan hukum, seperti Amerika Serikat, Inggris, dan Kanada, memberikan contoh yang berharga tentang bagaimana teknologi ini dapat diterapkan dengan cara yang bertanggung jawab dan etis.

Implementasi dan Pengembangan Masa Depan

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam penegakan hukum dan keamanan publik. Salah satu aplikasi utama dari AI adalah dalam membangun profil kriminal yang lebih akurat dan efisien. Profil kriminal adalah deskripsi karakteristik dari individu yang mungkin melakukan kejahatan berdasarkan analisis data historis, perilaku, dan pola-pola tertentu. Implementasi AI dalam bidang ini tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja aparat penegak hukum, tetapi juga memberikan wawasan yang lebih mendalam dalam memahami dan memprediksi tindak kriminal.

Penggunaan AI dimulai dengan pengumpulan data besar (*big data*) yang mencakup berbagai informasi, mulai dari catatan kriminal, aktivitas media sosial, data demografis, hingga pola perjalanan. Algoritma AI, khususnya machine learning, digunakan untuk menganalisis data ini dan menemukan pola-pola tersembunyi yang tidak mungkin terdeteksi oleh manusia. Misalnya, sistem AI dapat menganalisis frekuensi dan lokasi kejahatan untuk mengidentifikasi area dengan risiko tinggi.

Melalui pembelajaran mesin, AI dapat mempelajari data historis tentang kejahatan dan mengembangkan model prediksi yang dapat digunakan untuk memprofilkan individu yang memiliki kemungkinan tinggi untuk melakukan kejahatan. Teknik seperti klasifikasi dan clustering digunakan untuk mengkategorikan individu berdasarkan tingkat risiko mereka. Model ini kemudian terus diperbarui seiring dengan penambahan data baru, sehingga semakin akurat dalam prediksinya.

Teknologi pengenalan wajah yang didukung oleh AI digunakan dalam sistem pengawasan untuk mengidentifikasi individu yang terlibat dalam aktivitas kriminal. Kamera pengawas yang dilengkapi dengan AI dapat mendeteksi wajah, mencocokkannya dengan database kriminal, dan memberikan peringatan real-time kepada pihak berwenang. Selain itu, analisis video juga dapat mendeteksi perilaku mencurigakan dan mengidentifikasi pola perilaku kriminal.

Pemrosesan Bahasa Alami *Natural Language Processing* memungkinkan AI untuk menganalisis komunikasi tertulis dan lisan untuk mendeteksi potensi ancaman atau perilaku kriminal. Dengan memproses data dari media sosial, email, dan komunikasi lainnya, AI dapat

mengidentifikasi kata kunci atau frasa yang terkait dengan aktivitas kriminal dan memberikan peringatan dini. Contohnya, jika seorang individu sering mencari atau membahas topik terkait bahan peledak atau senjata api, sistem AI dapat menandainya sebagai individu yang perlu diawasi lebih lanjut.

AI juga dapat digunakan untuk melakukan profiling psikologis dengan menganalisis data perilaku dari berbagai sumber, seperti media sosial dan riwayat pencarian internet. Model AI dapat mengidentifikasi ciri-ciri psikologis yang umum dimiliki oleh pelaku kriminal, seperti kecenderungan agresif, kurangnya empati, atau pola perilaku impulsif. Ini membantu dalam mengidentifikasi individu yang mungkin memiliki potensi risiko tinggi.

Pengembangan Masa Depan AI dalam Membangun Profil Kriminal

Di masa depan, pengembangan algoritma AI yang lebih canggih diharapkan dapat meningkatkan akurasi dalam memprediksi kejahatan. Dengan menggunakan teknik deep learning dan neural networks, AI dapat menganalisis data dengan tingkat kompleksitas yang lebih tinggi dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Selain itu, efisiensi dalam pengolahan data juga akan meningkat seiring dengan perkembangan teknologi komputasi.

Pengembangan masa depan juga akan melihat integrasi lebih lanjut dari berbagai sumber data. Misalnya, integrasi data dari *smart city systems*, perangkat IoT (sejenis sensor), dan data kesehatan mental dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang individu dan lingkungan yang berisiko. Sistem AI yang terintegrasi ini akan mampu memberikan analisis yang lebih holistik dan kontekstual.

Seiring dengan peningkatan kemampuan AI, perhatian terhadap isu etika dan privasi juga akan menjadi semakin penting. Penggunaan AI dalam penegakan hukum harus seimbang dengan perlindungan hak asasi manusia dan privasi individu. Pengembangan regulasi dan standar etika yang jelas diperlukan untuk memastikan bahwa penggunaan AI tidak disalahgunakan dan tetap dalam batas-batas yang dapat diterima oleh masyarakat.

Kerjasama internasional akan menjadi kunci dalam pengembangan dan implementasi AI untuk profil kriminal. Negara-negara dapat berbagi data, teknologi, dan best practices untuk memerangi kejahatan transnasional. Contoh nyata dari kolaborasi ini adalah program INTERPOL yang menggunakan AI untuk melacak dan menangkap pelaku kejahatan lintas negara.

Contoh Negara yang Menggunakan AI dalam Profil Kriminal

1. Amerika Serikat

Amerika Serikat adalah salah satu negara terdepan dalam penggunaan AI untuk membangun profil kriminal. FBI dan lembaga penegak hukum lainnya menggunakan sistem AI untuk menganalisis data kriminal, memprediksi kejahatan, dan mengidentifikasi pelaku. Program seperti Predictive Policing telah diimplementasikan di beberapa kota besar seperti Los Angeles dan Chicago. Sistem ini menggunakan

data historis untuk memprediksi di mana dan kapan kejahatan kemungkinan besar akan terjadi, memungkinkan polisi untuk mengambil tindakan preventif.

2. Cina

Cina dikenal dengan penggunaan teknologi pengawasan yang luas, termasuk AI, untuk menjaga keamanan publik. Pemerintah Cina telah mengembangkan sistem pengawasan yang menggunakan pengenalan wajah dan analisis perilaku untuk memantau dan mengidentifikasi individu yang dicurigai. Sistem ini terintegrasi dengan jaringan kamera CCTV yang sangat luas, memungkinkan otoritas untuk memantau pergerakan warga negara secara real-time. Selain itu, Cina juga menggunakan AI dalam upaya kontra terorisme dan pengelolaan populasi.

3. Inggris

Inggris juga telah mengadopsi teknologi AI untuk membantu penegakan hukum. Polisi di London menggunakan sistem pengenalan wajah untuk mengidentifikasi pelaku kejahatan di tempat umum. Selain itu, *Metropolitan Police* telah menerapkan sistem *predictive analytics* untuk mengantisipasi kejahatan berdasarkan data historis. Inggris juga memanfaatkan AI untuk menganalisis komunikasi digital dalam upaya mengatasi kejahatan siber dan terorisme.

4. Singapura

Sebagai negara dengan tingkat teknologi yang tinggi, Singapura juga menggunakan AI dalam penegakan hukum. Singapura telah mengembangkan sistem pengawasan pintar yang menggunakan AI untuk menganalisis data dari berbagai sumber, termasuk kamera CCTV dan sensor IoT. Sistem ini mampu mendeteksi perilaku mencurigakan dan memberikan peringatan dini kepada pihak berwenang. Selain itu, Singapura juga menggunakan analisis data untuk memprofilkan individu yang berisiko melakukan kejahatan dan mengambil tindakan preventif.

Berdasarkan hal tersebut, Implementasi dan pengembangan AI dalam membangun profil kriminal menawarkan banyak keuntungan, termasuk peningkatan efisiensi dan akurasi dalam prediksi kejahatan, serta kemampuan untuk menganalisis data dengan lebih mendalam. Namun, tantangan dalam hal etika, privasi, dan regulasi harus terus diperhatikan agar teknologi ini dapat digunakan secara bertanggung jawab. Negara-negara seperti Amerika Serikat, China, Inggris, dan Singapura telah menunjukkan bagaimana AI dapat diintegrasikan dalam sistem penegakan hukum untuk meningkatkan keamanan publik. Di masa depan, dengan pengembangan teknologi yang terus berlanjut, AI akan memainkan peran yang semakin penting dalam upaya global untuk mencegah dan mengatasi kejahatan. Dengan demikian, penerapan *Artificial Intelligence* dapat dicontohi pada beberapa negara yang telah maju sebagai sebuah pertimbangan dasar khusus dalam perkembangan regulasi dan kebijakan. (Sibro Mulisi, 2022)

KESIMPULAN

Penelitian ini mengupas peran dan dampak teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam bidang profil kriminal. Dengan memadukan teori, aplikasi praktis, dan pertimbangan etika, penelitian ini memberikan pandangan komprehensif terhadap bagaimana AI telah merevolusi dan terus membentuk cara kita melihat dan menanggulangi kejahatan. Pertama,

penelitian ini menguraikan landasan teoritis yang melandasi pendekatan profil kriminal berbasis AI. Dengan menggali konsep-konsep dasar dan penelitian terkini, pembaca diperkenalkan pada kemampuan AI dalam mengidentifikasi dan menganalisis pola perilaku kriminal, membuka potensi baru dalam pemahaman mendalam tentang kejahatan. Selanjutnya, penelitian ini mendemonstrasikan aplikasi praktis teknologi AI dalam membentuk profil kriminal. Mulai dari analisis data forensik digital, pendeteksian otomatis pola kejahatan, hingga pemanfaatan algoritma machine learning untuk memprediksi perilaku pelaku kejahatan, penelitian ini memberikan wawasan tentang cara teknologi AI meningkatkan efektivitas penyelidikan dan pencegahan kejahatan. Penelitian ini juga menyoroti aspek etika dan privasi yang relevan. Melalui penelusuran kritis terhadap isu-isu tersebut, pembaca diajak untuk mempertimbangkan dampak dan batasan teknologi AI dalam konteks keamanan dan keadilan. Penelitian ini membahas implementasi teknologi AI dalam lembaga penegak hukum di berbagai negara. Pengalaman praktis ini memberikan gambaran nyata tentang bagaimana AI dapat meningkatkan efisiensi penyelidikan dan memperkuat profil kriminal. Secara keseluruhan, penelitian ini dirancang untuk menjadi panduan komprehensif bagi pembaca yang tertarik dalam pengembangan teknologi AI dan perannya dalam menghadapi tantangan keamanan modern. Melalui penyelidikan mendalam dan pendekatan holistik, penelitian ini memberikan kontribusi penting untuk pemahaman kita tentang bagaimana AI membentuk profil kriminal dan mengarah pada transformasi paradigma dalam penegakan hukum.

Penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam membangun profil kriminal telah menjadi salah satu terobosan signifikan dalam bidang penegakan hukum dan keamanan publik. Teknologi AI digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data dari berbagai sumber guna membuat profil yang komprehensif tentang individu yang dicurigai atau telah melakukan tindakan kriminal.

Teknologi AI memungkinkan identifikasi pola kriminal yang kompleks dan memprediksi kemungkinan kejahatan di masa depan dengan akurasi yang lebih tinggi. Dengan analisis data yang lebih cepat dan tepat, pihak berwenang dapat mengalokasikan sumber daya dengan lebih efisien, fokus pada area-area yang membutuhkan perhatian khusus, dan memberikan perlindungan yang lebih baik bagi masyarakat.

Meskipun menawarkan keuntungan besar dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas penegakan hukum, penggunaan AI juga dihadapkan pada tantangan kompleks terkait dengan masalah privasi, bias, transparansi, dan akuntabilitas. Untuk memaksimalkan manfaat dari penggunaan AI dalam profil kriminal, penting untuk menjaga keseimbangan antara keamanan dan privasi, serta memastikan bahwa teknologi ini digunakan secara etis dan bertanggung jawab. Beberapa negara seperti Amerika Serikat, Cina, Inggris, dan Singapura telah menjadi contoh bagaimana AI dapat diintegrasikan dalam sistem penegakan hukum untuk meningkatkan keamanan publik, tetapi tantangan etika, privasi, dan regulasi harus terus dipertimbangkan dalam pengembangan dan implementasi AI di masa depan.

Pertanyaan Diskusi

1. Bagaimana penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam membangun profil kriminal dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penanganan kasus kriminal?
2. Apa saja keuntungan yang dimiliki oleh AI dalam pembuatan profil kriminal, dan

bagaimana hal ini membantu pihak berwenang dalam upaya penegakan hukum?

SARAN

1. Menerapkan regulasi yang ketat terkait dengan penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pembuatan profil kriminal. Regulasi ini harus memastikan bahwa penggunaan AI mematuhi standar etika dan hak asasi manusia.
2. Mengharuskan pihak-pihak yang menggunakan AI dalam profil kriminal untuk memberikan transparansi penuh tentang algoritma yang digunakan, sumber data, dan metode evaluasi untuk memastikan akuntabilitas dan keadilan.
3. Mendirikan lembaga atau badan independen yang bertanggung jawab atas pengawasan dan audit terhadap penggunaan AI dalam profil kriminal untuk memastikan kepatuhan terhadap aturan dan etika.
4. Melakukan pelatihan secara teratur bagi petugas penegak hukum tentang penggunaan yang benar dan etis dari teknologi AI dalam pembuatan profil kriminal serta kesadaran akan risiko bias yang mungkin muncul.
5. Mendorong kerja sama internasional dalam pengembangan standar global untuk penggunaan AI dalam profil kriminal, serta pertukaran informasi dan pengalaman antarnegara untuk memperbaiki praktik terbaik.
6. Memastikan bahwa data yang digunakan dalam pembuatan profil kriminal dijaga dengan ketat dan hanya digunakan sesuai dengan tujuan yang ditentukan, dengan mengutamakan keamanan dan privasi individu.
7. Melakukan evaluasi berkala terhadap kebijakan dan praktik yang terkait dengan penggunaan AI dalam profil kriminal untuk memastikan bahwa mereka tetap relevan, efektif, dan sesuai dengan perkembangan teknologi dan nilai-nilai masyarakat.
8. Menegaskan komitmen untuk memastikan bahwa penggunaan AI dalam profil kriminal tidak hanya meningkatkan efisiensi penegakan hukum, tetapi juga berkontribusi pada pencapaian keadilan yang sejati dan perlindungan hak asasi manusia.
9. Mendorong partisipasi aktif masyarakat sipil dalam proses perumusan kebijakan terkait dengan penggunaan AI dalam profil kriminal, termasuk melalui konsultasi publik, forum diskusi, dan mekanisme partisipasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkana Sulaiman. (2017, September 27). *Jika Anggota Kepolisian Melakukan Kesalahan Saat Penyidikan*. <https://www.hukumonline.com/klinik/a/jika-anggota-kepolisian-melakukan-kesalahan-saat-penyidikan-lt5933ed4c24b77/>.
- Flourish Itulua Abumere. (2012). *Criminal Profiling Government of Canada*. <https://www.researchgate.net/publication/260083326>
- Gefri Dariando, Y. H. A. F. A. I. F. (2023). Criminal Profiling Kasus Pembunuhan Dan Studi Kasus Eno Farihah. *Deposisi: Jurnal Publikasi Ilmu Hukum* , 1(2).
- George F. Luger, W. A. S. (1993). *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving* (2nd ed.). Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Holmes, R. M. , & H. S. T. (2008). *Profiling Violent Crimes* (Vol. 4). An Investigative Tool Sage Publications, Inc.
- Joseph Teguh santoso. (n.d.). *P Y KECERDASAN BUATAN*.
- Lukman Hakim. (2022, December 8). *Peranan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) dalam Pendidikan*. <https://ppg.kemdikbud.go.id>.
- M. Sobron Yamin Lubis. (2021). Implementasi artificial intelligence pada System manufaktur terpadu. *Jurnal Uisu*.
- Sahat Maruli T. Situmeang. (2021). *BUKU AJAR KRIMINOLOGI*.
- Sibro Mulisi. (2022). 42-2-PB (1). *Untag 1945*. conference.untag-sby.ac.id
- Supriyadi, E. I., & Asih, D. B. (2021). IMPLEMENTASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DI BIDANG ADMINISTRASI PUBLIK PADA ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0. *Jurnal RASI*, 2(2), 12–22. <https://doi.org/10.52496/rasi.v2i2.62>

**SOLUSI UNGGUL BERBASIS
KECERDASAN BUATAN, KOMPRESI DATA
DAN *COMPUTER VISION* UNTUK
*JAKARTA SMART CITY***

Mauritz Panggabean*

Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta

e-mail: mauritz.panggabean@gmail.com

PENDAHULUAN

Penciptaan kota cerdas di Jakarta dikatalisasi sejak 2016 oleh *Jakarta Smart City* (JSC), sebuah unit pengelola di Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dengan logo di Gambar 1 dengan <https://smartcity.jakarta.go.id/> sebagai situs resminya. Visinya dinyatakan sebagai berikut: “Jakarta Smart City berdiri sebagai katalisator dalam menciptakan ekosistem kota cerdas 4.0 di Jakarta. Kami adalah laboratorium inovasi sekaligus wadah sinergi antara warga dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta” (Jakarta Smart City [Internet], 2023a).

Bab ini bertujuan menyajikan sejumlah solusi unggul berbasis teknologi *artificial intelligence* (AI), kompresi data dan *computer vision* untuk mendukung visi JSC dari dua perusahaan dimana penulis memiliki jaringan, yaitu Kecilin dan Tomoru. Bagian Pendahuluan ini akan diikuti enam subbab. Subbab pertama akan menyajikan *state of the art* JSC serta kebutuhan dan tantangan yang dihadapi sebagai *pain points* yang akan dicoba diatasi dengan solusi-solusi di bab ini. Subbab kedua akan menyajikan profil singkat Kecilin serta solusi berbasis teknologi AI, kompresi data dan *computer vision* yang relevan untuk JSC, serta sejumlah studi kasus. Hal-hal yang sama tentang Tomoru dan solusi AI-nya akan menjadi substansi subbab ketiga. Sampai di sana, pembahasan terkait situasi dan kondisi saat ini. Subbab keempat membahas dengan singkat tentang tren dan perkembangan kota cerdas masa depan dalam fokus penggunaan solusi berbasis teknologi AI, kompresi data dan *computer vision*. Kesimpulan dari bab ini akan menjadi subbab kelima, dan diikuti rekomendasi kebijakan di subbab keenam dimana penulis merekomendasikan beberapa contoh ide kebijakan bagi JSC dimana teknologi dan solusi unggul itu dapat mengatasi *pain points* JSC sebagai katalisator penciptaan kota cerdas di Jakarta.



Gambar 1. Logo *Jakarta Smart City*

JAKARTA SMART CITY: STATE OF THE ART DAN PAIN POINTS

Subbab ini menyajikan *state of the art* dan *pain points* JSC per akhir 2023 yang relevan dengan solusi berbasis teknologi AI, kompresi data dan *computer vision*. Konten ini disarikan dari laporan tahunan JSC tahun 2023 (Jakarta Smart City, 2023) selain dari situs resmi JSC.

State of the art

Ada tujuh indikator kota cerdas JSC dalam mewujudkan ekosistem *smart city* 4.0 di Jakarta: *smart environment*, *smart economy*, *smart people*, *smart mobility*, *smart governance*, *smart living*, dan *smart branding* (Jakarta Smart City [Internet], 2023a). Sebagai Unit Pengelola (UP) di bawah Dinas Komunikasi, Informatika dan Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, JSC berwenang sebagai penyelenggara pengembangan ekosistem demi mewujudkan provinsi dan kota cerdas di Jakarta melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Satu bentuknya adalah JSC memfasilitasi penyampaian aspirasi atau opini publik terhadap pemerintah daerah mengenai informasi pemerintahan, ekonomi, lingkungan, pendidikan dan lainnya. Selain itu, sebagai Badan Layanan Umum Daerah (BLUD), dengan memanfaatkan TIK, JSC juga mengembangkan dan mensinergikan seluruh potensi dan sumber daya yang dimiliki untuk pengembangan kerjasama dan kemitraan demi pengelolaan kota Jakarta yang bersih dan transparan (Jakarta Smart City, 2023, hal. 6). Pada 2023, JSC berhasil melahirkan sepuluh inovasi berbasis TIK menuju kota cerdas berskala global yang

disajikan di Tabel 1 dengan kutipan langsung atas keterangan dan gambar dari laporan Jakarta Smart City (2023, hal. 9-10).

Tabel 1. Sepuluh inovasi JSC berbasis TIK pada 2023

No	Inovasi
1	Platform Kelas Warga Platform berbasis web (https://kelaswarga.jsclab.id/) yang menjadi wadah bagi masyarakat untuk belajar dan berbagi ilmu secara gratis. Kelas diadakan di ruang publik sekitar Jakarta, seperti Ruang Publik Terpadu Ramah Anak (RPTRA) dan taman kota, serta ruang virtual yang disediakan oleh JSC.
2	Platform City Data Platform (https://citydata.jsclab.id/) yang memberikan layanan konsolidasi data. Berisi kumpulan data dan informasi berbagai aspek kehidupan perkotaan, mencakup informasi demografi, infrastruktur, ekonomi, lingkungan, kesehatan, keamanan, berbagai dimensi lain, serta berbagai usaha riset/kajian yang dilakukan baik oleh tim JSC, peserta program <i>Data Science Trainee</i>, atau sinergi dengan peneliti dari berbagai organisasi.
	Dashboard Cepat Respon Masyarakat (CRM) Platform dan Dashboard CRM (https://crm.jakarta.go.id/) memberikan informasi terkini dan sistematis mengenai berbagai dimensi aduan masyarakat, baik dari sisi rekap jumlah aduan, pola aduan dalam rentang waktu tertentu, instansi penanggung jawab, status laporan, dan sebagainya. Penyajian data di platform CRM dapat dilihat berdasarkan rentang waktu harian atau bulanan, dan diperbarui secara otomatis setiap 15 menit sekali.
4	Dashboard Profil Warga Dashboard yang dapat menggambarkan kondisi sosial ekonomi wilayah kelurahan di DKI Jakarta, agar pemerintah setempat dapat mengetahui statistik warga dan mengambil kebijakan berbasis data.
5	Dashboard Pantau Banjir Dashboard untuk memantau informasi seputar banjir. Bertujuan untuk membantu warga mengantisipasi banjir dan menganalisis kondisi, potensi, serta prediksi terkait banjir di Jakarta. Selain itu, menyajikan informasi sensor rata-rata tinggi air, sensor rata-rata debit air, dan sensor rata-rata curah hujan dari 178 titik pemantauan (https://pantaubanjir.jakarta.go.id/).

No	Inovasi
6	Peta Jakarta Kini Peta yang memudahkan warga dan pendatang untuk menemukan berbagai lokasi fasilitas serta destinasi di Jakarta (https://jaki.jakarta.go.id/peta). Menyajikan informasi fasilitas umum, transportasi, fasilitas kesehatan, destinasi wisata, dan lain-lain.
7	Dashboard Mitigasi Kemiskinan Terdiri atas <i>Dashboard</i> Data Sasaran Bansos, <i>Dashboard</i> Alokasi dan Realisasi Bantuan Sosial, serta <i>Dashboard</i> Profil Bantuan Sosial. <i>Dashboard</i> Data Sasaran Bansos DKI Jakarta merupakan <i>dashboard</i> yang dibangun menggunakan irisan data Pensasaran Percepatan Penghapusan Kemiskinan Ekstrem (P3KE), Carik, dan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) yang bertujuan untuk mencari populasi data sasaran penerima bantuan sosial (bansos) yang layak. <i>Dashboard</i> Alokasi dan Realisasi Bantuan Sosial DKI Jakarta merupakan <i>dashboard</i> yang menampilkan informasi terkait perbandingan antara data alokasi penyaluran program bantuan dari Perangkat Daerah dengan data transaksi penyaluran dari Bank DKI. <i>Dashboard</i> Profil Bansos DKI Jakarta merupakan <i>dashboard</i> untuk melihat informasi hasil penyaluran program bantuan sosial kepada masyarakat. <i>Dashboard</i> ini berfungsi untuk pemantauan dan evaluasi Program Bantuan Sosial Provinsi DKI Jakarta.
8	Dashboard Stunting Bersinergi dengan Biro Kesejahteraan Sosial Provinsi DKI Jakarta, menyediakan informasi terkait kondisi balita dengan permasalahan gizi dan posyandu dalam menangani permasalahan gizi.
9	Super Aplikasi Jakarta Kini (JAKI) Generasi Ketiga JAKI mengintegrasikan lebih dari 60 layanan publik digital dari Perangkat Daerah (PD). Melalui <i>update</i> terakhir, JAKI hadir dengan layanan personalisasi dan Akun Warga. Dilengkapi dengan pengkategorisasian layanan, <i>search bar</i>, serta fungsi dwibahasa.
10	Jakarta Smart City Forum Merupakan forum kota cerdas tahunan yang mempertemukan berbagai kontributor kota cerdas di Jakarta, guna menguatkan sinergi dan merayakan inovasi Jakarta sebagai kota cerdas berskala global

Gambar 2 membandingkan perbedaan sebelum dan sesudah ada *platform* Cepat Respon Masyarakat (CRM), bersama dengan kinerja CRM sepanjang 2023 hingga 31 Desember 2023. Hadir sejak 2019 sebagai *platform* informasi, interaksi, transaksi elektronik, dan kolaborasi berbasis elektronik, JAKI (Jakarta Kini) adalah aplikasi super pemerintah provinsi DKI Jakarta untuk pelayanan publik. Perbedaan sebelum dan sesudah ada JAKI ditampilkan

di Tabel 2. Dalam hal infrastruktur, JSC memiliki 467 server yang beroperasi dan dikelola baik secara fisik maupun virtual. Di samping itu, ada 4.625 CCTV yang dikelola dan dipantau JSC, dan JSC JSC butuh memverifikasi hampir 100 ribu ID secara digital (Jakarta Smart City, 2023, hal. 13).



Gambar 2. Perbedaan sebelum dan sesudah CRM (atas) dan kinerja CRM di 2023 (bawah) (Jakarta Smart City, 2023, hal. 15)

Tabel 2. Perbedaan sebelum dan sesudah ada JAKI (Jakarta Smart City, 2023, hal. 18)

Aspek	Sebelum	Sesudah
Perangkat daerah (PD)	56 organisasi PD dengan lebih dari 150 aplikasi sendiri dan tidak terintegrasi.	Akses berbagai layanan publik dalam satu aplikasi
Data	Tersebar dan tidak terstandarisasi	Terintegrasi dan terstandarisasi
Akses informasi serta layanan publik	Sulit	Mudah
Sistem pelaporan	Tradisional dan memakan waktu > 1 hari. Proses submit perizinan dapat memakan waktu > 14 hari. Proses persetujuan perizinan dapat memakan waktu > 30 hari.	Online dan geo-tagging yang lebih mudah dan instan. Proses submit laporan hanya memakan waktu > 2–3 menit. Proses submit perizinan memakan waktu < 1 hari. Proses submit perizinan memakan waktu < 3 hari.
Sistem monitoring	Berbasis berkas fisik	Berbasis online
Cek pajak	Secara offline	Secara online
Pendaftaran vaksinasi	Antrean panjang	Secara online
Pendaftaran fasilitas kesehatan (faskes)	Secara langsung dan memakan waktu	Secara online dan cepat

Harga pangan di pasar	Sulit memantau	Secara <i>online</i>
Jaringan internet	Sulit mendapatkan	Pindai Wi-Fi publik gratis
Informasi resmi	Sulit mendapatkan	Mudah mendapatkan
Rute dan jadwal angkutan umum	Hanya informasi yang umum tersebar	Terintegrasi dan mudah

Pain points

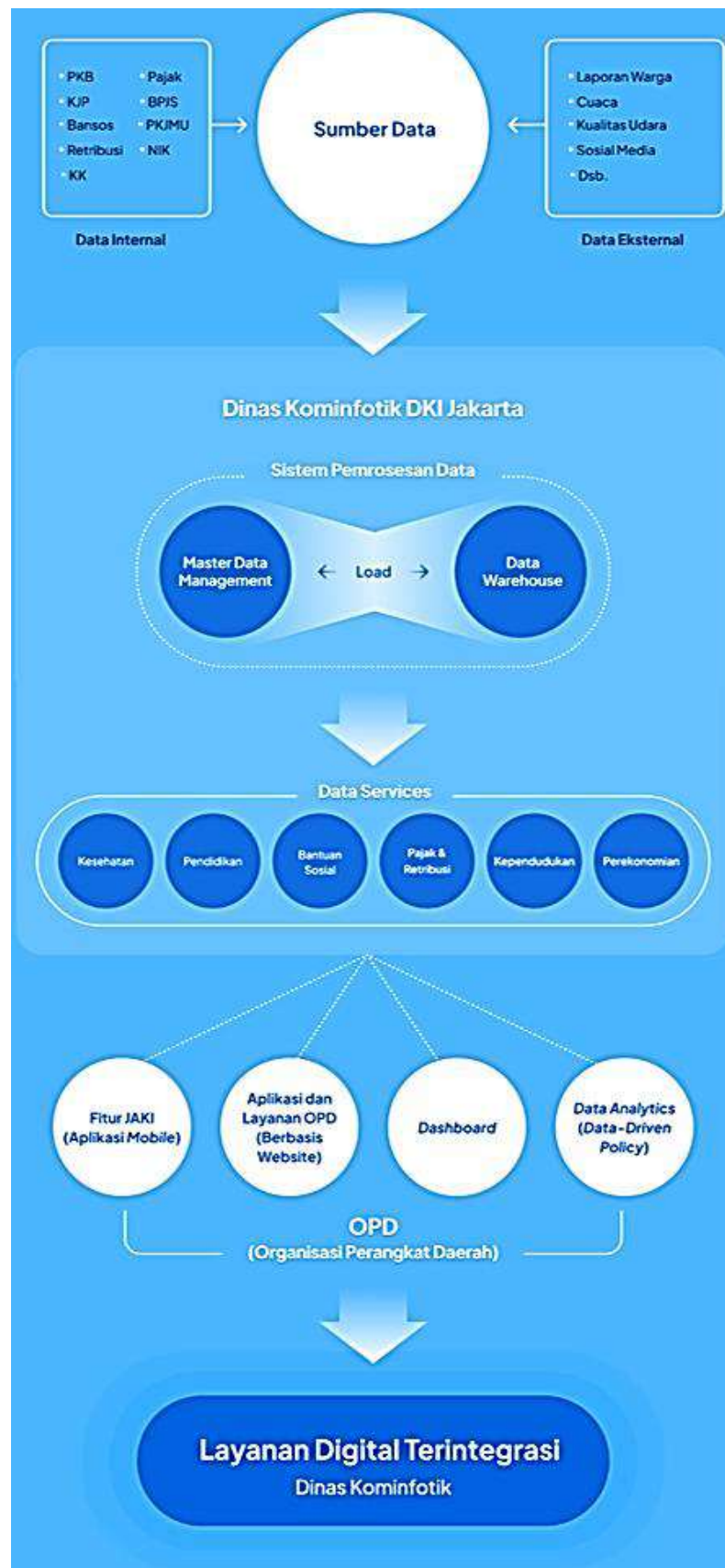
Apakah persoalan dan tantangan yang menjadi *pain points* JSC? Kita mulai dulu dengan eksplorasi AI yang telah JSC lakukan untuk pengembangan kota cerdas di Jakarta. Ada dua poin eksplorasi yang disampaikan, yaitu tentang (1) potensi *Generative AI*, *Blockchain*, *Metaverse*, 5G dan *Internet of Things* (IoT), serta (2) penerapan kebijakan AI di sektor publik Indonesia (Jakarta Smart City, 2023, hal. 23). Eksplorasi pertama menunjukkan bahwa AI dapat memperkuat aspek generatif, keamanan, konektivitas, dan responsivitas infrastruktur kota cerdas. Namun implementasi AI memiliki sejumlah tantangan, yaitu kebutuhan keamanan data yang kuat, integrasi teknologi yang kompleks, dan investasi yang substansial. Solusinya berfokus pada pengembangan alat AI yang cocok dengan kebutuhan kota, regulasi yang lebih baik, serta investasi dalam infrastruktur teknologi yang mendukung.

Eksplorasi kedua menemukan bahwa, dalam sektor publik Indonesia, AI berpotensi untuk meningkatkan efisiensi administratif, pelayanan publik yang lebih baik, dan dukungan untuk pembangunan berkelanjutan. Sebagai tantangan dan solusinya, diperlukan investasi yang lebih besar, fokus pada pengembangan keterampilan, dan kesadaran terhadap standar etika dan keamanan yang penting dalam penggunaan AI.

Sejumlah *dashboard* di Tabel 1 merupakan bagian dari *Master Data Management* (MDM) di JSC sebagai cara untuk mengelola data penting dari berbagai sumber, seperti data demografi, bantuan sosial, dan lainnya agar terintegrasi dan berkualitas baik. Dalam ekosistem data DKI Jakarta seperti ditampilkan di Gambar 3, MDM memastikan data tersebut digunakan pemerintah untuk mengambil keputusan yang tepat agar kualitas hidup warga menjadi lebih baik.

Ada beberapa tantangan manajemen data di JSC dalam hal integrasi dan kualitas. Terkait integrasi data, selain bahwa data internal dan eksternal yang dimiliki JSC datang dari berbagai perangkat daerah, tipe-tipe data ini juga berbeda dan tidak terintegrasi. Dalam hal kualitas data, selain struktur data tidak terstandarisasi, sumber data yang terintegrasi juga memiliki karakteristik berbeda-beda dalam kelengkapan data (Jakarta Smart City [Internet], 2023b).

Demikian sejumlah persoalan dan tantangan yang menjadi *pain points* JSC. Dua subbab berikutnya akan menyajikan sejumlah solusi unggul berbasis teknologi AI, kompresi data dan *computer vision* yang berpotensi besar untuk membantu menjawab dan mengatasi *pain points* JSC tersebut. Teknologi dan solusi ini dari dua perusahaan dimana penulis memiliki jaringan, yaitu **Kecilin**, sebuah perusahaan *startup* teknologi Indonesia berbasis di Jakarta, dan **Tomoru**, sebuah perusahaan internasional berbasis di Dubai, Uni Emirat Arab.



Gambar 3. Ekosistem data pemerintah provinsi DKI Jakarta (Jakarta Smart City [Internet], 2023b)

TEKNOLOGI DAN SOLUSI *KECILIN* UNTUK *JAKARTA SMART CITY*

Didirikan pada 2018, **Kecilin** adalah sebuah *startup* teknologi Indonesia berbasis riset yang memiliki dan menyediakan teknologi kompresi data mutakhir yang dapat mengurangi ukuran *file* teks hingga 99%, *image* hingga 80%, video hingga 90%, dan dokumen hingga 50%. Ini dicapai dengan tetap menjaga kualitas visual dengan resolusi dan format tetap sama, menggunakan teknologi dengan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) yang tinggi yaitu 88.16%. Subbab ini akan menyajikan dengan singkat dan visual tiga solusi milik Kecilin yaitu

1. Sistem cerdas terintegrasi pemantauan CCTV *live* jarak jauh dengan *actionable insights*
2. Sistem kompresi data otomatis kompak untuk transformasi digital
3. *Data Optimizer SDK* untuk aplikasi *mobile*



Gambar 4. Logo
Kecilin

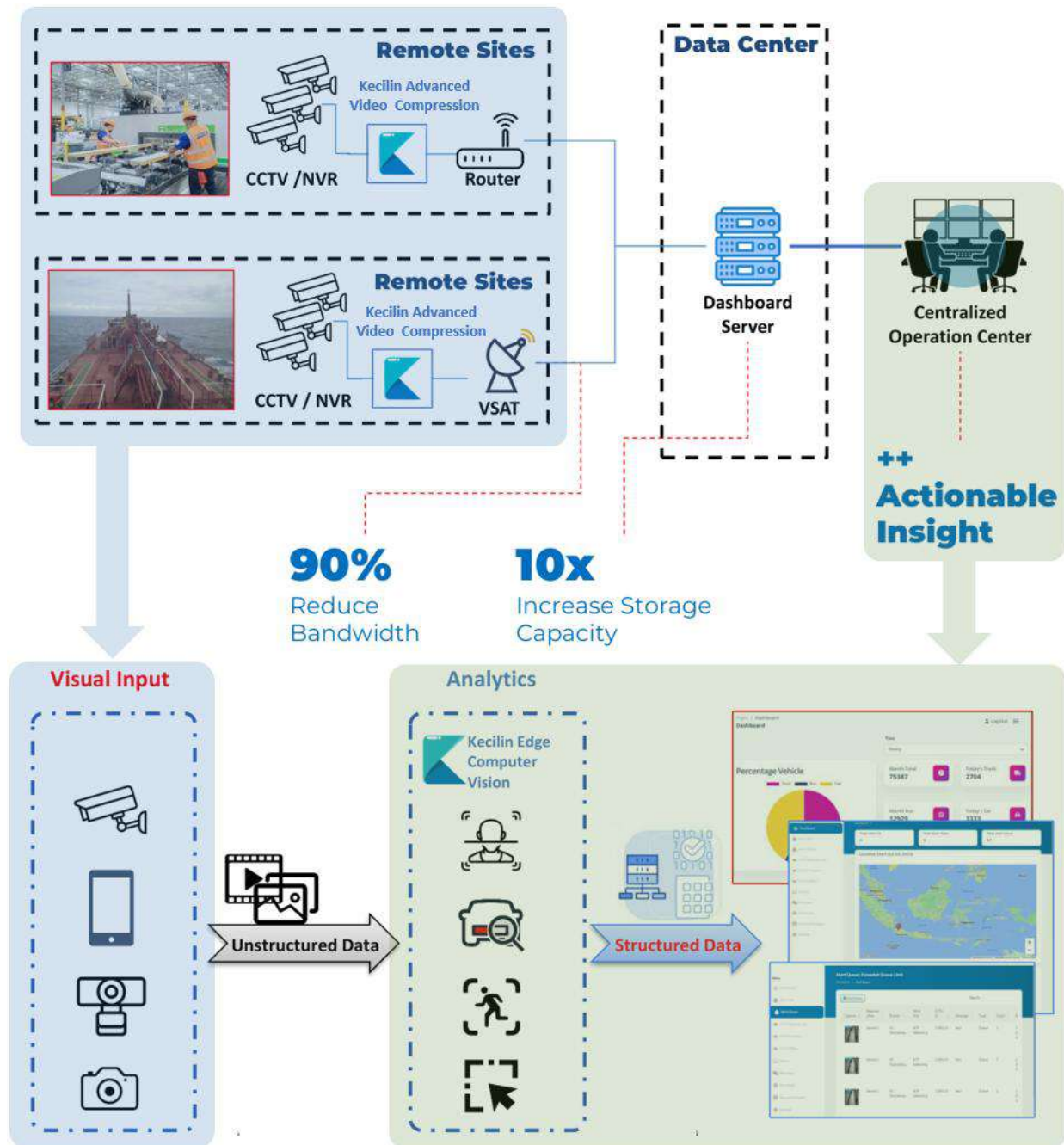
Kasus studi juga akan diberikan. Semua informasi ini disarikan dari dokumen internal Kecilin dan situs resminya di <https://kecilin.id/>.

Sistem cerdas terintegrasi pemantauan CCTV live jarak jauh dengan actionable insights

Kamera-kamera CCTV di pasaran saat ini menghasilkan luaran video dengan resolusi tinggi dengan *bitrate* yang cukup tinggi pula. Jika seluruh luaran video dari sekian banyak CCTV ingin ditransmisikan untuk disimpan di sebuah *data center* terpusat, sejumlah *pain points* muncul akibat *bitrate* yang cukup tinggi itu yaitu: (1) tingginya biaya untuk transmisi data, (2) kapasitas penyimpanan yang terbatas akan cepat habis, (3) sulitnya memonitor seluruh CCTV secara *live* dari satu *command center*, dan (4) tantangan teknis soal kompatibilitas dan interoperabilitas.

Dengan teknologi kompresi video mutakhirnya, Kecilin memberikan solusi untuk semua *pain points* ini seperti diilustrasikan di Gambar 5. Luaran video dengan beragam format dari seluruh CCTV dengan berbagai merk dan tipe di tempat yang jauh dapat dikurangi ukurannya hingga 90% yang menekan biaya transmisi sekaligus menghemat penggunaan kapasitas penyimpanan di *data center* hingga 10x. *Live monitoring* dan *post-processings* di sebuah *operation center* tersentralisasi yang menghasilkan *actionable insights* jadi dapat direalisasikan. Semua *pain points* di atas dapat digantikan dengan banyak keuntungan seperti efisiensi biaya, proses bisnis yang lebih cepat, keunggulan operasional, optimasi sumber daya yang meningkat, peningkatan performa yang kontinu, serta pembuatan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

Post-processings mutakhir seperti deteksi dan rekognisi objek secara otomatis berbasis AI dan *computer vision* pada video input yang dilakukan *on premise* di operation center akan menghasilkan informasi berharga menuju *actionable insights*. Gambar 6 menampilkan delapan contoh informasi dan *actionable insights* yang dapat dihasilkan oleh sistem *analytics* canggih dan cerdas dari Kecilin yang dapat dikustomisasi sesuai dengan kebutuhan klien. Informasi ini dapat mengaktifkan alarm dan *alert* sehingga respon lebih tanggap, cepat dan tepat dapat dilakukan terhadap insiden yang telah terjadi dan terdeteksi.



Gambar 5. Solusi sistem cerdas terintegrasi pemantauan CCTV *live* jarak jauh dengan *actionable insights*

Cukup banyak perusahaan telah menggunakan solusi ini dan mendapatkan banyak manfaat, antara lain Bank BRI, Bank Mantap, ASDP, PTPN 5, PELNI dan Bogasari, seperti ditampilkan di situs resminya. Sebagai contoh, dengan solusi Kecilin ini, Bank BRI dapat memiliki *video surveillance system* terpusat di sebuah *command center*. *Service excellence* lebih tinggi dapat dicapai, dengan dapat memantau secara *live* dan terpusat sekian cabang dan ATM Bank BRI di seluruh Indonesia. Rekaman video dengan kualitas visual terjaga, resolusi dan format tetap, serta durasi jauh lebih lama di *data center* akan sangat membantu jika terjadi insiden atau *fraud*. Solusi ini relevan dan cocok sekali untuk JSC yang memiliki 4.625 titik CCTV di seluruh Jakarta.



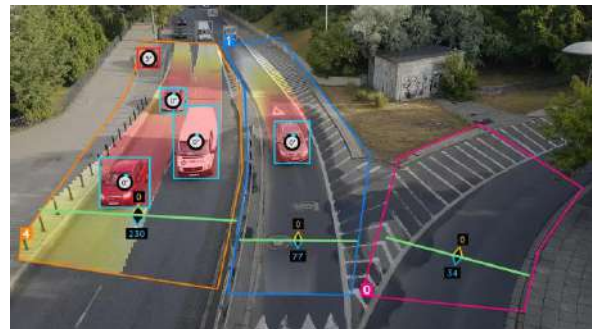
(A) Deteksi objek bergerak untuk keamanan



(B) Deteksi orang untuk manajemen antrian



(C) Deteksi orang untuk analisis keramaian



(D) Deteksi kendaraan dan jalan untuk manajemen lalu lintas



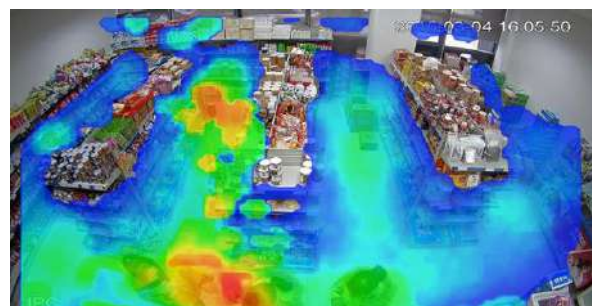
(E) Deteksi dan rekognisi plat nomor kendaraan



(F) Deteksi objek untuk keselamatan kerja



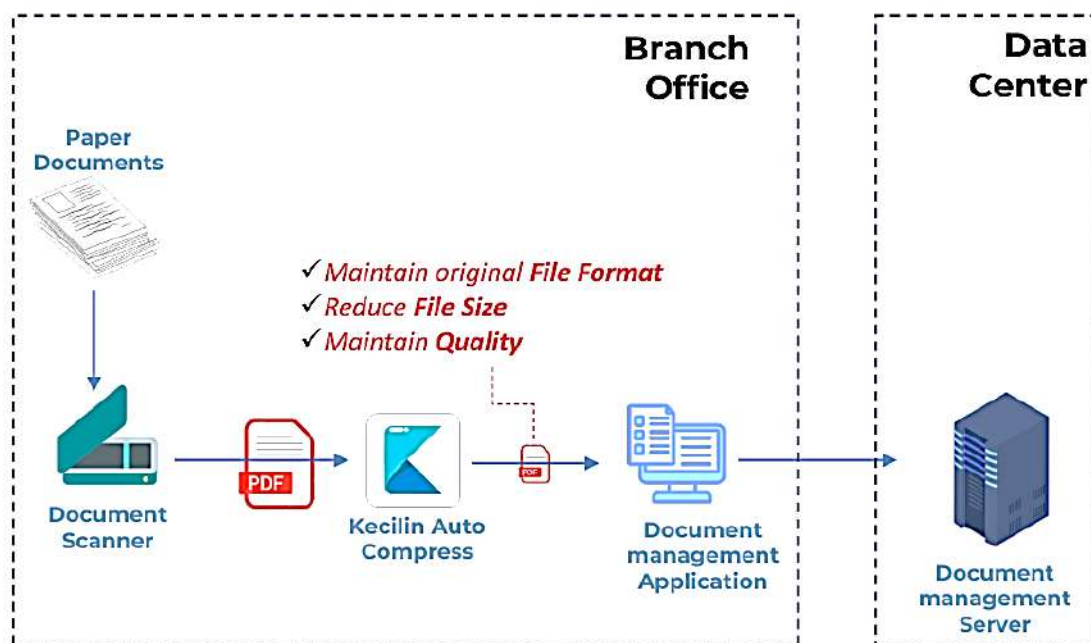
(G) Deteksi orang untuk kalkulasi waktu dan analisis perilaku

(H) Analisis *heatmap* untuk optimasi sumber daya bisnis

Gambar 6. Beberapa contoh *actionable insights* dari deteksi dan pengenalan objek otomatis berbasis AI dan *computer vision* dari video input

Sistem kompresi data otomatis kompak untuk transformasi digital

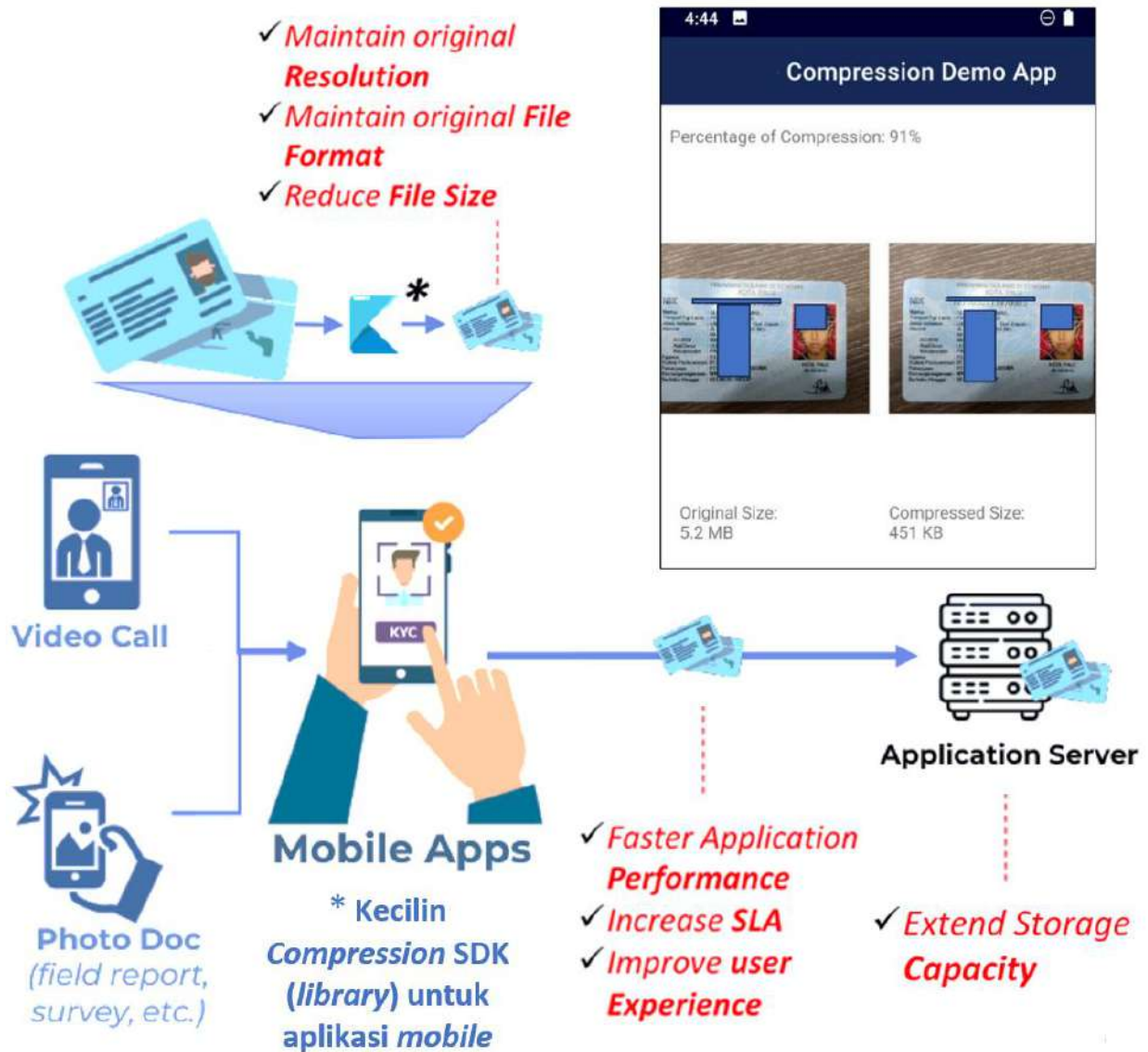
Sebuah organisasi yang besar setiap harinya bisa menghasilkan banyak dokumen PDF yang butuh pengelolaan yang cerdas. Seperti di kasus CCTV di atas, keterbatasan konektifitas transmisi dokumen ke *data center* dan kapasitas penyimpanan yang terbatas di *document management server* kembali menjadi *pain points* yang menghambat tercapainya transformasi digital. Solusi *Auto-Compress* Kecilin (Gambar 7) mengatasi semua *pain points* itu dengan mampu mengurangi ukuran dokumen hingga 50% dan tetap menjaga kualitas visual dan format *file* asli. Sebuah solusi yang cocok dan relevan untuk transformasi digital organisasi besar seperti Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang memiliki 467 server di bawah kelola JSC.



Gambar 7. Solusi *Auto-Compress* Kecilin

Data Optimizer SDK untuk aplikasi mobile

Know Your Customer/Client (KYC) adalah proses pemeriksaan wajib yang sering diperlukan untuk mengidentifikasi dan memverifikasi bahwa identitas seseorang memang benar sesuai klaimnya untuk mencegah risiko seperti penipuan, korupsi, transaksi ilegal, dan pencucian uang. KYC melibatkan proses *video call* atau memfoto dokumen seperti KTP menggunakan gawai *mobile*. Jika ada ribuan bahkan jutaan orang membuat *file* gambar berukuran besar dari aplikasi kamera standar, proses transmisi dan penyimpanannya ke *data center* akan membutuhkan biaya sangat besar. Jika kecepatan internet rendah, transmisi *file* ukuran besar akan membutuhkan waktu lama, padahal proses KYC butuh cepat. *Pain points* ini dapat diatasi dengan menggunakan aplikasi *mobile* berbasis *data optimizer* SDK Kecilin (Gambar 8). Ukuran *file* gambar dapat menjadi sampai 90% lebih kecil dan kualitas visualnya secara kasat mata tidak berubah. Sebuah solusi yang cocok dan relevan untuk JSC yang butuh verifikasi hampir 100 ribu ID secara digital.



Gambar 8. Solusi aplikasi *mobile* dengan *data optimizer SDK* Kecilin dengan contoh kompresi gambar di KYC dari 5.2 MB menjadi 451 KB dengan kualitas visual terlihat tak berubah

TEKNOLOGI DAN SOLUSI TOMORU UNTUK JAKARTA SMART CITY

Sekarang saatnya untuk memperkenalkan **Tomoru**, sebuah perusahaan internasional berbasis di Dubai, Uni Emirat Arab, yang memiliki dan menawarkan teknologi dan solusi *AI voice robot* yang terbaik secara teknis dan sangat *cost-efficient* di dunia. Konten subbab ini disarikan dari situs resminya di <https://tomoru.app/> dan dokumen internal Tomoru yang dapat dipublikasikan. Berdiri tahun 2019, Tomoru per 2024 mengoperasikan lebih dari 3.000 AI robot untuk 2.000 lebih perusahaan atau organisasi di lebih dari 20 negara di seluruh dunia.



Gambar 9. Logo Tomoru

Teknologi dan solusi AI voice robot berbasis Chip AI dan NLP mutakhir

Satu keunikan utama AI voice robot Tomoru dari perusahaan lainnya adalah sebagai satu-satunya perusahaan di dunia yang menggunakan teknologi chip sendiri dalam bidang voice call dan chatbot AI. Chip ini yang menjadi otak robot Tomoru yang paling mutakhir, dinamakan *Tomoru Engine-2*. Artinya Tomoru tidak menggunakan *Generative AI* seperti ChatGPT untuk AI voice robotnya seperti digunakan banyak perusahaan lainnya. Tabel 3 mendaftarkan dan memaparkan teknologi di balik AI voice robot Tomoru.

Tabel 3. Teknologi AI voice robot Tomoru

No	Teknologi
1	Tomoru Engine-2 Otak robot yang mampu melakukan percakapan yang hidup dan menyenangkan. Mampu membuat keputusan- keputusan sepanjang percakapan dengan memilih lebih dari 100 pilihan yang memenuhi kriteria.
2	Tomoru NLP (Natural Language Processing) Mampu mengenali dan memahami percakapan natural manusia
3	Tomoru Flex Membangun dialog yang fleksibel dengan mampu merespon pertanyaan <i>follow up</i> atau keberatan kapan saja dari manusia yang menjadi lawan bicara
4	Tomoru GI (Global Intelligence) Seluruh robot Tomoru dari klien berbeda, terutama yang berbahasa sama, dapat saling melatih satu sama lain, membuat setiap robot makin cerdas dan efisien.
5	Tomoru G-Care Menjaga reputasi klien dengan secara cerdas mendistribusikan panggilan ke setiap <i>customer</i> , memeriksa zona waktu, dan mencegah panggilan saat malam dan yang berulang yang dapat mengganggu orang yang dihubungi oleh robot.
6	Tomoru API Memudahkan integrasi dengan sistem atau <i>database</i> CRM klien
7	Tomoru Speechkit Secara otomatis di server, mengkonversi percakapan dalam setiap panggilan ke teks dengan tingkat akurasi tinggi meski ada <i>noise</i> . Transkrip dapat diakses klien dan diproses lebih lanjut dengan <i>parsing</i> ke <i>spreadsheet</i> di server.
8	Tomoru + Google Voice Memberikan suara manusia saat membaca sebuah teks

Dengan seluruh teknologi tersebut, tidak heran jika 92% klien Tomoru tidak menyadari bahwa sebenarnya mereka sedang berbicara dengan sebuah robot. Ini karena AI voice robot Tomoru berbicara seperti manusia, dengan suara manusia, dan dalam lebih dari 100 bahasa dan aksen di dunia yang didukung oleh AI voice library Tomoru. Suara manusia memberikan sentuhan pribadi dan membangun kepercayaan dan keandalan sebab manusia akan lebih bersedia untuk percaya dan mengikuti instruksi dari manusia sebenarnya.

Jika voicebot diinterupsi oleh manusia lawan bicara, ia akan berhenti dan merespon terhadap interupsi itu sesuai konteks percakapan. Jika mendapatkan pertanyaan atau keberatan dari lawan bicara, voicebot akan menjawab dan melanjutkan dialog untuk mencapai tujuan yang

telah didesain. Artinya *voicebot* tidak akan melantur dari tujuannya dengan mengikuti arah percakapan lawan bicara, seperti lazimnya jika menggunakan *Generative AI*. Alur yang berorientasi tujuan ini disebut proses non-linear. Ini membuat percakapan terdengar organik dan alami serta mencapai tujuan yang diinginkan. Robot Tomoru dapat bekerja 24/7, tetap ramah dan gembira, dan membuat hingga 100.000 panggilan per hari, sehingga sangat efektif dan efisien untuk menggantikan aktivitas dan proses panggilan yang teratur dan berulang seperti beragam aplikasi di Tabel 4.

Tabel 4. Beragam contoh aplikasi AI *voice robot* Tomoru

Area	Aplikasi
Dalam <i>sales</i>	1. Melakukan panggilan terhadap pelanggan yang tidak aktif atau hilang 2. Membuat penjualan yang tidak dapat dilakukan penjual manusia 3. Memberikan informasi atau pengingat 4. Menerima panggilan masuk (<i>inbound</i>)
Dengan <i>customers</i> (eksternal)	5. Melakukan <i>Net Promoter Score</i> (NPS), <i>quality control</i> dan survei 6. Melakukan customer support dan menangani pertanyaan atau keluhan
Dengan <i>karyawan</i> (internal)	7. Membangun <i>knowledge base</i> di dalam organisasi 8. Melakukan fungsi HR dan rekrutmen, seperti <i>screening</i> kandidat, menjadwalkan wawancara, dan bahkan melakukan wawancara awal.

Tabel 5 membandingkan sebuah organisasi tanpa robot (sepenuhnya tenaga manusia) dan organisasi yang menggunakan robot Tomoru. Banyak contoh percakapan panggilan robot AI Tomoru diberikan di kanal resminya di <https://www.youtube.com/@TomoruApp/videos>. Tidak sulit untuk melihat bagaimana solusi AI kelas dunia dari Tomoru ini dapat menjawab *pain points* JSC dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk menjadikan Jakarta kota cerdas, seperti yang akan diperjelas di subbab terakhir tentang rekomendasi kebijakan.

Tabel 5. Perbandingan keuntungan dan keunggulan menggunakan AI *voice robot* Tomoru

Organisasi tanpa robot	Organisasi dengan robot Tomoru
Lambat. Satu departemen dengan 10 orang membutuhkan dua bulan untuk berbicara dengan 10.000 klien.	Cepat dan efisien. Robot Tomoru dapat berbicara dengan 10.000 klien hanya dalam 1-2 hari. Hanya klien tertentu yang akan diteruskan ke staf manusia untuk ditindaklanjuti.
Butuh banyak karyawan. Masing-masing harus dicari, direkrut, dilatih dan diawasi.	Lebih sedikit karyawan dan cukup yang ahli saja. Karena robot Tomoru telah menyaring klien tertentu saja, jauh lebih sedikit staf yang diperlukan untuk menindaklanjuti para klien ini.
Staf cepat <i>burn out</i> dan kehilangan motivasi kerja karena melakukan panggilan ke begitu banyak klien dengan percakapan berulang, apalagi menerima banyak penolakan.	Lebih mudah untuk merekrut staf yang terbaik sebab mereka tidak perlu lagi melakukan <i>cold calls</i> yang kini dilakukan robot, dan bisa fokus pada tugas-tugas yang lebih penting dan menarik.

Kualitas penjualan dalam panggilan menurun namun gaji staf tetap harus dibayar	Robot Tomoru akan selalu melakukan kinerja terbaik dalam setiap panggilan selama 24/7. Tidak perlu digaji dan tidak menimbulkan kerepotan layaknya dari staf manusia.
Proses <i>scaling</i> lambat , baik ketika ingin menambah atau mengurangi jumlah dan frekuensi panggilan	Proses <i>scaling</i> sangat cepat. Jumlah panggilan dapat dijadikan 10x atau jadi 0 hanya dalam 1 menit.

TREN PERKEMBANGAN KOTA CERDAS MASA DEPAN

Bagaimana tren perkembangan kota cerdas masa depan menurut literatur terkini, terutama terkait penggunaan teknologi dan solusi seperti AI? Dapat disimpulkan dari literatur terkini bahwa AI akan semakin diperlukan bahkan mutlak menjadi bagian esensial di kota cerdas masa depan, dengan sejumlah tantangan baru yang muncul, seperti beberapa contoh kajian berikut.

Sebuah studi survei tentang *real time video summarization* di kota cerdas (Shambarkar & Goel, 2023) menunjukkan bahwa *video summarization* dari *big data* perkotaan berkembang cepat dan semakin diperlukan di kota cerdas untuk peningkatan tata kelolanya. Teknologi dan solusi kompresi video akan menjadi esensial dalam implementasinya.

Yan *et al.* (2023) mengkaji berbagai aplikasi multifaset dari AI dalam lingkup kota cerdas yang menunjukkan peran strategisnya dalam membentuk dan memajukan kota cerdas kini dan masa depan. Teknologi AI sangat instrumental di kota cerdas dalam mengoptimasi alokasi sumber daya, meningkatkan kualitas proses pembuatan keputusan, dan paling utamanya menaikkan kualitas hidup secara holistik. Kota cerdas masa depan membutuhkan interkonektivitas dari beragam elemen untuk mengembangkan kemampuan dan dampak AI, termasuk aspek etika, hukum dan regulasinya. *Review* literatur tentang AI di kota-kota cerdas oleh Szpilko *et al.* (2024) juga mengungkapkan tantangan-tantangan lainnya terkait sekuriti, standarisasi, dan digitalisasi yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Banyak kajian *review* tentang kota-kota cerdas seperti oleh Herath dan Mittal (2022), Munoth *et al.* (2022) dan Gracias *et al.* (2023) menunjukkan bahwa integrasi teknologi dan solusi yang *data-driven* memiliki potensi untuk merevolusi kehidupan urban di kota-kota cerdas masa depan dengan menyediakan layanan yang semakin *personalized* dan dapat diakses untuk para warganya. Namun demikian, implementasinya menimbulkan tantangan-tantangan seperti tentang privasi, akses yang tidak setara ke teknologi, serta perlunya kolaborasi lintas sektor swasta, publik dan pemerintah. Ini konsisten dengan hasil dua eksplorasi JSC di atas.

Aspek implementasi dan pengembangan AI dengan sejumlah teknologi lain seperti *Internet of Things* (IoT), komunikasi 5G dan komputasi awan untuk kota-kota cerdas kini dan masa depan dibahas misalnya oleh Alahi *et al.* (2023), Whaiduzzaman *et al.* (2022), dan Hashem *et al.* (2023). Semua menunjukkan bagaimana AI tidak terpisahkan di kota-kota cerdas masa depan di dalam ekosistem teknologi-teknologi lainnya.

KESIMPULAN

Jakarta terus berbenah menjadi megapolitan yang berkelanjutan dan berinovasi. Transformasi menjadi kota cerdas (*smart city*) pun menjadi fokus penting. Pengembangan menjadi kota cerdas dan katalisasinya dengan tata kelola pemerintahan yang baik menjadi tugas Jakarta Smart City (JSC), sebuah unit pelaksana di bawah Dinas Komunikasi, Informatika dan Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Bab ini bertujuan mempresentasikan profil, *state of the art* dan *pain points* JSC sesuai laporan tahunan tahun 2023. Percepatan pembangunan Jakarta sebagai kota cerdas membutuhkan sinergi dan kolaborasi termasuk dari pihak industri dan swasta. Karena itu, subbab tentang JSC akan dilanjutkan dengan pemaparan sejumlah solusi unggul berbasis teknologi artificial intelligence (AI), kompresi data, dan computer vision untuk mendukung JSC dari dua perusahaan dimana penulis memiliki jaringan, yaitu Kecilin dan Tomoru. Sebagai sebuah startup teknologi Indonesia yang berbasis riset dan berkembang pesat, Kecilin memiliki dan menawarkan tiga solusi unggul berbasis teknologi artificial intelligence (AI), kompresi data, dan computer vision yang telah teruji dan siap diimplementasikan: (1) sistem cerdas terintegrasi pemantauan CCTV live jarak jauh dengan actionable insights, (2) sistem kompresi otomatis kompak untuk transformasi digital, dan (3) Data Optimizer SDK untuk aplikasi mobile. Tomoru memiliki dan menawarkan teknologi dan solusi AI voice robot terbaik di dunia. Setelah membahas tren perkembangan kota cerdas masa depan dan kesimpulan, penulis memberikan sejumlah rekomendasi kebijakan bagaimana teknologi dan solusi unggul dari Kecilin dan Tomoru dapat diterapkan untuk membantu JSC dan pemerintah provinsi DKI Jakarta demi menjadikan Jakarta kota cerdas dengan tata kelola yang semakin baik. Dengan memperhatikan kebutuhan warga secara holistik, Jakarta bukan hanya sekadar kota metropolitan yang maju secara ekonomi, tetapi juga menjadi contoh dalam penerapan solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas hidup dan keberlanjutan lingkungan dengan tata kelola yang baik bagi seluruh penduduknya, dengan penerapan solusi unggul berbasis teknologi AI, kompresi data dan computer vision yang efisien dan efektif.

Bab ini telah mempresentasikan profil, *state of the art* dan *pain points* dari *Jakarta Smart City* (JSC) sebagai sebuah unit pengelola di Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang menjadi katalisator dalam menciptakan ekosistem kota cerdas 4.0 di Jakarta, khususnya demi tata kelola pemerintahan yang lebih baik. Setelah itu, telah dipaparkan pula sejumlah solusi unggul berbasis teknologi AI, kompresi data dan *computer vision* untuk mendukung dan mengatasi *pain points* JSC dari dua perusahaan dimana penulis memiliki jaringan, yaitu Kecilin dan Tomoru. Sejumlah *insights* bagaimana teknologi dan solusi tersebut dapat menjawab *pain points* JSC juga telah disinggung, sebagaimana pentingnya AI untuk kota-kota masa depan telah ditunjukkan oleh sejumlah publikasi kajian akademik terkini di subbab sebelumnya. Rekomendasi kebijakan dari penulis untuk sejumlah contoh ide implementasi lebih detil dalam konteks JSC disajikan setelah subbab ini.

SARAN

Kini saatnya untuk penulis memberikan rekomendasi-rekomendasi kebijakan yang lebih detil namun kompak tentang bagaimana teknologi dan solusi dari Kecilin dan Tomoru dapat membantu dan mendukung JSC dalam menjadikan Jakarta sebagai kota cerdas dengan tata kelola yang lebih baik.

Mari kita mulai dengan Kecilin sesuai dengan tiga solusinya. Pertama, solusi sistem cerdas terintegrasi pemantauan CCTV *live* jarak jauh dengan *actionable insights* sangat relevan untuk JSC yang memiliki 4.625 titik CCTV di seluruh Jakarta. Dengan solusi yang sangat *cost efficient* ini, seluruh titik CCTV tersebut dapat dipantau secara *live* dari satu atau lebih *command center*, dan sekaligus disimpan di *data center* dengan sangat menghemat penggunaan kapasitas penyimpanan. Dengan demikian biaya untuk transmisi dan penyimpanan dapat ditekan secara signifikan.

Selain itu, *post-processings* berbasis AI dan *computer vision* atas video input dari seluruh titik CCTV ini dapat dikemas dan dirancang sesuai kebutuhan JSC tergantung lokasi CCTV. Sebagai contoh, jika ada area dengan batas maksimum jumlah orang di dalamnya, maka berdasarkan *live video stream input* dari titik-titik CCTV di area tersebut, sistem dapat secara otomatis menghitung jumlah orang yang ada di sana setiap saat dengan akurasi tinggi. Jika jumlahnya melebihi batas, maka sistem akan langsung mengirimkan alarm peringatan ke unit yang berwenang. Ini hanya satu contoh dari banyak pengolahan data yang sudah siap diimplementasikan seperti di Gambar 6. Solusi lainnya di luar itu dapat dirancang dan dibuat khusus sesuai kebutuhan JSC dan pemerintah provinsi DKI Jakarta. Data dan informasi hasil dari sistem deteksi dan rekognisi otomatis berbasis AI dan *computer vision* ini dapat diintegrasikan ke ekosistem data pemerintah provinsi DKI Jakarta di Gambar 3. Potensinya besar untuk meningkatkan kualitas tata kelola Jakarta sebagai kota cerdas yang lebih baik. Dua solusi lainnya dari Kecilin – *Auto-Compress* (Gambar 7) dan *data optimizer* SDK untuk aplikasi *mobile* (Gambar 8) – juga tidak sulit untuk menemukan implementasinya untuk JSC dan pemerintah provinsi DKI Jakarta yang pasti memiliki dan menghasilkan banyak dokumen setiap harinya dan perlu verifikasi identitas warga dalam sistemnya.

Solusi AI *voice* robot kelas dunia dari Tomoru juga akan mampu banyak membantu JSC dan pemerintah provinsi DKI Jakarta dalam membangun kota cerdas dengan tata kelola yang semakin baik. Jika AI *voice* robot difungsikan untuk menerima panggilan *inbound* dari warga, ia akan sangat efektif untuk melayani pertanyaan-pertanyaan warga yang banyak berulang atau sosialisasi informasi dari pemerintah sebagai *contact/call center* dan pusat informasi 24 jam, seperti tentang informasi umum terkini tentang pelayanan publik seperti pajak, pelayanan kesehatan, angkutan umum, dan pendidikan. Sistem *whistleblower* warga juga dapat dilakukan dengan cara ini sebab laporan percakapan warga saat panggilan akan dengan sangat akurat dikonversi otomatis ke teks di server.

Jika AI *voice* robot Tomoru digunakan untuk melakukan panggilan *outbound* ke sekian banyak nomor warga yang perlu dihubungi dengan cepat, ia akan sangat efisien dan efektif berfungsi misalnya untuk survei pemerintah, contohnya tentang tingkat kepuasan warga. Untuk satu sesi survei dengan misalkan sepuluh pertanyaan, sistem dapat secara otomatis mengambil 10.000 nomor telepon warga secara acak dari *database* dengan distribusi merata di setiap wilayah DKI Jakarta. AI *voice robots* lalu akan menghubungi seluruh nomor ini dengan misalnya 30 panggilan ke 30 nomor berbeda secara paralel. Jika satu panggilan yang berhasil menyelesaikan 10 pertanyaan rata-rata butuh 3 menit, sangat memungkinkan untuk menyelesaikan survei dengan 10.000 responden hanya dalam satu hari. Luaran dari ini adalah sebuah *file spreadsheet* dengan 11 kolom dengan 10.000 baris dengan setiap kolom berisi nomor telepon dan jawaban setiap responden

untuk setiap dari 10 pertanyaan survei.

Satu aplikasi lainnya untuk panggilan *outbound* adalah untuk mengingatkan sejumlah warga tertentu tentang kewajiban yang harus mereka selesaikan, misalnya pembayaran pajak bumi dan bangunan. Peningat dalam bentuk e-mail atau SMS sangat mudah diabaikan orang. Namun pengingat oleh AI *voice* robot akan memastikan yang ditelepon akhirnya menerima panggilan dan menerima pesan langsung. Percakapan pun akan dikonversi ke teks secara otomatis di server sebagai bukti dan transkrip langsung dari percakapan. Ini hanya segelintir contoh rekomendasi ide dari banyak potensi bagaimana solusi dan teknologi Kecil dan Tomoru dapat mendukung JSC. Integrasinya ke dalam sistem eksisting JSC dan pemerintah provinsi DKI Jakarta dapat dilakukan dengan koordinasi dan kolaborasi yang baik.

Global Future Council on Cities and Urbanization (2018-2019) World Economic Forum (2020) memaparkan 25 kasus studi proyek solusi kota cerdas yang sukses dari 25 kota di luar negeri dari lima tema kunci di Tabel 6. Ada empat kriteria proyek yang sukses: (1) dapat direplikasi oleh kota-kota lain sesuai konteks, (2) *self-sustainable* dan telah berhasil berkembang dari tahap pilot ke *scaling*, (3) secara jelas mengidentifikasi biaya dan keuntungan dengan monetisasinya, dan (4) merupakan solusi disruptif dengan luaran yang jelas. Dari 25 kasus studi ini dapat diangkat tiga contoh inspiratif untuk JSC dan pemerintah provinsi DKI Jakarta dimana teknologi dan solusi Kecil dan Tomoru dapat berkontribusi untuk meningkatkannya.

Theme	Governance and Policy	Society	Infrastructure & Services		Environment	Business & Economy
Issues	1. Urban Planning	1. Public Safety and Security	1. Water	2. Waste	1. Air Pollution Prevention	1. Urban Business Environment
	2. City Operations and Finance	2. Health Provision	3. Mobility, Transport and Geographic Accessibility		2. Land Protection and Rehabilitation	2. Private-Sector Investment
	3. Citizen Engagement	3. Access Usage and Completion of Education	4. ICT Connectivity		3. Water Protection and Rehabilitation	3. Development of a Competitive Economy
		4. Social Inclusion	5. Energy	6. Real Estate	4. Biodiversity Protection and Rehabilitation	4. Green Growth
		5. Demographic Change	7. Education, Health, Social, Community & Recreational		5. Urban Resilience and Adaptation to Climate Change	

Tabel 6. Lima tema kunci dan isu-isu solusi sukses kota cerdas

(World Economic Forum, 2020, hal. 6)

Kasus pertama yaitu *Urban Environment Quality Index* di Rusia (World Economic Forum, 2020, hal. 8). Perangkat monitoring reguler ini mengevaluasi kualitas infrastruktur kota, menentukan tingkat popularitas taman-taman kota atau tingkat penggunaan trotoar oleh pejalan kaki, dan mengidentifikasi area-area kota yang paling membutuhkan pengembangan. Diluncurkan tahun 2018, proyek ini bertujuan untuk meningkatkan skor

indeks sebesar 30% di lebih dari 1.000 kota dan mengurangi jumlah kota-kota yang tidak nyaman pada 2024. Setelah berhasil di 20 kota pada tahap pilot, kini menjadi perangkat nasional untuk mengevaluasi 1.112 kota di Rusia. Ide ini dapat diterapkan untuk evaluasi kelurahan dan kecamatan di Jakarta dengan menggunakan drone dan satelit dimana solusi Kecilin berbasis teknologi AI, kompresi data dan *computer vision* dapat berperan untuk mengompresi dan menganalisis video dan citra luaran untuk menghasilkan indeks sesuai kriteria. Kampanye survei menggunakan AI voice robot Tomoru juga dengan cepat dan akurat dapat mendapatkan data dari masyarakat untuk evaluasi ini.

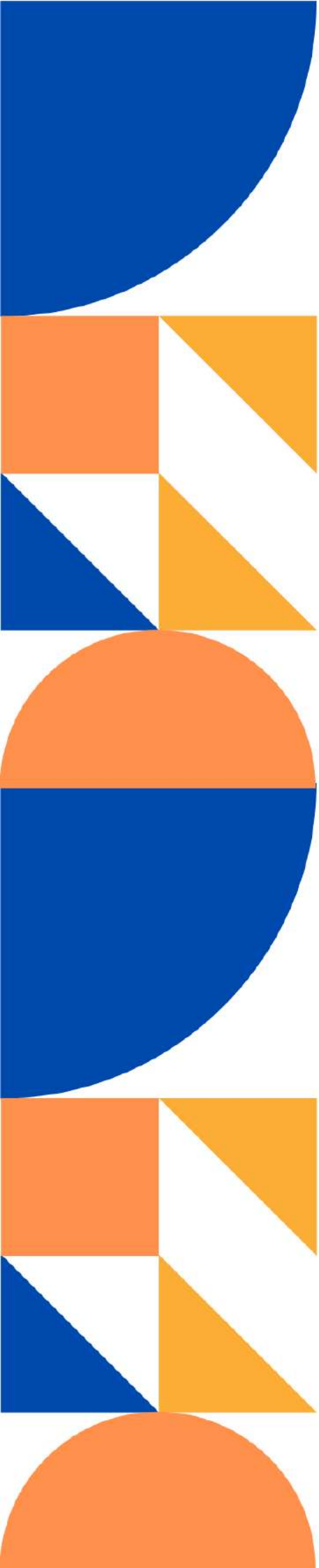
Kasus kedua adalah sistem *Bájale al Acoso (Turn Down Harassment)* di Quito, ibukota Ecuador, yang bertujuan melawan pelecehan dan kekerasan seksual di sistem transportasi publik melalui pelaporan instan menggunakan pesan teks SMS (World Economic Forum, 2020, hal. 12). Setelah tahap pilot berhasil dilakukan di jaringan bus kota, sistem ini diterapkan di seluruh sistem transportasi umum kota. Dalam dua tahun setelah implementasinya di 2016, ada 2.800 laporan pelecehan seksual dan 73 pelaku diproses hukum. Sistem ini juga telah meningkatkan kesadaran publik akan kekerasan gender dan kebutuhan akan lingkungan yang lebih aman untuk kaum perempuan. Buenos Aires (Argentina) dan kota-kota lain sedang mereplikasi proyek ini. Solusi monitoring CCTV dari Kecilin serta *call center* 24/7 berbasis AI voice robot Tomoru akan meningkatkan sistem ini secara signifikan dari memakai SMS saja.

Sistem yang menjadi contoh kasus ketiga adalah *CareTech* di kota Fukuoka, Jepang (World Economic Forum, 2020, hal. 16). Dengan populasinya yang cepat menua, pada 2025 diperkirakan ada 100,000 orang tua di Jepang yang membutuhkan perawatan jangka panjang, setengahnya karena menderita demensia. *CareTech* adalah sistem inovatif yang salah satu fungsinya untuk mencari orang tua penderita demensia yang tersesat atau hilang dengan menggunakan *tracking* perangkat IoT yang dipasangkan pada orang tersebut. Jika sistem seperti ini diterapkan di Jakarta, solusi monitoring CCTV dengan sistem pengenalan wajah otomatis dari Kecilin akan dapat membantu dengan cepat menemukan orang tua yang hilang atau tersesat di Jakarta setelah keluarganya mengunggah foto-foto wajah orang tersebut ke sistem khusus untuk itu.

Semoga Jakarta menjadi kota cerdas dengan tata kelola pemerintahan yang semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alahi MEE, Sukkuea A, Tina FW, Nag A, Kurdthongmee W, Suwannarat K, Mukhopadhyay SC. 2023. Integration of IoT-Enabled Technologies and Artificial Intelligence (AI) for Smart City Scenario: Recent Advancements and Future Trends. *Sensors* [Internet]. [cited 2024 May 22]; 23(11):5206. doi: 10.3390/s23115206. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/11/5206>
- Gracias JS, Parnell GS, Specking E, Pohl EA, Buchanan R. 2023. Smart Cities—A Structured Literature Review. *Smart Cities* [Internet]. [cited 2024 May 22]; 6(4):1719-1743. doi: 10.3390/smartcities6040080. Available from: <https://www.mdpi.com/2624-6511/6/4/80>
- Hashem IAT, Usmani RSA, Almutairi MS, Ibrahim AO, Zakari A, Alotaibi F, Alhashmi SM, Chiroma H. 2023. Urban Computing for Sustainable Smart Cities: Recent Advances, Taxonomy, and Open Research Challenges. *Sustainability* [Internet]. [cited 2024 May 22]; 15(5):3916. doi: 10.3390/su15053916. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/3916>
- Herath HMKMB, Mittal M. 2022. Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review. *International Journal of Information Management Data Insights* [Internet]. [cited 2024 May 29]; 2(1):100076. doi: 10.1016/j.jjime.2022.100076. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096822000192>
- Jakarta Smart City. 2023. *Annual Report Jakarta Smart City 2023*. Available from <https://smartcity.jakarta.go.id/docs/Laporan-Tahunan-Jakarta-Smart-City-2023.pdf>
- Jakarta Smart City [Internet]. 2023a. Sejarah JSC; [viewed 2024 May 22; cited 2024 May 29]. Available from: <https://smartcity.jakarta.go.id/id/sejarah/>
- Jakarta Smart City [Internet]. 2023b. Digitalisasi JSC; [viewed 2024 May 22; cited 2024 May 29]. Available from: <https://smartcity.jakarta.go.id/id/digitalisasi/>
- Munoth N, Nagaich AA, Gehlot S. 2022. Transitioning from Wired City to Super City: a review of selected 'Smart City' case studies. *GeoJournal* [Internet]. [cited 2024 May 29]; 87(Suppl 4):999–1016. doi: doi.org/10.1007/s10708-022-10704-6. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10708-022-10704-6>
- Shambarkar PG, Goel R. 2023. From video summarization to real time video summarization in smart cities and beyond: A survey. *Frontiers* [Internet]. [cited 2024 May 22]; 5 (2022). doi: 10.3389/fdata.2022.1106776. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdata.2022.1106776/full>
- Szpilko D, Naharro FJ, Lăzăroiu G, Nica E, de la Torre Gallegos A. 2024. Artificial intelligence in the smart city — a literature review. *Engineering Management in Production and Services* [Internet]. [cited 2024 May 29]; 15(4):53-75. doi: 10.2478/emj-2023-0028. Available from: <https://sciendo.com/article/10.2478/emj-2023-0028>
- Whaiduzzaman M, Barros A, Chanda M, Barman S, Sultana T, Rahman MS, Roy S, Fidge C. 2022. A Review of Emerging Technologies for IoT-Based Smart Cities. *Sensors* [Internet]. [cited 2024 May 22]; 22(23):9271. doi: 10.3390/s22239271. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9271>
- World Economic Forum. 2020. *Smart at Scale: Cities to Watch – 25 Case Studies*. Geneva: Global Future Council on Cities and Urbanization (2018-2019)



PENERAPAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* (AI) PADA KONSEP PEMBANGUNAN JAKARTA MENUJU *SMART CITY* DALAM PERSPEKTIF SOSIOLOGI HUKUM

St. Laksanto Utomo^{1*}, Fajar Hidayat², Gatot Rambli Hastoro³

^{1,2} Universitas Bhayangkara Jakarta

³ Lembaga Studi Hukum Indonesia Jakarta

e-mail: laksanto.utomo@dsn.ubharajaya.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan informasi pada era globalisasi telah menjadi pendorong utama untuk mencapai pembangunan kota yang lebih efisien dan berkelanjutan. Jakarta, sebagai ibu kota Indonesia, tidak terkecuali dalam menghadapi tantangan tersebut. Untuk meningkatkan standar hidup penduduknya, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mulai menerapkan gagasan *smart city* dengan mempergunakan teknologi kecerdasan buatan. *Smart City* dapat diartikan sebagai suatu perkotaan yang menggunakan sumber daya manusia, modal sosial, dan infrastruktur telekomunikasi canggih untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan meningkatkan kualitas hidup dengan pengelolaan sumber daya yang cerdas melalui partisipasi aktif masyarakat dalam pemerintahan.

Dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir, kemajuan dalam teknologi informasi dan komunikasi telah menghasilkan kecanggihan baru yang dikenal sebagai kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI). Kecerdasan buatan yang melibatkan kemampuan mesin untuk belajar dan mengambil keputusan telah menjadi elemen kunci dalam transformasi kota-kota modern menjadi *smart city*. Dalam konteks pada kota Jakarta, teknologi ini diharapkan dapat membantu memecahkan berbagai masalah urban, seperti kemacetan lalu lintas, manajemen limbah, dan keamanan publik. Penerapan kecerdasan buatan di Jakarta tidak hanya mencakup infrastruktur teknologi, tetapi juga membawa dampak signifikan pada struktur sosial dan hukum di dalamnya.

Kecerdasan buatan adalah ilmu yang memungkinkan komputer meniru kecerdasan manusia, memungkinkannya untuk melaksanakan tugas-tugas yang biasanya dilakukan oleh manusia dan memerlukan kecerdasan. Kecerdasan buatan memiliki kemampuan untuk menggunakan algoritma untuk mempelajari data-data yang diberikan dan menggunakan data tersebut dalam mengambil keputusan dalam suatu situasi baru layaknya sistem berpikir manusia dimana keputusan yang diambil oleh AI diambil secara rasional.

Kemajuan teknologi berupa kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang menjadi elemen kunci dalam transformasi kota-kota modern menjadi *Smart City* tersebut tentu dapat menjadi objek kajian menarik dalam sosiologi hukum. Karena pendekatan sosiologi hukum melihat hukum sebagai bagian dari struktur sosial yang terkait erat dengan elemen sosial lainnya. Hukum dianggap sebagai bagian integral dari kehidupan sosial, bukan hanya sebagai dokumen hukum tertulis, melainkan sebagai fenomena sosial yang tercermin dalam kehidupan sehari-hari. Hukum tidak hanya dipahami secara tekstual normatif, tetapi juga secara kontekstual. Oleh karena itu, pendekatan hukum tidak hanya didasarkan pada logika hukum semata, tetapi juga melibatkan logika sosial dalam rangka *searching for the meaning*. Sosiologi hukum adalah cabang sosiologi yang khusus mempelajari interaksi antara sistem hukum dan masyarakat. Bidang ini mencoba untuk memahami bagaimana hukum dan sistem hukum berinteraksi dengan struktur sosial, norma-norma, nilai-nilai, dan perilaku masyarakat. Sosiologi hukum tidak hanya fokus pada aspek formal hukum, seperti undang-undang dan peraturan, tetapi juga meneliti implikasi sosial dari penerapan hukum.

Dari segi sosiologi, perubahan mendasar dalam struktur sosial Jakarta dapat terjadi akibat penerapan kecerdasan buatan dalam *smart city*. Masyarakat Jakarta akan menghadapi tantangan adaptasi terhadap perubahan gaya hidup dan interaksi sosial yang dihasilkan oleh teknologi tersebut. Oleh karena itu, analisis sosiologi hukum menjadi relevan untuk menggali dampak hukum yang mungkin muncul seiring dengan evolusi ini, termasuk perubahan norma norma sosial dan kebijakan hukum yang perlu diakomodasi. Perubahan sosial mempunyai kaitan yang erat dengan hukum. Hukum mempunyai korelasi dengan perubahan sosial di mana keduanya saling ketergantungan dan memengaruhi satu sama lain. Selain itu, *smart city* Jakarta dengan penerapan kecerdasan buatan juga menimbulkan berbagai isu etika dan privasi yang perlu dicermati. Dalam konteks sosiologi hukum, analisis ini mencakup sejauh mana kebijakan hukum dapat melindungi hak privasi individu di tengah pengumpulan dan pengolahan data yang melibatkan kecerdasan buatan. Implikasi sosial dan hukum dari ketidakseimbangan antara inovasi teknologi dan hak-hak individu menjadi aspek penting yang akan dijelajahi dalam penelitian ini.

Penelitian ini fokus pada penerapan kecerdasan buatan dalam konteks *Smart City* Jakarta dengan analisis sosiologi hukum. Penelitian kepustakaan menggunakan pendekatan filosofis dan sosiologis dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman tentang implikasi kecerdasan buatan dalam pembangunan *smart city* serta untuk menyajikan perspektif mendalam dalam bidang sosiologi hukum. Penelitian ini bertujuan memberikan panduan kebijakan holistik dan berkelanjutan untuk mewujudkan Jakarta sebagai *smart city* yang efektif dan berdaya saing.

Permasalahan

Penelitian ini fokus pada eksplorasi dampak penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam sosiologi hukum, dengan tujuan mendukung transformasi Jakarta menjadi *Smart City*. Dari latar belakang yang telah dijelaskan, berikut beberapa perumusan masalah yang disajikan secara ringkas yaitu: (1) Bagaimana peran AI dalam *Smart City*? (2) Bagaimana pengaruh sosial AI dan implikasi hukum? (3) Bagaimana tantangan dan peluang penerapan AI di Jakarta?

PEMBAHASAN

Peran AI dalam *Smart City*

Smart city saat ini ramai diperbincangkan oleh banyak pihak dalam masyarakat. *Smart city* ini hakikatnya merupakan suatu konsep yang diharapkan dapat menjadi solusi cerdas untuk mengelola kehidupan masyarakat yang semakin berkualitas dan berkelanjutan. Sebagai sebuah konsep, *smart city* adalah gagasan perkotaan yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan efisiensi kota. Sedangkan kecerdasan buatan (AI) merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk membangun *smart city* yang lebih modern, cerdas dan efisien. Artinya, perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) telah membuat transformasi yang signifikan dalam konsep *smart city*. *Smart city* adalah suatu konsep pembangunan kota yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi, serta peran AI dalam konteks yang krusial. Dengan kemampuan untuk memproses data besar secara cepat dan mengambil keputusan secara otomatis, AI menjadi tulang punggung dalam mendukung efisiensi dan keberlanjutan dalam

smart city.

Salah satu peran utama AI dalam *smart city* adalah dalam pengelolaan transportasi. Sistem transportasi yang cerdas dapat menggunakan algoritma AI untuk mengoptimalkan lalu lintas, memprediksi pola perjalanan, dan menyediakan layanan transportasi publik yang lebih efisien. Sistem Angkutan Kota (Angkot) berbasis *smart city* adalah contoh peran AI dalam *smart city*. ssDengan analisis data *real-time*, masyarakat dapat mengakses informasi perjalanan angkot yang akurat, memantau kepadatan lalu lintas, dan merencanakan rute secara efisien. Kendali penumpang otomatis menggunakan *Near Field Communication (NFC)* Berbasis *Internet of Things* juga dapat mendukung penggunaan sistem transportasi angkutan umum berbasis *smart city*. Sistem tersebut dapat membantu mengendalikan jumlah penumpang dalam angkutan umum. Dengan demikian pemerintah DKI Jakarta dapat memantau transportasi di Jakarta secara *real time*.

Penerapan kecerdasan buatan juga memainkan peran sentral dalam pengelolaan limbah dan sumber daya energi di *smart city*. Sistem cerdas dapat memantau dan mengelola penggunaan energi, mendukung efisiensi dalam distribusi daya, serta mengoptimalkan pengelolaan limbah dengan memprediksi pola produksi sampah dan merancang solusi daur ulang yang lebih efektif. Salah satu contoh penerapan kecerdasan buatan dalam konsep *smart city* adalah *Smart Bins*, di mana tempat sampah pintar menggunakan sensor dan teknologi pemadatan untuk meningkatkan efisiensi pengumpulan sampah serta mengurangi *volume* sampah yang dibuang ke tempat pembuangan sampah.

Keamanan publik adalah area lain di mana AI memberikan kontribusi signifikan dalam konteks *smart city*. Sistem pemantauan cerdas menggunakan teknologi pengenalan wajah, analisis citra, dan sensor pintar untuk meningkatkan keamanan kota. AI dapat mendeteksi pola perilaku mencurigakan, merespon cepat terhadap kejadian darurat, dan membantu kepolisian dalam tugas pemeliharaan ketertiban. Sistem *smart crime prevention* menjadi elemen krusial dalam upaya meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan bagi penduduk perkotaan di lingkungan *smart city* meliputi penggunaan CCTV cerdas, pencahayaan dan keamanan jalan pintar, serta pelaporan kejahatan secara *online*.

Pentingnya pengumpulan dan analisis data dalam *smart city* tidak bisa diabaikan. AI memainkan peran kunci dalam mengolah data yang masif dan beragam untuk menghasilkan wawasan yang bermanfaat. Dengan analisis data yang cerdas, pemerintah kota dapat membuat keputusan yang lebih baik, merencanakan pembangunan yang berkelanjutan, dan merespons dinamika perkotaan dengan lebih cepat. Namun, sementara peran AI dalam *smart city* sangat positif, perlu adanya perhatian terhadap aspek keamanan data, etika penggunaan teknologi, dan inklusi masyarakat. Penting bagi pemerintah dan pemangku kepentingan untuk mengembangkan kebijakan yang mendukung transparansi, privasi, dan partisipasi masyarakat agar *smart city* dapat menciptakan manfaat yang merata dan berkelanjutan bagi seluruh warga.

Pengaruh Sosial AI dan Implikasi Hukum

Kecerdasan Buatan atau AI adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan yang biasanya dilakukan secara konvensional. Salah satu dampak AI pada domain hukum adalah kemampuannya dalam mengolah data untuk mengidentifikasi pola, menganalisis data, dan memberikan hasil yang relevan. Branting

(2017) menyebutkan terdapat dua hambatan utama yaitu tidak adanya teknik atau cara yang efisien untuk membuat teks hukum yang otoritatif dan sulitnya mengevaluasi istilah konsep hukum dalam wacana yang menggunakan bahasa non hukum.

Munculnya Kecerdasan Buatan (AI) telah menampilkan dirinya sebagai teknologi *disruptif* yang mampu mengubah berbagai aspek kehidupan manusia secara mendasar. Kecerdasan buatan (AI) telah mencapai kemajuan penting di berbagai bidang, termasuk perawatan kesehatan, keuangan, transportasi, dan komunikasi, melalui pengembangan sistem otomatis dan algoritma pembelajaran mesin. Namun, integrasi AI yang cepat ke dalam masyarakat menimbulkan berbagai dampak sosial yang memerlukan pertimbangan yang cermat.

Pertumbuhan teknologi kecerdasan buatan (AI) telah membawa dunia ke era baru yang dipenuhi dengan perkembangan luar biasa dan peluang inovasi tak terbatas. AI telah melampaui keterbatasan teknologi konvensional dan mengubah cara kita bekerja, berinteraksi, dan mengakses informasi. Namun, di balik kemajuan ini, terdapat tantangan kompleks dalam ranah hukum yang mengiringi evolusi AI. Dengan kata lain, kemajuan dalam kecerdasan buatan (AI) telah mencatat sejarah baru dalam perkembangan teknologi, membuka pintu bagi peluang baru dan mengubah secara fundamental cara kita berinteraksi dengan dunia digital. Meskipun AI telah memberikan inovasi dan perkembangan teknologi yang luar biasa, AI juga memunculkan sejumlah tantangan hukum yang perlu diperhatikan dengan teliti dan serius.

Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi kekuatan yang ada di mana-mana dalam kehidupan kita, meresap ke berbagai aspek masyarakat, mulai dari layanan kesehatan, transportasi, keuangan, hingga interaksi kita sehari-hari dengan asisten digital. Persimpangan antara AI dan masyarakat telah memicu perdebatan yang menyoroti peran beragam AI dalam membentuk dunia kita dan memungkinkan pemahaman kita tentang dunia tersebut dengan cara yang sangat sosiologis.

Dengan kemajuan pesat kecerdasan buatan (AI) dalam beberapa tahun terakhir, dampaknya telah merambah hampir semua aspek kehidupan manusia. AI memberikan kemampuan pada komputer untuk memproses data, belajar, mengambil keputusan, bahkan melakukan tugas-tugas yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh manusia. Seperti halnya teknologi baru lainnya, pengenalan AI juga memerlukan pemahaman yang komprehensif tentang implikasinya terhadap masyarakat dan lingkungan.

AI dapat memberikan perubahan interaksi sosial di masyarakat melalui komunikasi digital. AI seperti chatbot dan asisten virtual (misalnya, Siri dan Alexa) mengubah cara kita berkomunikasi dan berinteraksi dengan teknologi. Meskipun ini meningkatkan kenyamanan, ada kekhawatiran bahwa interaksi manusia langsung dapat berkurang, mengurangi hubungan emosional dan empati dalam komunikasi. Algoritma AI dalam *platform* media sosial mempengaruhi apa yang kita lihat dan konsumsi, sering kali menciptakan "*echo chambers*" yang memperkuat pandangan kita dan dapat menyebabkan polarisasi sosial.

Ketergantungan terhadap teknologi juga memberikan pengaruh terhadap kesehatan mental masyarakat. Ketergantungan pada AI untuk tugas sehari-hari bisa menurunkan kemampuan kognitif manusia dalam jangka panjang. Ini bisa mengurangi kemampuan berpikir kritis dan

penyelesaian masalah. AI yang digunakan dalam media sosial untuk menargetkan konten bisa berdampak pada kesehatan mental, seperti meningkatkan kecemasan dan depresi akibat paparan terus-menerus terhadap konten yang tidak sehat atau memicu stres.

Dalam sudut pandang sosiologi, kecerdasan buatan (AI) bisa dianalisis menggunakan kerangka teori sosial. Teori ini melihat masyarakat sebagai suatu sistem yang terdiri dari berbagai unsur yang saling berhubungan dan memengaruhi satu sama lain. Dari perspektif ini, AI bisa dianggap sebagai unsur yang memiliki dampak besar terhadap sistem sosial. AI digunakan di banyak bidang, termasuk ekonomi, industri, dan pemerintahan. Teknologi ini dapat mempercepat proses produksi, meningkatkan kualitas produk, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas, bahkan membantu mengoptimalkan kebijakan publik. Tetapi, penggunaan AI juga bisa menimbulkan tantangan sosial. Dalam kerangka teori konflik, penerapan teknologi AI dalam beberapa kasus dapat mengurangi lapangan pekerjaan manusia dan mengubah struktur ekonomi dan sosial secara signifikan.

Menurut Rafli Mustaqim, teknologi kecerdasan buatan (AI) telah banyak diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, kesehatan, ekonomi, industri, pertanian, dan militer. Namun juga memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan sosial. Perubahan sosial merujuk pada proses perubahan dalam struktur dan fungsi masyarakat. Sifat perubahan sosial dapat bervariasi, baik positif maupun negatif, tergantung pada perspektif dan nilai-nilai yang dimiliki oleh masyarakat.

Pengaruh sosial kecerdasan buatan (AI) dalam masyarakat modern menciptakan transformasi mendalam dalam interaksi sosial dan dinamika manusia. AI tidak hanya hadir dalam bentuk asisten virtual atau algoritma pencarian, tetapi juga secara *signifikan* memengaruhi cara manusia berkomunikasi, bekerja, dan berinteraksi satu sama lain. Kecerdasan buatan memainkan peran dalam membentuk preferensi konsumen, menciptakan *filter bubble*, dan berpengaruh terhadap pembentukan opini publik melalui algoritma yang memprioritaskan informasi tertentu.

Kehadiran kecerdasan buatan yang sekarang telah begitu lekat dengan kehidupan mengakibatkan munculnya akibat-akibat hukum tertentu sebagai dampak dari aktivitas oleh kecerdasan buatan tersebut. Meskipun tidak bisa dipungkiri bahwa kehadiran kecerdasan buatan membantu berbagai aspek dalam kehidupan manusia, akan tetapi hadirnya kecerdasan buatan juga berpotensi untuk memberikan dampak destruktif pula. Oleh sebab itu, diperlukan aturan hukum yang dapat menjadi landasan hukum dalam menindaklanjuti penyalahgunaan dari kecerdasan buatan yang mampu merugikan banyak orang. Namun, di sisi lain, regulasi yang memberikan landasan hukum terkait pengaturan dari aktivitas kecerdasan buatan hingga saat ini masih ditemukan berbagai perbedaan yang signifikan di seluruh dunia.

Dampak sosial AI juga membawa implikasi yang signifikan dalam konteks hukum. Hadirnya pertanyaan-pertanyaan tentang privasi dan keamanan data penggunaan teknologi AI untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memproses data pribadi menimbulkan risiko terhadap pelanggaran privasi. Oleh karena itu, perlu adanya kerangka hukum yang memastikan perlindungan hak privasi individu di tengah kemajuan teknologi AI. Indonesia belum memiliki pengaturan secara khusus mengenai perlindungan data, namun aspek perlindungannya

sudah tercermin dalam peraturan perundang-undangan lainnya seperti : UU No. 7 Tahun 1971 tentang Ketentuan Pokok Kearsipan, UU No.8 Tahun 1997 tentang Dokumen Perusahaan, UU No. 7 Tahun 1992 jo UU No. 10 Tahun 1998 tentang Perbankan, UU No. 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi, Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik.

Selain itu, masalah keadilan dan diskriminasi juga muncul seiring dengan penggunaan AI dalam pengambilan keputusan, termasuk dalam konteks hukum. Algoritma yang digunakan dalam proses seleksi karyawan atau dalam sistem peradilan dapat menciptakan bias tak disengaja atau bahkan diskriminatif. Dengan pertimbangan akan dampak sosial dan implikasi hukum yang berkembang seiring penggunaan kecerdasan buatan (AI) di berbagai sektor, perlunya sebuah refleksi tentang bagaimana hukum dapat merespon dan mengatur pemanfaatan AI menjadi semakin penting. Upaya ini dirancang untuk memastikan bahwa perkembangan teknologi AI tidak hanya membawa inovasi, tetapi juga menjunjung tinggi prinsip-prinsip keadilan dan kesetaraan.

Pengaruh sosial AI dalam masyarakat juga memunculkan pertanyaan etika, terutama dalam pengembangan teknologi otonom seperti mobil *self-driving*. Implikasi hukum terkait tanggung jawab dan pertanggungjawaban atas keputusan yang diambil oleh sistem AI perlu dijelaskan dengan jelas. Jika terjadi kecelakaan atau insiden, bagaimana hukum akan menanggapi dan menetapkan tanggung jawab menjadi pertanyaan krusial yang perlu dijawab. Perlindungan hukum yang diberikan kepada pemilik atau pengemudi kendaraan semi *autonomous* ketika terlibat dalam kecelakaan meliputi tindakan pencegahan dan perlindungan hukum secara penegakan hukum.

Dalam menghadapi dinamika kompleks ini, hukum harus tetap beradaptasi dan menggali solusi yang sesuai dengan perkembangan teknologi AI. Perlunya kolaborasi antara pakar hukum, etikawan, dan pengembang teknologi menjadi semakin penting untuk menciptakan kerangka regulasi yang sesuai dan adil. Oleh karena itu, pengembangan hukum terkait AI harus mencakup keseimbangan antara perlindungan hak individu, keadilan, dan inovasi teknologi untuk memastikan penggunaan AI yang bertanggung jawab dan berdampak positif dalam masyarakat.

Tantangan dan Peluang Penerapan AI di Jakarta

Pada tahun 2016, *Dwork et al.* menjelaskan terdapat ancaman serius terkait privasi data dengan pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) dalam pengumpulan dan analisis data pribadi. Penelitian tersebut menekankan bahwa algoritma kecerdasan buatan bisa memetakan pola rumit dalam data pribadi, yang bisa mengakibatkan pengungkapan informasi yang sensitif tanpa persetujuan atau pengetahuan dari individu yang terlibat. Hasil ini menyoroti kebutuhan akan kebijakan dan peraturan yang lebih ketat untuk melindungi privasi individu di era di mana teknologi kecerdasan buatan berkembang pesat. Ini juga menegaskan perlunya memperluas pemahaman tentang konsekuensi etis dari penggunaan teknologi ini dalam analisis dan pengelolaan data pribadi.

Perkembangan AI menghadirkan ancaman bagi pekerjaan manusia karena kemampuannya untuk menyelesaikan tugas-tugas rutin dengan efisiensi tinggi. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa sejumlah pekerjaan manusia berisiko dapat digantikan oleh kemajuan AI. Penelitian yang dilakukan oleh *Rajkomar et al.* pada tahun 2019 menyoroti potensi besar kecerdasan buatan (AI) dalam meningkatkan diagnosa medis serta perawatan kesehatan. Dalam konteks ini, penerapan AI dalam analisis data medis dan pengambilan keputusan memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan akurasi diagnosa dan menyesuaikan perawatan bagi setiap pasien. Dengan memanfaatkan algoritma pembelajaran mesin dan teknik kecerdasan buatan, AI dapat mengidentifikasi pola dan tren yang mungkin sulit atau bahkan tidak terdeteksi oleh manusia. Hal ini dapat membantu para dokter dalam membuat diagnosis yang lebih tepat serta memahami risiko dan prognosis pasien dengan lebih mendalam.

Studi yang dilakukan oleh *Luo et al.* pada tahun 2020 mengungkapkan adanya peluang yang signifikan dalam penggunaan kecerdasan buatan (AI) pada pengembangan energi terbarukan. Kemampuan AI sangat dibutuhkan dalam menganalisis dan meramalkan pola cuaca, memperkirakan permintaan energi, dan mengelola sistem energi terbarukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat menjadikan teknologi informasi sebagai kebutuhan yang sangat penting dalam pembangunan Jakarta. Sebagai kota metropolitan yang berkembang pesat tentu menghadapi tantangan besar dalam mengelola sumber daya, infrastruktur, dan layanan publik. Salah satu solusi untuk mengatasi tantangan tersebut, adalah dengan penerapan teknologi Artificial Intelligence (AI), karena saat ini AI merupakan solusi yang efisien dalam mengelola berbagai aspek kehidupan, termasuk transportasi, layanan kesehatan, keamanan, dan lingkungan. Dampak dari kecerdasan buatan dalam pembangunan smart city di Jakarta yang dapat menimbulkan berbagai isu etika dan privasi dalam konteks sosiologi hukum, yang mencakup sejauh mana kebijakan hukum dapat melindungi hak privasi individu di tengah pengumpulan dan pengolahan data yang melibatkan kecerdasan buatan perlu dicermati. Implikasi sosial dan hukum dari ketidakseimbangan antara inovasi teknologi dan hak-hak individu menjadi aspek penting yang akan ditelaah dalam kajian ini. Diperlukan regulasi yang dinamis untuk menangani dampak sosial masyarakat terhadap evolusi teknologi. Pembangunan smart city di Jakarta menimbulkan tantangan dan peluang yang harus dimanfaatkan oleh pemerintah. Aspek sosiologis meninjau produk dalam hukum smart city harus mampu menangani konflik dan penyelesaiannya baik di kalangan masyarakat tradisional maupun modern. Penerapan kecerdasan buatan di Jakarta sebagai smart city dengan pendekatan sosiologi hukum menunjukkan dampak mendalam terhadap struktur sosial dan kerangka hukum. Sosiologi hukum menjadi alat efektif dalam memahami dinamika perubahan masyarakat seiring kemajuan kecerdasan buatan, memunculkan kebutuhan kebijakan yang sejalan dengan norma etika dan hukum untuk melindungi hak privasi individu dan menjaga keseimbangan sosial. Pentingnya pemahaman dampak hukum dan sosial dari inovasi teknologi ini membuka jalan untuk pengembangan kebijakan yang berkelanjutan dan sesuai dengan nilai-nilai masyarakat. Dengan demikian, Jakarta dapat mencapai visi smart city yang cerdas secara teknologi, adil, dan berkelanjutan dari perspektif sosial dan hukum.

Kesimpulan dari analisis penerapan kecerdasan buatan di Jakarta sebagai *smart city* dengan pendekatan sosiologi hukum menunjukkan dampak mendalam terhadap struktur sosial dan kerangka hukum. Sosiologi hukum menjadi alat efektif dalam memahami dinamika perubahan masyarakat seiring kemajuan kecerdasan buatan, memunculkan kebutuhan kebijakan yang sejalan dengan norma etika dan hukum untuk melindungi hak privasi individu dan menjaga keseimbangan sosial.

Penerapan kecerdasan buatan di Jakarta sebagai *smart city* menimbulkan tantangan serius, terutama terkait keadilan dan kesetaraan pada pengumpulan dan pengolahan data yang bisa memengaruhi hak privasi individu. Diperlukan penyelidikan lebih lanjut dan regulasi yang ketat untuk memastikan keberlanjutan dan kepatuhan pada norma etika dan hukum. Penerapan kecerdasan buatan (AI) di Jakarta memiliki potensi besar untuk meningkatkan berbagai aspek kehidupan kota, mulai dari pelayanan publik, transportasi, keamanan, hingga manajemen lingkungan. Penerapan AI di Jakarta pada transportasi publik dapat memberikan manfaat yang sangat besar contohnya yaitu dalam pengelolaan transportasi. Sistem transportasi publik yang cerdas dapat memonitor perjalanan angkutan umum secara *real time*, masyarakat dapat mengakses informasi perjalanan angkot yang akurat, memantau kepadatan lalu lintas, dan merencanakan rute secara efisien.

Penerapan AI dalam pengelolaan limbah dapat memantau dan mengelola penggunaan energi, mendukung efisiensi dalam distribusi daya, serta mengoptimalkan pengelolaan limbah dengan memprediksi pola produksi sampah dan merancang solusi daur ulang yang lebih efektif. Salah satu contoh penerapan kecerdasan buatan dalam konsep smart city adalah *Smart Bins*.

Pada kasus keamanan publik, AI dapat mendeteksi pola perilaku mencurigakan, merespon cepat terhadap kejadian darurat, dan membantu kepolisian dalam tugas pemeliharaan ketertiban. Dengan demikian, Jakarta dapat mencapai visi *smart city* yang cerdas secara teknologi, adil, dan berkelanjutan dari perspektif sosial dan hukum.

SARAN

Konsep *smart city* menjadikan data merupakan aset yang sangat berharga, Karena dengan penerapan *artificial intelligence (AI)* secara sangat cepat dapat mengelola dan menganalisis data dengan akurasi yang jauh melampaui kemampuan manusia sehingga dapat membantu mempercepat dalam hal pengambilan keputusan yang akurat dan relevan dalam berbagai sektor strategis, namun dibalik dari itu semua timbul permasalahan sosial baru berupa ancaman terhadap hak-hak dasar manusia yang disebabkan oleh perkembangan *artificial intelligence (AI)*. Untuk itu dalam pembangunan jakarta menuju *smart city*, pemerintah daerah harus tetap memperhatikan aspek sosial masyarakat antara lain :

- a. Secara etika dan hukum harus tetap melindungi hak privasi individu dan tetap menjaga keseimbangan sosial
- b. Perlindungan data pribadi dan keamanan *siber* dijadikan prioritas utama agar penggunaan kecerdasan buatan dalam infrastruktur kota tetap sejalan dengan nilai-nilai

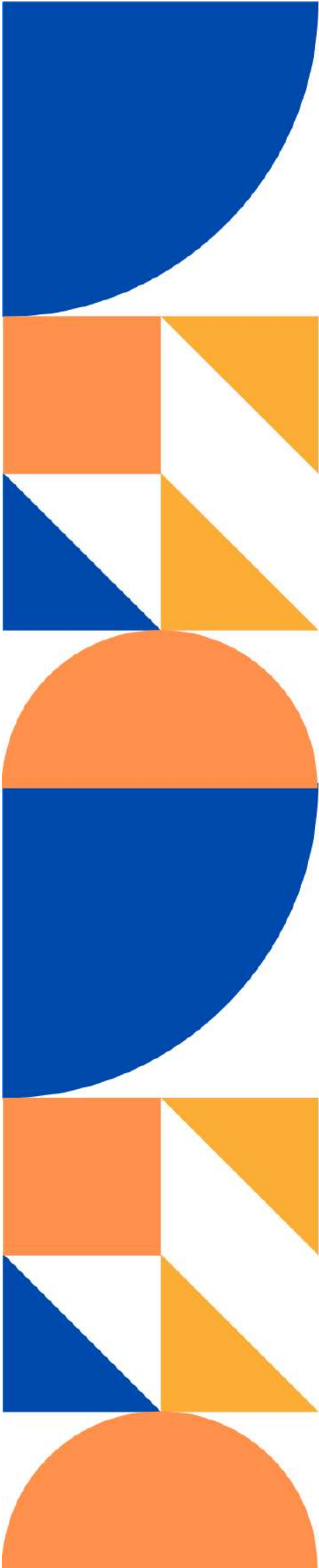
masyarakat

- c. Tetap dilakukan pengembangan hukum terkait AI dan harus mencakup keseimbangan antara perlindungan hak individu, keadilan, dan inovasi teknologi, hal ini guna memastikan penggunaan AI yang bertanggung jawab dan taat hukum serta berdampak positif dalam masyarakat.
- d. hukum harus tetap beradaptasi dan menggali solusi yang sesuai dengan perkembangan teknologi AI.
- e. Perlunya kolaborasi antara pakar hukum, etikawan, dan pengembang teknologi menjadi semakin penting untuk menciptakan kerangka regulasi yang sesuai dan adil.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrea, C., DEL BO, C. F. M., & Peter, N. (2009), "Smart Cities in Europe," in *3rd Central European Conference in Regional Science* (Journal of Urban Technology).
- Ririh, K. R., Laili, N., Wicaksono, A., & Tsurayya, S. (2020). Studi komparasi dan analisis swot pada implementasi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) di Indonesia. *J@ ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 15(2), 122-133.
- Arief, N. N., & Saputra, M. A. A. (2019). Kompetensi baru public relations (PR) pada era artificial intelligence. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 1-12. Muhammad Zainal, *Sosiologi Hukum* (Yogyakarta: CV Budi Utama, 2019)
- Zainal, M. (2019) *Sosiologi Hukum*, Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Salam, S. (2015). Hukum Dan Perubahan Sosial (Kajian Sosiologi Hukum). STAI DDI Pangkep Sulawesi Selatan, 11(1), 107-115.
- Rahmadiansyah, D., & Arief, S. N. (2019). Pengembangan Sistem Angkutan Kota (Angkot) Pintar (Smart Public Transportation) Dalam Mewujudkan Kota Pintar (Smart City). *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 18(2), 192-201.
- Praditya, F. R., Widhyaestoeti, D., & Pramuko, A. E. K. (2021). Kendali Penumpang Otomatis Transportasi Bus Menggunakan Near Field Communication Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan (JITTER)*, 7(2), 128-137.
- Sheth, Y., Dharaskar, S., Khalid, M., & Sonawane, S. (2021). An environment friendly approach for heavy metal removal from industrial wastewater using chitosan based biosorbent: A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43, 100951.
- Syahidi, A. A. (2023). Smart Crime Prevention in Smart City Tinjauan Pemetaan dan Rekomendasi Penerapan Sistem untuk Mendukung Smart Living di Banjarmasin Smart City. *Prosiding SISFOTEK*, 7(1), 131-138.
- Laksanto Utomo, (2020). Pengacara Cyber: Profesi Hukum Kaum Milenial. Lembaga Studi Hukum Indonesia. Hal 76-77
- Branting, L. K. (2017). Data-centric and logic-based models for automated legal problem solving. *Artificial Intelligence and Law*, 25, 5-27
- Sylva Alif Rusmita, Tinjauan dan Teoritis, Landasan Studi Masa Depan tentang Bagaimana Kecerdasan Buatan Mempengaruhi Interaksi Keuangan Masyarakat, artikel dalam <https://unair.ac.id/tinjauan-dan-teoritis-landasan-studi-masa-depan-tentang-bagaimana-kecerdasan-buatan-mempengaruhi-interaksi-keuangan-masyarakat/>
- Saputra, H. (2024). Tantangan Hukum dalam Pengembangan Teknologi Kecerdasan Buatan (AI). *Jurnal Renvoi: Jurnal Hukum dan Syariah*, 1(2), 75-89.
- Rijal Zulkarnaen, Artificial Intelligence (AI) Dalam Kaca Mata Sosiologi, tulisan dimuat dalam <https://www.kompasiana.com/jaleeuniverse/63f14be608a8b512a259e742/artificial-intelligence-ai-dalam-kaca-mata-sosiologi>, diunduh tanggal 26 April 2024
- Rafli Mustaqim, Perubahan Sosial Akibat Munculnya Teknologi AI, artikel dalam <https://www.sman7-tpi.sch.id/perubahan-sosial-akibat-munculnya-teknologi-ai/>
- Alifia Khansa, Helena Leonora, Pertanggung jawaban Artificial Intelligence Dalam Sudut Pandang Hukum Perdata, *ALSA LC UGM Law Journal*, Volume 2, Nomor 1, November 2021, hlm. 22
- Na'im Al Jum'ah, M. (2019). Analisa Keamanan Dan Hukum Untuk Pelindungan Data Privasi. *Cyber Security Dan Forensik Digital*, 1(2), 39-44..
- Mukhtar, A., & Masradin, M. (2023). Bagaimana Teknologi Era 4.0 Menerapkan

- Rekrutmen?(Kajian Manajemen Sumber Daya Manusia). Paraduta: Jurnal Ekonomi dan Ilmu-Ilmu Sosial, 1(2), 77-89.
- Ridwansyah, R. M. R., & Abidin, Z. (2019, October). Sistem Kontrol Pada Self Driving Car (Mobil Tanpa Kemudi) Buatan Perusahaan Google Yang Didukung Oleh GPS. In SEMINAR TEKNOLOGI MAJALENGKA (STIMA) (Vol. 4, pp. 130-137).
- Herwanto, K. B. A., & Latumahina, R. E. (2023). Bentuk Perlindungan Hukum Bagi Konsumen Mobil Semi-Autonomous Terhadap Kecelakaan Akibat Gagalnya Sistem. *Bureaucracy Journal: Indonesia Journal of Law and Social-Political Governance*, 3(1), 613-617.
- Dwork, C., McSherry, F., Nissim, K., & Smith, A. (2016). Calibrating noise to sensitivity in private data analysis. *Journal of Privacy and Confidentiality*, 7(3), 17-51.
- Frey, C. B., & Osborne, M. (2013). The future of employment.
- Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347-1358.



TREND TEKNOLOGI SIBER MASA DEPAN UNTUK PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN SMART CITY JAKARTA

**Ucuk Darusalam^{1*}, Ratih Anggoro Wilis², Novi
D. Nathasia³, Cian R Hassolthine⁴**

^{1,3} Universitas Nasional Jakarta

^{2,4} Universitas Siber Asia Jakarta

e-mail: ucuk.darusalam@civitas.unas.ac.id

PENDAHULUAN

Data McKinsey pada 2022 menunjukkan rank kesiapan digitalisasi Indonesia mencapai skor 0,35 dari skala 1,0 dan paling tinggi di ASEAN [McKinsey Unlocking Indonesia's digital opportunity, 2023]. Hal tersebut ditopang oleh infrastruktur TIK dengan kecepatan akses rata-rata sebesar 3,5 Mbps dan jumlah pengguna sebesar 145 juta orang. Indonesia sangat potensial dalam menyongsong *Future Trend Technologies* sebagai pilar pengembangan *digital economy* pada dasawarsa mendatang [Uula, 2003]. *Digital economy* di Indonesia saat ini berada sedang tumbuh pesat, diperkirakan pada 2025 akan mencapai 135,1 miliar USD dengan pembukaan lapangan kerja 3,5 juta orang. Digital era tersebut mendorong pemerintah untuk memberikan ruang aktivitas digital pada masyarakat dengan akses yang *mobile* dan sarana prasarana berupa infrastruktur TIK (teknologi informasi dan komunikasi) yang *reliable*. Infrastruktur TIK yang mendukung adalah *Smart City*, yakni suatu desain kota atau daerah yang memiliki keunggulan dalam hal layanan akses jaringan internet yang masif dan merata pada semua titik akses dan *integrated system* [Su et al., 2011]. Dengan didesainnya suatu *Smart City*, dapat memberikan ruang kreasi dan inovasi dari masyarakat untuk membuat suatu *platform start-up* berbasis *e-commerce* atau *business digital* sebagai fondasi dari kegiatan *digital economy*. Pertumbuhan *digital economy* tersebut ditandai dengan menjamurnya perusahaan berbasis *start-up* yang berbasis pada inovasi dan kreasi digital dalam upaya untuk memberikan solusi atas permasalahan antara *demand* dan *supply* dari berbagai aspek aktivitas perekonomian. Data terakhir di 2022, menunjukkan bahwa jumlah *start-up* di Indonesia merupakan tertinggi di ASEAN yakni 2400 buah dan perputaran *digital economy* sebesar 77 milyar USD. Melihat tingginya potensi *digital economy* tersebut mendorong pemerintah untuk membangun infrastruktur yang dapat mendukung aktivitas *digital economy* melalui penyediaan *Smart City* [Li et al., 2016].

DKI Jakarta merupakan mega *city* yang potensial untuk menerapkan *Smart City concept*. Seiring dengan tumbuhnya kesadaran global akan isu *green city* dan *sustainability living* di masa depan, Jakarta dengan berbagai permasalahan kompleksnya sangat tepat untuk didesain ulang sebagai dua konsep utama yakni *Smart City* dan *Green city*. *Smart City* merupakan tata laksana kota yang mendayagunakan kemajuan teknologi informasi (TIK) sebagai basis operasional dan layanan [Darusalam, et al., 2024]. TIK dalam desain *Smart City* dapat membutuhkan desain khusus yang dapat difungsikan sebagai operasional dan layanan dalam beberapa aspek yakni *e-administrasi* atau *e-government*, *e-business*, *e-education*, *smart home* atau *smart community living*, *e-transportation* atau *e-mobility*, *e-sport*, *e-urban farming*, dan *e-industry* [Eremia et al., 2017]. Layanan dan operasional tersebut bertujuan untuk meningkatkan tata kelola Jakarta menuju *fully digital service*, *modern*, *easy living*, *developing human resources based on digital skill*, produktif dan efisien. Tata laksana kota yang berbasis *Smart City* tersebut dapat menumbuhkan kembangkan kreasi dan inovasi digital masyarakat Jakarta karena tersedianya layanan baik secara administrasi dari pemerintah dan swasta dalam membangun kota yang semakin ramah huni dan mendorong warganya untuk berkembang mengikuti trend kemajuan global.

Selain tata kota berbasis kemajuan TIK, hal kedua yang lebih penting adalah Jakarta didesain sebagai *green city*, yakni kota yang memiliki tingkat emisi polusi udara yang rendah dan memiliki kualitas udara yang sehat. Sebagaimana diketahui penyumbang polusi udara terbesar di Jakarta adalah emisi karbon dari transportasi laut, darat dan udara. Selain itu pula

industry di sekitar Jakarta merupakan *factor* utama penyumbang polusi udara. Untuk dapat meminimalkan hal tersebut, Jakarta perlu didesain sebagai *green city*, dimana sumber-sumber utama polusi udara mulai dialihkan menjadi *green energy*, sebagai contoh sarana transportasi berbasis *internal combustion engine (ICE)* dialihkan menjadi *e-transportation* dan *e-mobility* yakni menggunakan teknologi listrik yang dikombinasikan sebagai *Smart Transportation and Mobility* baik moda transportasi umum atau pribadi [Oladimeji et al., 2023]. Hal tersebut sangat dimungkinkan dimana pabrik mobil global sudah mulai beralih ke *electric vehicle based on charging* atau *hydrogen based* sebagaimana yang sudah dikembangkan oleh Tesla di USA dan BMW di Jerman serta Toyota di Jepang.

Sumber energi listrik yang selama ini berasal dari pembangkit berbasis ICE dikonversi menjadi penghasil energi listrik ramah lingkungan dengan memanfaatkan sel surya berbasis *grid energy harvesting*. Pembangkit listrik dari *green energy* tidak akan cukup, sehingga dibutuhkan energi listrik yang sangat besar. Oleh karena itu diversifikasi energi harus beralih dari semula berbasis penguasaan BUMN atau swasta, dialihkan untuk diproduksi oleh masing-masing warga dengan menerapkan panel sel surya mandiri guna memenuhi kebutuhan listrik secara internal dipadukan dengan suplai dari PLN. Dengan cara diversifikasi sumber daya energi listrik berbasis *hybrid* yakni dari PLN, pihak swasta dan dari warga kota maka suplai energi listrik yang besar tidak menjadi permasalahan yang krusial. Selain itu pula, *industry* manufaktur di sekitar Jakarta yang selama ini merupakan penghasil emisi karbon yang besar wajib dilakukan transformasi secara bertahap yakni yang semula menghasilkan polusi udara yang besar dilakukan perubahan dalam cara berproduksi berbasis ramah lingkungan dengan menerapkan filterisasi karbon di setiap unit produksi. Dengan strategi alih transportasi dari basis ICE ke energi listrik dan diversifikasi sumber energi dari fosil based ke energi ramah lingkungan dan melibatkan partisipasi warga selanjutnya polusi udara dapat ditekan secara maksimal. Diversifikasi sumber daya energi listrik tersebut membutuhkan platform IT yang dapat digunakan untuk mengelola antara sumber energi yang dihasilkan dari partisipasi warga dan swasta dengan PLN sebagai otoritas resmi negara. Untuk hal tersebut platform IT yang dibutuhkan adalah *Big Data* dan *Machine Learning*, di mana sumber-sumber energi partisipatif diinventarisir dengan metode *Big Data* untuk dapat mengoptimalkan antara *demand* dan *supply* energi listrik. Selanjutnya dari hasil *Big Data* diperoleh pemetaan sumber energi listrik partisipatif yang dapat digunakan untuk mengatur penggunaan energi listrik secara efisien.

Tujuan utama dari pengelolaan megapolitan seperti DKI Jakarta dengan metode *Smart City* adalah tidak semata modernisasi dan digitalisasi, tapi lebih penting dari itu semua adalah upaya menciptakan tata kelola perkotaan yang memenuhi prinsip berikut ini:

- a. Lingkungan hidup yang berkeberlanjutan dan ketahanan dalam menghadapi perubahan iklim
- b. Pertumbuhan ekonomi dan pengurangan angka kemiskinan
- c. Inklusivitas sosial
- d. Peningkatan kesehatan Masyarakat

Untuk mewujudkan empat prinsip tersebut, kebijakan pengelolaan DKI Jakarta berdasarkan orientasi *Smart City* dan *Green city* merupakan suatu keharusan dan keniscayaan. Suatu kota dibangun sebagai tempat manusia untuk tumbuh berkembang secara sehat, produktif, inovatif dan berkeberlanjutan. Untuk itu kerangka kerja atau *framework model* dalam

pembangunan *Smart City* dapat dimodelkan sebagaimana Gambar 1. Kebijakan DKI Jakarta yang perlu dipersiapkan untuk mewujudkan *Smart City* dan *Green city* adalah dimulai dengan mempersiapkan suprastruktur, yakni peraturan daerah dan nasional yang mendukung pembangunan megapolitan. Suprastruktur merupakan basis fundamental yakni berisi regulasi yang melibatkan *stakeholder* baik masyarakat, swasta, *industry* dan regulator duduk bersama untuk membicarakan peraturan dasar sebagai rujukan dalam membangun kota yang modern, cerdas, sehat dan tumbuh berkembang. Setelah suprastruktur, selanjutnya adalah desain *roadmap development*, yang meliputi visi pengembangan tata kota *Smart City*, tahapan pembangunan *Smart City*, rencana keterlibatan *stakeholder*, rencana pembangunan system IT pendukung, rencana pembangunan infrastruktur baik untuk mendukung system IT dan sarana prasarana fisik, indikator capaian setiap tahap. Dengan memiliki *roadmap* pengembangan sebagai rencana operasional, pembangunan *Smart City* untuk DKI Jakarta dapat diupayakan terarah dan terkonsep dengan sistematis. Selanjutnya, upaya ketiga yang wajib dilakukan adalah sosialisasi ke segenap lapisan warga DKI Jakarta. Warga DKI Jakarta secara struktur sosial merupakan masyarakat yang beragam dari berbagai suku, agama, dan identitas. Keberhasilan pembangunan *Smart City* tidak mungkin melibatkan partisipasi masyarakat DKI Jakarta. Untuk itu warga DKI Jakarta merupakan modal sosial yang sangat potensial untuk mendukung dan melaksanakan pembangunan *Smart City*. Sehingga diperlukan metode sosialisasi dan kampanye pembangunan *Smart City* di DKI Jakarta yang tujuannya adalah dukungan publik baik secara moral dan kapital. Untuk mendapatkan dukungan public yang perlu diperhatikan adalah 2 faktor, yakni keuntungan yang diperoleh masyarakat secara langsung dan peningkatan kesejahteraan dari segala aspek. Selanjutnya setelah dicapai dukungan publik dari warga DKI Jakarta, selanjutnya adalah *Development & Implementation*, di sini peran Pemda DKI Jakarta berperan penting dalam mengoperasionalkan DKI Jakarta sebagai *Smart City* berorientasi *Green city*. Tahapan pengembangan dan implementasi bertumpu pada aspek transformasi, setiap perubahan yang dilakukan dengan bertahap, terukur dan sistematis akan menghasilkan perubahan sosial yang positif. Setiap pembangunan yang pasti menghasilkan eksekusi atau dampak, dengan strategi transformasi akan dihasilkan dampak yang positif dan menghindari dampak negatif dimana kesiapan masyarakat yang beragam secara kapasitas akan dapat menerima dan menjalankan tanpa ada kendala resistensi.



Gambar 1. *Framework* pembangunan *Smart City* berorientasi *Green City* atau keberlanjutan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah *Smart City* merupakan masa depan ekosistem kehidupan manusia yang tidak bisa dipisahkan dari beberapa lingkungan yakni sosial dan budaya, fisik tempat tinggal, kemajuan teknologi digital dan koneksi global, dan aktivitas perekonomian. *Smart City* bisa dikatakan sebagai penyatuan atau integrasi dari kehidupan perkotaan dan kemajuan teknologi digital. Untuk mengembangkan *Smart City* yang dapat mengintegrasikan aspek-aspek kehidupan tersebut, memerlukan kerangka *framework* yang dapat menjadi kajian dan pedoman, bahwa *Smart City* bukan semata kemajuan *digital technology* tapi juga kerangka untuk mengembangkan kualitas hidup yang berkelanjutan dan produktif [Khan et al., 2020, Qian Y et al., 2021, He Z et al., 2020, Guo C et al., 2024, Rani S et al., 2021]. Teknologi ICT sebagai infrastruktur utama dalam menjalankan pengelolaan dan layanan kota tidak akan bersifat kelanjutan bilamana orientasi pengembangan kota hanya semata dititikberatkan pada aspek tersebut. Faktor yang paling utama adalah manusia atau *human being* sebagai subyek utama yang menjalankan *Smart City* jauh lebih penting daripada teknologi. Kemajuan teknologi yang diterapkan dalam *Smart City* hanya akan menjadi benda mati tidak berfungsi secara sosial jika aspek keberlanjutan tidak disertakan sebagai subyek utama. Untuk itu kerangka utama dalam mengembangkan *Smart City* harus bertumpu pada keberlanjutan hidup manusia dengan menyertakan orientasi pengembangan *Smart City* pada *Green city* atau *Development*. Dengan orientasi tersebut, *Smart City* menjadi lebih kaya dalam hal capaian atau *outcome* yakni menghasilkan *improvement of living quality toward technology digital implementation in holistic aspects*.

Teknologi yang diterapkan dalam pembangunan dan pengembangan *Smart City* bertumpu pada beberapa komponen yakni layanan *administrative* berbasis *e-government*, layanan aktivitas sosial masyarakat berbasis *smart transport system*, layanan ekonomi digital, teknologi *smart home* atau *community*, teknologi *smart factory*, teknologi *smart* atau *precision farming*, teknologi *cyber education*, *smart health of medical services*, *smart waste management*, *smart grid energy*, *smart security* dan infrastruktur ICT berkapasitas tinggi [Ristvej et al., 2020, Fakhimi et al., 2021, Attaran et al., 2022, Silva et al., 2018]. Komponen-komponen utama tersebut membentuk lingkungan *Smart City* sebagai kemajuan teknologi digital dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen teknologi digital yang diterapkan dalam membangun *Smart City*

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, komponen teknologi digital yang sangat perlu disediakan adalah dari sisi operator yakni *e-government*, di mana pemerintah sebagai regulator dan pengelola kota membuat kerangka kebijakan utama untuk menerapkan tata kota berbasis pada kemajuan teknologi digital. Selanjutnya kebijakan tata kelola tersebut akan diikuti dengan mudah oleh pihak ketiga untuk turut serta membangun komponen-komponen pendukung lainnya. Sehingga bisa disampaikan bahwa pemerintah merupakan *leading sector* atau *fore runner* untuk membangun *Smart City*.

PEMBAHASAN

Kerangka kerja untuk membangun DKI Jakarta sebagai *Smart City* yang berorientasi pada *Green city* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, terdiri dari 15 area teknologi masa depan. Teknologi masa depan tersebut sebagaimana mengacu pada hasil kajian *McKinsey* merupakan tulang punggung teknologi yang prospektif dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat yang modern dan berkelanjutan [McKinsey Technology Trends Outlook, 2023]. Dengan mengacu pada Gambar 3, kunci keberhasilan pengembangan *Smart City* ditopang oleh 73,33% bidang IT untuk masa depan dan 26,33% ditopang oleh teknologi yang berorientasi lingkungan berkelanjutan. Dari 73,3% bidang IT yang prospektif tersebut dapat diketahui bahwasanya porsi infrastruktur sebagai penopang konektivitas untuk semua warga DKI dan juga *IoT (internet of things)* relatif lebih kecil, namun demikian tidak berarti hal tersebut tidak penting atau signifikan. Infrastruktur IT sebagai sarana prasarana utama konektivitas data dan informasi merupakan kewajiban yang harus dipenuhi oleh *Smart City*. Infrastruktur jaringan IT yang wajib disediakan oleh Pemda DKI Jakarta dan pihak swasta atau pihak ketiga adalah jaringan internet berkapasitas tinggi dalam orde Terabit per second (*Tbps*), *mobile access*, *high security*, *reliable access* dan *affordable price*. DKI Jakarta menyediakan layanan akses fisik jaringan internet merupakan keunggulan layanan *Smart City*. Sehingga jaringan akses internet merupakan *baseline infrastructure* yang wajib disediakan oleh Pemda DKI Jakarta.



Gambar 3. Teknologi Masa Depan untuk pengembangan *Smart City* berorientasi *Green city* di DKI Jakarta

Infrastruktur jaringan internet yang dapat mendukung pengembangan *Smart City* di masa depan adalah teknologi *mobile and wireless access* yang berbasis platform 6G di mana *rate* transmisi data yang dapat dihadirkan adalah 1 Tbps. Dengan kecepatan dan kapasitas transmisi data yang besar tersebut, koneksi data dalam *Smart City* tidak hanya *human to human*, tapi juga dapat dielaborasi menjadi *human to things*, *things to system*, dan *human to system* sebagaimana konsep IoT. Dengan rancangan keunggulan koneksi yang diterapkan pada *Smart City*, koneksi di semua objek *living environment*, *citizens* dan *systems support* dapat dipenuhi secara menyeluruh sehingga tidak ada benda atau orang atau sistem yang tidak terintegrasi ke jaringan *Smart City*. Konektifitas jaringan yang bersifat nirkabel, *mobile*, *very low electrical energy consumption* yang potensial untuk dapat mendukung *Smart City* adalah Wi-Fi, Li-Fi, dan *Free-Space Optical Communications (FSO)*. Platform teknologi jaringan wireless tersebut dapat mendukung koneksi jaringan yang super cepat, berkapasitas besar, dan tingkat sekuritas yang tinggi. *Smart City* merupakan *living environment* yang memiliki keunggulan dalam hal koneksi dengan semua benda atau sistem yang dibutuhkan. Ketersediaan infrastruktur tersebut sangat merupakan prasyarat mutlak yang wajib disediakan atau diupayakan oleh DKI Jakarta sebagai penyelenggara tata kota. Penyediaan infrastruktur tersebut juga dapat dielaborasi dengan keterlibatan pihak ketiga untuk turut serta membangun sarana dan prasarana agar diperoleh pemerataan akses internet secara holistik.

Applied AI (Artificial Intelligence)

Salah satu aspek penting dalam mewujudkan *Smart City* dan *green city* adalah *Applied Artificial Intelligence (AI)* [Allam & Dhunny, 2019]. *Applied AI (Artificial Intelligence Terapan)* merujuk pada implementasi dan penerapan teknik, metode, dan sistem berbasis AI dalam konteks perencanaan dan pengembangan *Smart City* dan *green city*. *Applied AI* bertujuan untuk memanfaatkan kemampuan AI dalam menganalisis data kompleks dari berbagai sumber, menemukan pola, dan memberikan solusi cerdas untuk mengatasi tantangan perkotaan seperti pengelolaan lalu lintas, efisiensi energi, pengelolaan sumber daya, keamanan, dan perencanaan pengembangan yang berkelanjutan.

Beberapa contoh penerapan *Applied AI* dalam perencanaan *Smart City* dan *green city* di DKI Jakarta antara lain manajemen lalu lintas dan transportasi cerdas, efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya, keamanan dan keselamatan perkotaan, serta perencanaan dan pengembangan perkotaan yang berkelanjutan [Heratha & Mittal, 2022]. Misalnya, pemerintah provinsi DKI Jakarta telah mengembangkan sistem manajemen lalu lintas cerdas dengan memanfaatkan AI untuk menganalisis data lalu lintas secara *real-time* dan menyesuaikan pengaturan lampu lalu lintas secara otomatis [Saputra et al., 2021]. Selain itu, sistem manajemen energi cerdas juga telah diterapkan di gedung-gedung pemerintahan dengan menggunakan AI untuk memprediksi permintaan energi dan mengatur sistem pendingin ruangan, pencahayaan, dan peralatan lainnya secara otomatis [Sunaryo et al., 2020].

Penerapan *Applied AI* dalam perencanaan *Smart City* dan *green city* di DKI Jakarta memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hidup warga kota [Yigitcanlar et al., 2019]. Namun, penerapannya juga harus mempertimbangkan aspek keamanan data, privasi, dan etika penggunaan AI [Cugurullo, 2021]. Kolaborasi antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat diperlukan untuk memastikan penerapan

Applied AI yang bertanggung jawab dan bermanfaat bagi semua pihak [Trencher & Karvonen, 2019]. Dalam konteks perencanaan dan pengembangan *Smart City* dan *green city*, *Applied AI* berperan penting dalam memungkinkan kota untuk mengadopsi pendekatan yang holistik dan sistematis dalam mengintegrasikan teknologi AI ke dalam infrastruktur dan layanan perkotaan.

Next Generation Software Development

Next Generation Software Development untuk *Smart City* di DKI Jakarta melibatkan pemanfaatan teknologi dan pendekatan yang canggih untuk membangun solusi *software* inovatif dalam pengelolaan yang efisien, optimalisasi sumber daya dan layanan perkotaan [Shrouk A. Ali et al, 2023]. Berikut beberapa aspek dan tren utama dalam Teknologi Masa Depan untuk pengembangan *Smart City* berorientasi *Green city* di DKI Jakarta ini:

- a. *Internet of Things (IoT)* dan Jaringan Sensor: *Smart City* di DKI Jakarta sangat bergantung pada perangkat IoT dan jaringan sensor untuk mengumpulkan data *real-time* dari berbagai sumber, seperti pola lalu lintas, konsumsi energi, kualitas udara, dan banyak lagi. Pengembangan perangkat lunak untuk integrasi IoT, pemrosesan data, dan analitik sangat penting untuk mengekstraksi wawasan dan memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan data.
- b. *Blockchain Teknologi* : *Blockchain* akan digunakan di DKI Jakarta untuk meningkatkan keamanan dan transparansi dalam operasi *Smart City*. Hal ini dapat diterapkan pada manajemen identitas, perdagangan energi, catatan kesehatan elektronik, dan sistem manajemen data, memastikan integritas dan kerahasiaan data.
- c. *Software-Defined Networking (SDN)* : Memberikan fleksibilitas dan skalabilitas pada jaringan *Smart City*, memungkinkan konfigurasi jaringan dinamis dan pengelolaan aliran data yang lebih efisien.
- d. *Smart Citizen Apps and Community Engagement* : Platform digital akan dirancang untuk melibatkan warga dalam perencanaan dan tata kelola kota, memungkinkan mereka berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan dan mengakses berbagai layanan dari jarak jauh.
- e. *Edge Computing* : Diterapkan untuk mendukung aplikasi *Smart City* pemrosesan data lebih dekat ke sumbernya, mengurangi latensi, dan meningkatkan pengambilan keputusan secara *real-time*.
- f. *Smart City Construction and Governance*: Pembangunan *Smart City* memerlukan model tata kelola yang menggabungkan kemitraan publik dan swasta, yang memastikan bahwa seluruh pemangku kepentingan terlibat dalam pengembangan dan pengelolaan kota-kota tersebut.

Kemajuan dalam pengembangan perangkat lunak ini akan sangat penting dalam membentuk masa depan *Smart City*, memungkinkan mereka menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap kebutuhan warga di DKI Jakarta.

Cloud and Edge Computing

Cloud and Edge Computing merupakan komponen penting dari infrastruktur kota cerdas, yang memungkinkan pemrosesan dan analisis data yang efisien yang dihasilkan oleh berbagai sensor dan perangkat [Qian Liu et al., 2021]. Teknologi-teknologi ini dirancang untuk meningkatkan pengelolaan layanan perkotaan, meningkatkan keterlibatan warga, dan mendorong keberlanjutan. Berikut gambaran rinci tentang peran mereka dalam *Smart City* di

DKI Jakarta:

a. *Edge Computing*

Edge computing adalah paradigma baru yang melibatkan pemrosesan data lebih dekat ke sumbernya, sehingga mengurangi kebutuhan data untuk dikirim ke pusat data pusat atau *cloud*. Pendekatan ini sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan pemrosesan dan *analisis real-time*, seperti manajemen lalu *smart traffic*, jaringan *smart energy*, dan *smart healthcare systems*. Komputasi tepi mengurangi latensi dan meningkatkan waktu respons, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan tindakan segera.

b. *Integration of Cloud and Edge Computing*

Integrasi cloud dan edge computing sangat penting bagi kota pintar. Komputasi awan memberikan skalabilitas dan penyimpanan yang diperlukan untuk kumpulan data besar, sementara komputasi tepi memungkinkan pemrosesan dan analisis secara *real-time*. Integrasi ini memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien, peningkatan keamanan data, dan peningkatan kemampuan pengambilan keputusan.

Kombinasi *cloud* dan *edge computing* pada *Smart City* memberikan beberapa manfaat, antara lain adalah berikut ini:

- a. Peningkatan Efisiensi: Komputasi *cloud* dan *edge* melakukan pemrosesan dan analisis data yang lebih efisien, mengurangi kebutuhan akan intervensi manual dan meningkatkan waktu respons.
- b. Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik: Integrasi *cloud* dan *edge computing* menyediakan analisis data secara *real-time*, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan pengelolaan layanan perkotaan yang lebih baik.
- c. Peningkatan Keamanan: *Edge computing* mengurangi jumlah data yang dikirimkan ke pusat data pusat atau *cloud*, meningkatkan keamanan data dan mengurangi risiko pelanggaran data.
- d. Penghematan Biaya: Komputasi tepi mengurangi kebutuhan transmisi data, yang dapat menghasilkan penghematan biaya dan meningkatkan alokasi sumber daya.

Meskipun integrasi *cloud* dan *edge computing* menawarkan banyak manfaat, terdapat juga tantangan yang perlu dipertimbangkan:

- a. Masalah *Bandwidth*: Peningkatan jumlah data yang dihasilkan oleh perangkat dan sensor IoT dapat menyebabkan masalah *bandwidth* jika tidak dikelola secara efektif.
- b. Optimalisasi Akses Jaringan: Memastikan bahwa semua perangkat dan sensor memiliki akses yang andal dan aman ke infrastruktur komputasi *cloud* dan *edge* sangatlah penting.
- b. Kualitas dan Konvergensi Layanan: Mengintegrasikan *cloud* dan *edge computing* memerlukan perencanaan yang cermat untuk memastikan penyampaian layanan yang lancar dan konvergensi berbagai teknologi.
- c. Integritas dan Keamanan Data: Melindungi integritas dan keamanan data sangat penting di *Smart City*, terutama ketika menangani informasi sensitif seperti catatan layanan kesehatan atau transaksi keuangan.

Trust Architecture and Digital Identity

Konsep *Trust Architecture* mengacu pada infrastruktur dan sistem yang membangun kepercayaan di dunia digital, yang mencakup teknologi, protokol, standar, dan praktik yang memungkinkan interaksi *online* yang aman. Identitas digital adalah representasi digital dari individu, organisasi, atau perangkat, termasuk atribut, kredensial, dan mekanisme otentikasi

yang memverifikasi dan membangun kepercayaan dalam interaksi *online*. Identitas digital mendukung layanan perkotaan yang efisien dan aman, seperti transportasi dan manajemen energi, dengan menyediakan metode otentikasi pengguna yang terpercaya dan aman [Zhang Y et al., 2023] .

Pentingnya *Trust Architecture* dan identitas digital di *Smart City* lebih dari sekadar keamanan. Mereka juga meningkatkan pengalaman masyarakat secara keseluruhan dengan menyediakan cara yang lancar dan efisien bagi masyarakat untuk mengakses layanan, mengurangi kebutuhan akan dokumen dan meningkatkan kecepatan layanan pemerintah. Selain itu, identitas digital dapat digunakan untuk mempromosikan pengalaman warga negara yang luar biasa dengan menciptakan lingkungan yang lebih nyaman, efisien, dan ramah pengguna bagi semua warga.

Future of Mobility and Transportation

Dalam upaya mewujudkan *Smart City* dan *green city* yang berkelanjutan, perencanaan mobilitas dan transportasi masa depan memegang peranan kunci di DKI Jakarta. Integrasi teknologi canggih seperti *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT), dan kendaraan listrik merupakan aspek penting dalam menciptakan sistem transportasi yang efisien, ramah lingkungan, dan responsif terhadap kebutuhan warga kota. Pendekatan komprehensif yang melibatkan infrastruktur transportasi cerdas, manajemen lalu lintas berbasis data, dan opsi transportasi multi-moda diperlukan untuk mengatasi tantangan seperti kemacetan, polusi udara, dan dampak perubahan iklim [Ardila-Gomez et al., 2022]. Penerapan konsep mobilitas sebagai layanan (*Mobility-as-a-Service*, MaaS) juga berpotensi mempromosikan penggunaan transportasi umum dan berbagi kendaraan, serta mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi [Jittrapirom et al., 2022].

Dalam konteks DKI Jakarta, pemerintah provinsi telah mengambil langkah-langkah strategis untuk mengintegrasikan aspek mobilitas dan transportasi masa depan dalam perencanaan *Smart City* dan *green city*. Misalnya, pengembangan sistem manajemen lalu lintas cerdas yang memanfaatkan AI dan IoT untuk mengoptimalkan arus lalu lintas secara *real-time*. Selain itu, upaya sedang dilakukan untuk memperluas jaringan transportasi umum massal seperti *Mass Rapid Transit* (MRT) dan *Light Rail Transit* (LRT), serta mempromosikan penggunaan kendaraan listrik dan infrastruktur pengisian daya [Gunawan et al., 2021]. Kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat diperlukan untuk memastikan bahwa solusi mobilitas dan transportasi yang diterapkan selaras dengan prinsip-prinsip *Smart City* dan *green city*, serta mempertimbangkan aspek keberlanjutan, kesetaraan akses, dan peningkatan kualitas hidup warga kota [Maghfiroh et al., 2022].

Advanced Connectivity

Konektivitas lanjutan (*advanced connectivity*) merupakan elemen penting dalam mewujudkan konsep *Smart City* dan *green city* di DKI Jakarta. Dengan memanfaatkan teknologi seperti 5G, *Internet of Things* (IoT), dan jaringan komunikasi berkapasitas tinggi, kota dapat mengoptimalkan operasional infrastruktur dan layanan perkotaan secara lebih efisien dan berkelanjutan. Konektivitas lanjutan memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara *real-time* dari berbagai sumber, seperti sensor, perangkat IoT, dan sistem informasi [Centenaro et al., 2022]. Data ini kemudian dapat dianalisis menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) dan *machine learning* untuk menghasilkan wawasan dan pengambilan

keputusan yang lebih baik dalam berbagai aspek perkotaan, mulai dari manajemen lalu lintas hingga pengelolaan sumber daya alam.

Dalam upaya mewujudkan *Smart City* dan *green city*, pemerintah provinsi DKI Jakarta telah mengambil langkah-langkah strategis untuk meningkatkan konektivitas lanjutan di wilayah ibu kota. Salah satu inisiatif utama adalah pengembangan Jakarta *Smart City*, sebuah platform terintegrasi yang memanfaatkan IoT, *big data*, dan teknologi *cloud* untuk memantau dan mengelola berbagai layanan perkotaan seperti transportasi, keamanan, kesehatan, dan lingkungan [Kurniawan et al., 2021]. Selain itu, pemerintah juga berupaya memperluas cakupan jaringan 5G untuk mendukung implementasi aplikasi dan layanan *Smart City* yang lebih canggih, seperti kendaraan otonom dan telemedisin [Erasmus et al., 2022]. Kolaborasi antara pemerintah, penyedia layanan telekomunikasi, dan industri teknologi diperlukan untuk memastikan bahwa infrastruktur konektivitas lanjutan dapat diintegrasikan secara efektif dalam perencanaan *Smart City* dan *green city* di DKI Jakarta.

Immersive-Reality Technology

Immersive-Reality Technology merupakan kumpulan teknologi yang menghasilkan pengalaman interaktif yang mendalam dan meleburkan batas antara dunia fisik dan dunia digital. Teknologi ini mencakup berbagai platform seperti *Virtual Reality (VR)*, *Augmented Reality (AR)*, dan *Mixed Reality (MR)*. *Virtual Reality (VR)* mengacu pada pengalaman simulasi yang meniru dunia nyata, atau beberapa aspeknya, menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras khusus. *Immersive-Reality Technology* dapat diterapkan di berbagai bidang sebagai contoh di bidang hiburan, pendidikan, perawatan kesehatan, pelatihan, arsitektur, dan berbagai bidang lainnya. Dalam konteks pembangunan kota cerdas *Immersive-Reality Technology* dapat digunakan untuk meningkatkan konektivitas dan pengalaman pengguna, meningkatkan partisipasi masyarakat dalam perencanaan kota, dan menyediakan solusi inovatif untuk tantangan perkotaan yang kompleks.

DKI Jakarta merupakan salah satu kota yang telah menerapkan *Smart City*. Pemprov DKI Jakarta membentuk Jakarta *Smart City* di bawah Badan Layanan Umum Daerah (BLUD). Pelayanan publik seluruh regulasi terkait Jakarta *Smart City* diatur dalam Peraturan Gubernur Nomor 280 Tahun 2014 tentang Pembentukan, Organisasi, dan Tata Kerja Unit Pengelola Jakarta *Smart City*. Kombinasi *Immersive-Reality Technology* dan *Smart City* memungkinkan persepsi data dunia nyata yang lebih komprehensif dan mendetail, memanfaatkan teknologi canggih. Dengan mengintegrasikan sumber data virtual dan fisik, *Smart City* dapat memperoleh wawasan lebih mendalam tentang berbagai aspek kehidupan kota, termasuk pola transportasi, konsumsi energi, dan perilaku warga [Zefang Chen et al., 2024].

Industrializing of Machine Learning

Industrialisasi *Machine Learning* di *Smart City* melibatkan integrasi teknologi canggih untuk mengoptimalkan operasional perkotaan dan meningkatkan kualitas hidup warga [Dou et al., 2023]. Proses ini melibatkan penerapan algoritma pembelajaran mesin pada kumpulan data besar yang dihasilkan oleh berbagai sensor dan perangkat di dalam kota, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan dan alokasi sumber daya yang lebih efisien. Berikut beberapa aspek penting dalam industrialisasi pembelajaran mesin di *Smart City*:

- a. Pengumpulan dan Integrasi Data: Industrialisasi *Machine Learning* di *Smart City* memerlukan integrasi beragam sumber data dari berbagai sensor, perangkat IoT, dan

infrastruktur perkotaan lainnya. Data ini kemudian diproses dan dianalisis menggunakan algoritma *Machine Learning* untuk identifikasi tren dan pola yang dapat menjadi masukan bagi perencanaan dan pengelolaan kota.

- b. *Algoritma Machine Learning*: Algoritma *Machine Learning* tingkat lanjut diterapkan pada data terintegrasi untuk mengidentifikasi strategi paling efektif untuk mengoptimalkan operasi perkotaan. Algoritma ini dapat mencakup pembelajaran mendalam, pembelajaran penguatan, dan bentuk AI lainnya yang memungkinkan kota beradaptasi terhadap perubahan kondisi dan mengoptimalkan alokasi sumber daya.
- c. *Pemrosesan dan Analisis Real-time*: Pembelajaran mesin industri di *Smart City* melibatkan pemrosesan dan analisis data secara waktu nyata. Hal ini memungkinkan kota untuk merespons dengan cepat terhadap perubahan kondisi, seperti pola lalu lintas atau cuaca, dan melakukan penyesuaian.
- d. *Keamanan siber*: Industrialisasi pembelajaran mesin di *Smart City* memerlukan langkah langkah keamanan siber yang kuat untuk melindungi sejumlah besar data sensitif yang dikumpulkan dan dianalisis. Ini termasuk enkripsi, penyimpanan data yang aman, dan kontrol akses untuk mencegah akses tidak sah.
- e. *Kolaborasi dan Tata Kelola*: Industrialisasi pembelajaran mesin di *Smart City* memerlukan kolaborasi antar berbagai pemangku kepentingan, termasuk lembaga pemerintah, perusahaan swasta, dan masyarakat. Struktur tata kelola yang efektif diperlukan untuk memastikan bahwa manfaat pembelajaran mesin dibagikan secara adil dan teknologi digunakan secara bertanggung jawab
- f. *Keterlibatan dan Pendidikan Masyarakat*: Industrialisasi pembelajaran mesin di *Smart City* juga memerlukan keterlibatan dan pendidikan masyarakat. Warga negara harus diberi informasi tentang manfaat dan keterbatasan pembelajaran mesin dalam operasional perkotaan, dan mereka harus dilibatkan dalam proses pengambilan keputusan untuk memastikan bahwa teknologi tersebut digunakan dengan cara yang bermanfaat bagi semua orang.

Singkatnya, industrialisasi *machine learning Smart City* di DKI Jakarta melibatkan integrasi teknologi canggih untuk mengoptimalkan operasional perkotaan dan meningkatkan kualitas hidup warga. Proses ini memerlukan pengumpulan dan integrasi data yang kuat, algoritme pembelajaran mesin yang canggih, pemrosesan dan analisis *real-time*, komputasi *edge*, keamanan siber, kolaborasi dan tata kelola, serta keterlibatan publik dan pendidikan.

Web 3

Web 3.0 atau *Semantic Web* adalah perkembangan lanjutan dari *World Wide Web* yang bertujuan untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih cerdas, terhubung, dan individual. *Web 3.0* berfokus pada penggunaan informasi terstruktur dan semantic untuk menyediakan konten yang lebih relevan, interaktif, dan memahami konteks. Karakteristik *Web 3.0* adalah *trustless* dan *permissionless*, *self-governance*, dan *information proprietorship*. Keempat karakteristik *Web 3.0* ini berperan penting dalam menciptakan ekosistem terdesentralisasi yang aman. Ia juga merupakan solusi *Web 3.0* terhadap berbagai permasalahan yang kita hadapi sekarang di *Web 2.0* [Massimo Ragnedda and Giuseppe Destefanis, 2020].

Web 3.0 terus mengalami perkembangan, salah satu contoh penggunaan *Web 3.0* ini adalah implementasi *blockchain*. Pada *Smart City blockchain* di DKI Jakarta dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keamanan aplikasi pada *Smart City*. Keamanan adalah salah satu tantangan utama kota pintar. *Smart City* dengan *blockchain* dapat menawarkan peningkatan keamanan melalui penyimpanan transaksi dalam data besar yang aman, transparan, terdesentralisasi, dan tidak dapat diubah (Umar et al., 2021).

Generative AI

Generative AI merupakan cabang baru dari AI yang memungkinkan penciptaan konten baru, seperti teks, gambar, audio, dan video, berdasarkan data dan pola yang dipelajari dari contoh yang ada. Teknologi ini dapat berperan penting dalam mendukung inisiatif *Smart City* dan *green city* di DKI Jakarta dengan menyediakan solusi inovatif dan efisien untuk berbagai tantangan perkotaan. Misalnya, *Generative AI* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan visualisasi atau simulasi digital dari rencana pembangunan infrastruktur atau penataan wilayah, membantu para perencana kota dan pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan yang lebih baik [Batty, 2023]. Selain itu, *Generative AI* juga dapat digunakan untuk membuat konten pendidikan dan kampanye kesadaran masyarakat yang lebih menarik dan kontekstual, sehingga meningkatkan partisipasi warga dalam program-program *Smart City* dan *green city* [Zhong et al., 2022].

Dalam konteks DKI Jakarta, pemerintah provinsi dapat mengeksplorasi pemanfaatan *Generative AI* dalam berbagai aspek perencanaan dan implementasi *Smart City* dan *green city*. Misalnya, *Generative AI* dapat diintegrasikan dengan sistem pengawasan cerdas untuk menghasilkan laporan dan visualisasi yang lebih informatif dan mudah dipahami, membantu pengambil keputusan dalam mengelola keamanan dan keselamatan perkotaan. Pada bidang manajemen lalu lintas, *Generative AI* digunakan pada simulasi arus lalu lintas dan memprediksi dampak dari perubahan rencana lalu lintas, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efisien [Ding et al., 2023]. Namun, penerapan *Generative AI* dalam konteks *Smart City* dan *green city* juga harus mempertimbangkan aspek etika, privasi, dan keamanan data untuk memastikan penggunaan yang bertanggung jawab dan berkelanjutan [Jobin et al., 2022].

Electrification and Renewables Energy

Sebagaimana tujuan *Smart City* dibangun dan dikembangkan adalah berorientasi pada *green city* dimana *living quality* merupakan *outcome* yang wajib diperhatikan. *Transisi energy* dari *fossil based* yang tidak ramah lingkungan karena menghasilkan emisi karbon yang tinggi, wajib dilakukan dengan beralih ke sumber energi yang ramah lingkungan. Peran dari *Smart City* untuk melakukan transisi energi hijau adalah dilakukan dengan penerapan konsep *grid smart energy*. *Smart grid energy* merupakan model produksi diversifikasi energi dari berbagai sumber yang bersifat kelanjutan dan tidak mengakibatkan dampak emisi karbon [Hossain et al., 2016, Khalil et al., 2021, Zhou et al., 2022]. Sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di DKI Jakarta cukup melimpah, yakni salah satunya dari sumber energi matahari dengan sel surya berefisiensi tinggi, tenaga angin laut untuk daerah pesisir pantai, *hydrogen storage for fuel-cell* dan energi *thermal* dari sisa produksi *industry*. Diversifikasi produksi energi merupakan kebijakan untuk memberikan kepada segenap masyarakat dan pihak ketiga untuk turut serta memproduksi energi selain juga sebagai konsumen. Diversifikasi sumber energi terbarukan yang masiv dari kalangan masyarakat mendorong DKI Jakarta untuk mempersiapkan infrastruktur penampung dan pengelolaan atau management

energy system. Pengelolaan sumber energi yang dihasilkan dari diversifikasi tersebut dapat diwujudkan dengan teknologi AI yang dapat menganalisa produksi energi yang berkontribusikan dari masyarakat untuk dapat diatur dan disalurkan dengan cerdas secara merata kepada segenap konsumen. Dengan model pengelolaan cerdas tersebut produksi energi dapat dihasilkan dengan melimpah, biaya konsumsi energi dari sisi masyarakat semakin terjangkau dan distribusi energi dapat dilakukan secara akurat dengan bantuan AI. Dengan konsep model smart grid energy tersebut dapat menghasilkan dampak emisi karbon yang rendah dan dapat meningkatkan kualitas udara segar di DKI Jakarta.

Climate Technology beyond Electrification

Teknologi masa depan yang sangat perlu diterapkan dan dikembangkan untuk *Smart City* adalah teknologi yang dapat menghindari perubahan iklim ekstrim. Perubahan iklim dalam dua hingga tiga dasawarsa terakhir mulai menunjukkan dampaknya, hal ini ditandai dengan mulai meningkatnya suhu permukaan bumi akibat dari aktivitas manusia secara global dalam menghasilkan emisi karbon dan berdampak pada *greenhouse effect*. *Smart City* sangat perlu untuk dibangun dengan memperhatikan antisipasi pada perubahan iklim dengan menerapkan *waste management system* berbasis teknologi AI [Shukla et al., 2022, Fang et al., 2023, Venkatesh et al., 2022]. Permasalahan kota DKI Jakarta adalah jumlah penduduknya yang besar dan padat. Hal tersebut mengakibatkan permasalahan sampah yang relative sangat besar dan hanya dikelola secara konvensional, yakni sampah hanya dipindahkan ke tempat pembuangan tanpa ada pengelolaan yang berkelanjutan. Untuk *Smart City*, pengelolaan sampah wajib untuk menerapkan model smart waste management, dimana prinsip pengelolaan sampah yakni *reuse, recycle, reduce and replace (4R)* dapat diintegrasikan dengan teknologi AI. Prinsip pengelolaan sampah berbasis 4R dapat menerapkan teknologi AI dan ICT yakni,

- a. *Reuse*, yakni dengan konsep *model circular economy* dimana aplikasi berbasis AI dapat dibangun untuk digunakan sebagai membantu warga dalam menghasilkan solusi dalam pemanfaatan barang atau produk menjadi barang yang bernilai guna untuk dapat digunakan kembali. Aplikasi berbasis AI tersebut cukup melakukan pemindaian image atau gambar dari barang dan produk, selanjutnya AI bekerja untuk memberikan saran-saran alternatif penggunaan barang atau produk tersebut menjadi alih guna.
- b. *Recycle*, yakni dengan konsep *waste management* secara terintegrasi berbasis AI pemilahan sampah yang selama ini menjadi kendala dalam pengelolanya akan dapat dilakukan seleksi sampah secara otomatis. Dengan teknologi AI untuk pemilahan sampah pada mesin atau robot pengelolaan sampah, akan dihasilkan luaran jenis-jenis sampah sesuai dengan pengolahan lebih lanjut, yakni sampah organik, anorganik atau plastic, elektronik dan logam. Teknologi AI dapat diterapkan pada mesin pengolahan sampah untuk dapat mereduksi sampah terbuang sia-sia. Dengan bantuan pemilahan sampah tersebut, luarannya dapat diolah lebih lanjut untuk menjadi produk yang bernilai ekonomis, yakni kertas, pupuk organik, bijih *plastic*, bahan logam, bahan kaca atau silica, bahan logam dan lokalisir bahan berbahaya seperti merkuri atau logam berat.
- c. *Reduce*, yakni dengan menerapkan teknologi berbasis AI untuk mengurangi produksi sampah melalui analisis proses-proses produksi yang tidak efisien. Sebagai contoh, AI dapat digunakan untuk menganalisis sumber-sumber sampah dari berbagai sector seperti industri skala besar untuk dapat menghindari proses yang tidak efisien dan berdampak pada produksi sampah yang besar. Contoh praktis adalah keberadaan

Gedung-gedung bertingkat di DKI Jakarta yang hingga kini belum ada system yang dapat menganalisis penggunaan air, sementara sumber daya air sangat terbatas. AI perlu diterapkan untuk pengelolaan air agar tidak menghasilkan air yang tercemar dari Gedung-gedung bertingkat di DKI Jakarta.

- d. *Replace*, yakni dengan menerapkan teknologi AI untuk menganalisis penggunaan plastic sebagai media konsumsi dan produksi perekonomian, contohnya adalah botol, piring, sendok, garpu, sedotan, tas belanja, dan kemasan produk. AI dapat digunakan untuk menganalisis jumlah produksi bahan plastic dan digunakan untuk menganalisis material organic yang dapat dibuat sebagai material pengganti yang bersifat ramah lingkungan. Contoh praktisnya adalah AI dapat digunakan sebagai teknologi printing material organic untuk dapat membuat bahan-bahan kemasan produksi dan konsumsi.

Future of Bioengineering

Teknologi masa depan yang juga sangat perlu dikembangkan untuk *Smart City* di DKI Jakarta adalah bidang kesehatan. Kemajuan teknologi digital atau IT tidaklah semata-mata modernisasi kehidupan sosial dan ekonomi namun lebih penting lagi adalah untuk meningkatkan kesehatan dan tingkat harapan hidup warga DKI Jakarta. Untuk mewujudkan hal tersebut, AI dan pengelolaan jaringan rumah sakit dan dokter ahli serta layanan *telemedicine* berbasis aplikasi bisa diterapkan untuk *Smart City* [Ghazal et al., 2021, Poongodi et al., 2021, Khang et al., 2022]. Teknologi AI dapat digunakan untuk mengembangkan Smart Health dimana setiap warga atau keluarga memiliki piranti *monitoring* kondisi tubuh yang terhubung sebagai *IoT networks*. Kondisi tubuh yang terpantau dari pasien atau warga akan mengirimkan data secara *real-time* ke *system Smart Health*, untuk selanjutnya analisis kondisi kesehatan dapat dilakukan dan rekomendasi dapat diberikan sebagai metode pre-diagnosis. Setelah itu *smart health*, sebagai system yang terhubung dengan jaringan rumah sakit dan dokter spesialis akan menerima data-data pasien secara otomatis dan dapat menindaklanjuti untuk penegakan diagnosa klinis. Disinilah perlunya menyadari bahwa jaringan rumah sakit yang terintegrasi *by system* secara data base dan layanan perlu dilakukan. Dengan jaringan rumah sakit tersebut, potensi peningkatan layanan Kesehatan di DKI Jakarta dapat ditingkatkan dan penanggulangan pandemic seperti yang pernah dialami oleh Indonesia, yakni Covid 19 dapat dilakukan secara komprehensif. Serta keuntungan lainnya adalah *Smart Health* dapat difungsikan sebagai *telemedicine*, yakni pasien dapat berkonsultasi dengan dokter spesialis secara *online* dan rekomendasi farmasi terhubung dengan apotek seara *online* dalam *medical e-commerce*. Dengan adanya penerapan *Smart Health* untuk DKI Jakarta, capaian yang hendak dihasilkan adalah meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat dan mengurangi dampak merugikan akibat tidak terpantaunya kondisi Kesehatan warga.

Future of Space Technology

Bisnis masa depan untuk layanan konektifitas jaringan internet adalah *internet from the sky*, sebagaimana yang telah dilakukan oleh Elon Musk untuk menyediakan jaringan satelit di luar angkasa pada lapisan atmosfer *LEO (Low Earth Orbit)* [McDowell et al., 2020, Raj et al., 2020, Darusalam, et al., 2020]. Elon Musk berencana untuk menyediakan layanan internet *high-speed* melalui konfigurasi jaringan *inter-satellite*, di mana 4000 satelit direncanakan terkoneksi satu sama lain pada LEO guna memberikan akses *down-link* ke permukaan bumi. Bisnis ini merupakan masa depan jaringan internet global yang dapat memberikan akses tanpa batas bahkan juga dapat terkoneksi dengan Bulan atau planet Mars dalam bentuk

Deep Space Communications. Untuk itu DKI Jakarta perlu menggandeng pihak ketiga dalam hal operator telekomunikasi untuk turut serta membangun infrastruktur *inter-satellite* Palapa yang pernah digagas oleh Indonesia pada era 80-an. *Inter-satellite* Palapa sebagai backbone internet selanjutnya dapat dihubungkan dengan jaringan *fiber optic terrestrial* yang sudah dipersiapkan

Kemenkominfo di era 2010-an untuk terhubung sebagai layanan internet Nusantara berkecepatan tinggi. DKI Jakarta sebagai pusat bisnis internasional akan menjadi pusat perdagangan dunia Indonesia di masa depan setelah ibu kota dipindahkan ke Kalimantan. Untuk itu kecepatan konektivitas, akses *based on mobile users, high-speed services*, dan *high quality of services* menjadi infrastruktur yang wajib disediakan sebagai layanan *Smart City* guna menunjang aktivitas pusat bisnis internasional yang handal.

Quantum Computing

Masa depan komputasi baik secara *hardware* dan *software* adalah mulai bertransisi, dari *processor semiconductor based* ke *Quantum Computer (QC)* dan dari sinyal *digital based* menuju ke *qubit (quantum bit) based*. Kabar hasil penelitian terbaru telah dihasilkan QC dengan jumlah 1000 *qubit* dan kemampuan komputasi dalam ukuran *petabytes/second* [Karimi et al., 2024, Gill et al., 2024, Fauseweh et al., 2024, Patra et al., 2024, Pyrkov et al., 2024]. Teknologi komputasi yang saat ini sudah ada, dalam menjawab persoalan pemecahan masalah secara komputasi baik dengan metode *numeric* yang *advance* dan dipadu dengan berbagai skema *parallel computing* masih belum bisa menyelesaikan masalah yang terkait dengan model *system* yang bersifat *uncertainty*, random, dan stokastik. Model *system* tersebut untuk dipecahkan dengan algoritma yang paling canggih dan skema *parallel computing* yang paling modern terhambat pada skala kemampuan komputasi dan *speed processing* sehingga membutuhkan waktu lama. Sebagai contoh adalah komputasi untuk menyelesaikan permasalahan simulasi genetika, *time speed processing* untuk mendeteksi interaksi suatu obat dengan dampak genetika akan sangat sulit dicapai akibat dari waktu yang lama dibutuhkan mengetahui hasilnya. Dengan QC baik secara algoritma dan *hardware* permasalahan kompleks komputasi relatif lebih mudah untuk diselesaikan dan hasilnya dapat diketahui lebih cepat, serta *hardware parallel computing* lebih disederhanakan. Selain dari kemampuan komputasi yang fantastis, QC dapat juga difungsikan sebagai ultra *high capacity of storage* atau penyimpanan data, di mana informasi dapat dinyatakan sebagai *qubit* dalam ukuran yang lebih besar daripada sinyal digital dalam orde *exabytes*. Selain itu dari sisi kemampuan transmisi data, QC memiliki keunggulan dalam hal kecepatan berbasis pada proses *quantum entanglement*, di mana suatu informasi dapat dikirimkan secara simultan atau hampir bersamaan dari sumber dan penerima tanpa ada jeda.

Dengan memperhatikan keunggulan QC yang telah dikembangkan secara global dan potensinya untuk dapat diterapkan di DKI Jakarta sebagai *Smart City*. Serta dengan memperhatikan bahwa harga dan juga sarana-prarana pendukung QC juga tidak sederhana dan murah sebagaimana komputer konvensional, sangat perlu untuk dipersiapkan sebagai berikut:

- a. Penyediaan infrastruktur pelatihan penggunaan QC untuk mempersiapkan SDM yang mampu menguasai teknologi dan mendayagunakannya sebagai manfaat yang besar untuk menyelesaikan problem simulasi kemacetan transportasi DKI Jakarta atau prediksi banjir atau prediksi gempa dan lain-lain.

- b. Penyediaan QC yang dapat digunakan secara terbatas oleh perguruan tinggi atau lembaga riset untuk kepentingan penelitian dalam menyelesaikan kasus-kasus yang selama ini belum bisa dipecahkan oleh metode komputasi konvensional.
- c. Penyediaan QC sebagai *ultrahigh storage of database*, dimana DKI Jakarta sebagai *Smart City* di masa mendatang sangat memerlukan penyimpanan data yang bersifat besar, aman dan mudah diakses dan dengan *cloud storage* yang ada saat ini tidak dapat menampung kebutuhan di masa mendatang.

KESIMPULAN

Data McKinsey pada 2022 menunjukkan ranking kesiapan digitalisasi Indonesia mencapai skor 0,35 dari skala 1,0 dan paling tinggi di ASEAN. Hal tersebut ditopang oleh infrastruktur TIK dengan kecepatan akses rata-rata sebesar 3,5 Mbps dan jumlah pengguna sebesar 145 juta orang. Indonesia berpotensi besar menyongsong Future Trend Technologies sebagai pilar pengembangan digital economy di masa mendatang, khususnya DKI Jakarta sebagai role model Smart City. Digital economy Indonesia saat ini berada sedang tumbuh pesat, diperkirakan pada 2025 akan mencapai 135,1 miliar USD dengan pembukaan lapangan kerja 3,5 juta orang. DKI Jakarta yang mempersiapkan diri sebagai Smart City, sangat urgen untuk memberikan ruang aktifitas siber pada masyarakat dengan akses informasi yang nirkabel (wireless), bergerak (mobile) dan sarana prasarana pendukung berupa infrastruktur TIK (teknologi informasi dan komunikasi) yang reliable. Infrastruktur TIK yang mendukung pencapaian digital economy adalah Smart City, yakni suatu desain kota atau wahana modern yang memiliki keunggulan dalam hal pengelolaan tata kota dan layanan masyarakat berbasis teknologi informasi dan kecerdasan buatan. Untuk dapat membangun Smart City diperlukan penerapan atau pengembangan basis Cyber Technology sebagai basis utama pilar-pilar pembangunan kota yang modern dan cerdas. Dengan mengacu pada hasil penelitian terbaru McKinsey tentang Future Trend Technologies, terdapat 15 pilar teknologi siber yang berpotensi untuk diterapkan dan dikembangkan sebagai pilar pembangunan Smart City dari sisi software (perangkat lunak) dan hardware (perangkat keras). Pilar-pilar utama teknologi siber tersebut adalah Applied AI (Artificial Intelligence), Next Generation Software Development, Cloud and Edge Computing, Trust Architecture and Digital Identity, Future of Mobility and Transportation, Electrification and Renewables Energy, Climate Technology beyond Electrification, Advanced Connectivity, Immersive-Reality Technology, Industrializing of Machine Learning, Web 3, Future of Bioengineering, Future of Space Technology, Generative AI, dan Quantum Computing. Dalam makalah ini diuraikan 15 pilar teknologi siber masa depan yang berpotensi untuk diterapkan dalam pembangunan dan pengembangan Smart City di DKI Jakarta. Eksplorasi 15 pilar teknologi siber masa depan bertujuan untuk menjadi referensi dalam mendesain Smart City di DKI Jakarta agar sesuai dengan perkembangan teknologi mutakhir.

DKI Jakarta sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi *Smart City* di mana untuk pengembangan kedepan pasca IKN pindah ke Kalimantan, maka akan bertransformasi menjadi pusat bisnis Indonesia dalam skala internasional. Untuk itu penyiapan dan *roadmap* pembangunan dan pengembangan *Smart City* perlu dipersiapkan secara matang dan komprehensif agar dihasilkan *outcome* atau capaian yang bermanfaat untuk modernisasi dan peningkatan *living quality* dari penduduknya. Dengan melihat model-model pengembangan *Smart City* yang sudah berjalan di beberapa negara, dapat dilihat bahwa visi dan strategi yang

diturunkan menjadi program implementasi jangka pendek merupakan kunci utama keberhasilan dalam menerapkan teknologi IT dan transformasi tata kota secara transisi. Selain itu, arah pengembangan *Smart City* perlu juga untuk ditujukan bagi keberlangsungan hidup baik secara manusia dan lingkungan. Dengan mengarah pada dua hal, yakni modernisasi dan *best living quality* maka manfaat kemajuan *Smart City* bukan hanya semata mengejar modernisasi tapi juga komprehensif untuk meningkatkan mutu lingkungan hidup yakni dengan berorientasi pada *green city*.

Dengan memperhatikan perkembangan teknologi secara global yang diteliti oleh McKinsey pada 2022, bahwa terdapat 15 teknologi masa depan yang dapat memberikan perubahan secara global baik secara sosial, budaya dan perekonomian, *Smart City* di DKI Jakarta sangat perlu untuk mengadopsi 15 bidang teknologi masa depan yang berpotensi untuk diterapkan dan dikembangkan. 15 bidang teknologi masa depan tersebut, merupakan pilar-pilar utama yang dapat mendatangkan manfaat besar untuk modernisasi baik secara administratif pemerintahan, SDM, sosial dan perekonomian. Sebagaimana *trend* perekonomian di masa mendatang yang sudah *fully digital connected*, beberapa bidang pekerjaan konvensional yang selama ini dikerjakan human based akan beralih ke *machine (AI) based*. Untuk DKI Jakarta sebagai kota yang paling siap untuk transformasi dari kota megapolitan harus segera beralih ke *Smart City* dalam dua dasawarsa mendatang, agar DKI Jakarta tidak kehilangan momen dalam menyambut potensi ekonomi di masa mendatang.

SARAN

Dengan memperhatikan potensi penerapan 15 teknologi masa depan yang dapat digunakan sebagai tulang punggung untuk pengembangan *Smart City* di DKI Jakarta, serta dengan memperhatikan tantangan atau tuntutan kualitas hidup yang semakin berorientasi pada *sustainability environment*, perlunya diperhatikan sebagai berikut, yakni:

- a. Menetapkan Misi DKI Jakarta sebagai *Smart City* yang memiliki agenda utama yakni *human development* yakni meningkatkan mutu dan kualitas hidup warga, meningkatkan produktivitas warga dalam rangka meningkatkan kesejahteraan ekonomi, meningkatkan daya kompetitif warga untuk berkontribusi pada kemajuan IPTEKS secara global, meningkatkan mutu lingkungan hidup yang semakin ramah lingkungan dan berkelanjutan dan meningkatkan kemajuan teknologi digital yang melibatkan partisipasi aktif dari warga dan industri.
- b. DKI Jakarta perlu untuk membuat roadmap pembangunan dan pengembangan *Smart City* dan *Green city* yang dirancang secara bertahap dan berkesinambungan dalam bentuk Rencana Strategis DKI Jakarta, dimana rencana tersebut dapat dituangkan dalam bentuk *Smart City Masterplan* baik secara jangka panjang 25 – 30 tahun atau jangka menengah per lima tahun.
- c. Perlunya membuat tata kelola kota yang mengadopsi kemajuan teknologi siber dalam bentuk Jakarta *Cyber City*, dimana menekankan aspek peningkatan layanan pemerintah, hubungan yang produktif antara warga kota atau pihak industri dengan pemerintah
- d. Perlunya membuat regulasi penerapan dan pengembangan DKI Jakarta sebagai kota yang mengembangkan *Smart City* berorientasi pada *Green city*.
- e. Melibatkan partisipasi *stakeholder* dalam pengembangan *Smart City* DKI Jakarta

dengan mengundang berbagai pakar, yakni tata kota, energi dan lingkungan, ekonomi, sosial budaya, IT & *engineering*, kesehatan dan psikologi, baik dari kalangan perguruan tinggi, pelaku usaha atau industri, dan tokoh agama atau masyarakat agar diperoleh perencanaan dan pengembangan yang strategis, implementatif, sistematis, holistik dan komprehensif serta berkelanjutan.

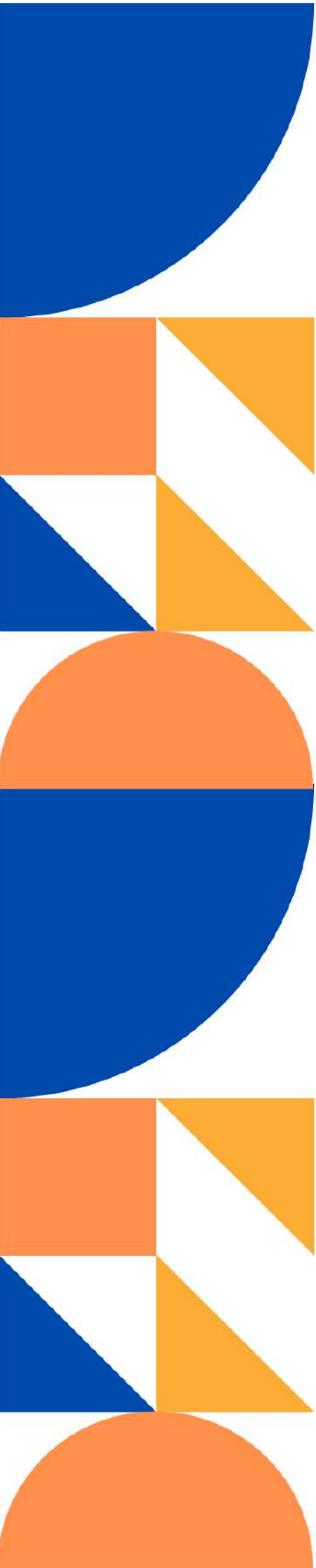
DAFTAR PUSTAKA

- Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80-91.
- Ardila-Gomez, A., Ortegon-Sanchez, A., & Oviedo-Trespalacios, O. (2022). Planning for sustainable and smart mobility in developing cities: Policy transfer and mobility justice in Bogotá. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103543. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103543>.
- Attaran H, Kheibari N, Bahrepour D. Toward integrated *Smart City* : A new model for implementation and design challenges. *GeoJournal*. 2022 Oct;87(Suppl 4):511-26.
- Batty, M. (2023). Generative artificial intelligence for urban design. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 50(1), 25-41. <https://doi.org/10.1177/23998083211069406>.
- Cugurullo, F. (2021). Urban artificial intelligence: From automation to autonomy in the *Smart City* . *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 1-14.
- Centenaro, M., Vangelista, L., & Zanella, A. (2022). Future internet of things: Integration of 6G and cyber physical systems. *IEEE Wireless Communications*, 29(1), 86-93. <https://doi.org/10.1109/MWC.001.2100250>
- Darusalam, U., Nathasia, N. D., Zarlis, M., & Priambodo, P. S. (2024). Simulating Free-Space Optical Communications to Support a Li-Fi Access Network in a *Smart City* Concept. *CommIT (Communication and Information Technology) Journal*, 18(1), 17-27.
- Darusalam U, Zulkifli FY, Priambodo PS, Rahardjo ET. (2020). Hybrid optical communications for supporting the Palapa Ring network. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. Jun 1;9(3):1055-66.
- Ding, Y., Guo, J., Wang, J., & Shen, Y. (2023). Generative adversarial networks for urban traffic simulation and prediction: A review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 139, 103743. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103743>.
- Erasmus, D., Rahmad, R., Sosrodarsono, S., & Latip, R. (2022). 5G network services for smart cities: A systematic literature review. *Sensors*, 22(2), 587. <https://doi.org/10.3390/s22020587>.
- Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The *Smart City* concept in the 21st century. *Procedia Engineering*, 181, 12-19.
- Fauseweh B. (2024). Quantum many-body simulations on digital quantum computers: State-of-the-art and future challenges. *Nature Communications*. Mar 8;15(1):2123.
- Fang B, Yu J, Chen Z, Osman AI, Farghali M, Ihara I, Hamza EH, Rooney DW, Yap PS. (2023). Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. *Environmental Chemistry Letters*. Aug;21(4):1959-89.
- Fakhimi AH, Khani AH, Sardroud JM. Smart-city infrastructure components. In *Solving urban infrastructure problems using Smart City technologies 2021* Jan 1 (pp. 17-54). Elsevier.
- Ghazal TM, Hasan MK, Alshurideh MT, Alzoubi HM, Ahmad M, Akbar SS, Al Kurdi B, Akour IA. (2021) IoT for smart cities: Machine learning approaches in smart healthcare—A review. *Future Internet*. Aug 23;13(8):218.
- Guo C, Wang Y, Hu Y, Wu Y, Lai X. Does *Smart City* policy improve corporate green technology innovation? Evidence from Chinese listed companies. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2024 May 11;67(6):1182-211.
- Gill SS, Cetinkaya O, Marrone S, Combarro EF, Claudino D, Haunschild D, Schlote L, Wu H, Ottaviani C, Liu X, Machupalli SP. (2024). Quantum Computing: Vision and Challenges. *arXiv preprint arXiv:2403.02240*. Mar 4.

- Heratha, H. M. K. K. M. B., & Mittal, M. (2022). Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review. *Sustainable Cities and Society*, 80, 103774.
- He Z, Liu Z, Wu H, Gu X, Zhao Y, Yue X. Research on the impact of green finance and Fintech in *Smart City Complexity*. 2020 Dec 8;2020:1-0.
- Hossain MS, Madloul NA, Rahim NA, Selvaraj J, Pandey AK, Khan AF. (2016). Role of smart grid in renewable energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Jul 1;60:1168-84.
- Jobin, A., Nsiah, C., & Mistree, S. (2022). Responsible AI for smart cities and communities: A socio technical systems approach. *Sustainable Cities and Society*, 88, 104149. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104149>.
- Jittrapirom, P., Marchau, V., van der Voort, M., & Macioszek, E. (2022). Future urban mobility: Trends, impacts, and governance implications. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103711. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103711>.
- Karimi N, Elyasi SN, Yahyavi M. (2024) Implementation and measurement of quantum entanglement using IBM quantum platforms. *Physica Scripta*. Mar 29;99(4):045121.
- Khan HH, Malik MN, Zafar R, Goni FA, Chofreh AG, Klemeš JJ, Alotaibi Y. Challenges for sustainable *Smart City* development: A conceptual framework. *Sustainable Development*. 2020 Sep;28(5):1507-18.
- Khalil MI, Jhanjhi NZ, Humayun M, Sivanesan S, Masud M, Hossain MS. (2021) Hybrid smart grid with sustainable energy efficient resources for smart cities. *sustainable energy technologies and assessments*. Aug 1;46:101211.
- Khang A, Ragimova NA, Hajimahmud VA, Alyar AV. (2022) Advanced technologies and data management in the smart healthcare system. In *AI-Centric Smart City Ecosystems* Dec 30 (pp. 261-270). CRC Press.
- Kurniawan, N. B., Suryadi, K., Pramono, S. H., & Faisal, M. (2021). Jakarta *Smart City* A systematic literature review. *International Journal of Intelligent Networks*, 2, 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.ijn.2021.04.001>.
- Li, F., Nucciarelli, A., Roden, S., & Graham, G. (2016). How smart cities transform operations models: A new research agenda for operations management in the digital economy. *Production Planning & Control*, 27(6), 514-528.
- Massimo Ragnedda and Giuseppe. (2020). *Destefanis Blockchain and Web 3.0*, Routledge Studies in Science, Technology and Society.
- McDowell JC. (2020). The low earth orbit satellite population and impacts of the SpaceX Starlink constellation. *The Astrophysical Journal Letters*. Apr 6;892(2):L36.
- Raj AA, Krishnan P, Darusalam U, Kaddoum G, Ghassemlooy Z, Abadi MM, Majumdar AK, Ijaz M. (2023). A review—unguided optical communications: Developments, technology evolution, and challenges. *Electronics*. Apr 19;12(8):1922.
- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N. A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. *Sensors*, 23(8), 3880. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#tech-trends-2023> (Diakses pada 14 Mei 2024).
- <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Asia/Indonesia/Our%20Insights/Unlocking%20Indonesias%20digital%20opportunity/Unlocking%20Indonesias%20digital%20opportunity.as> [hx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Asia/Indonesia/Our%20Insights/Unlocking%20Indonesias%20digital%20opportunity/Unlocking%20Indonesias%20digital%20opportunity.as) (Diakses pada 14 Mei 2024).
- Patra S, Jahromi SS, Singh S, Orús R. (2024) Efficient tensor network simulation of IBM's largest quantum processors. *Physical Review Research*. Mar 26;6(1):013326.
- Poongodi M, Sharma A, Hamdi M, Maode M, Chilamkurti N. (2021) Smart healthcare in smart

- cities: wireless patient monitoring system using IoT. *The Journal of Supercomputing*. Nov 1:1-26. Pyrkov A, Aliper A, Bezrukov D, Podolskiy D, Ren F, Zhavoronkov A. (2024) Complexity of life sciences in quantum and AI era. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*. Jan;14(1):e1701.
- Qian Y, Liu J, Cheng Z, Forrest JY. Does the *Smart City* policy promote the green growth of the urban economy? Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021 Dec;28:66709-23.
- Qian L, Juan G, Jingchao Y, Yun L, Dexuan S, Mengchao X, Ishan S, Manzhu Y, and Chaowei Yang. (2021). *Cloud, Edge, and Mobile Computing for Smart Cities*. Urban Informatics, The Urban Book Series, https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_41.
- Rani S, Mishra RK, Usman M, Kataria A, Kumar P, Bhambri P, Mishra AK. Amalgamation of advanced technologies for sustainable development of *Smart City* environment: A review. *IEEE Access*. 2021 Nov 4;9:150060-87.
- Ristvej J, Lacinák M, Ondrejka R. On *Smart City* and safe city concepts. *Mobile Networks and Applications*. 2020 Jun;25:836-45.
- Saputra, M. R., Munandar, A., & Wahjuni, S. (2021). Implementation of artificial intelligence in traffic management system: A case study in Jakarta. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(2), 1482-1489.
- Silva BN, Khan M, Han K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable cities and society*. 2018 Apr 1;38:697-713.
- Su, K., Li, J., & Fu, H. (2011, September). *Smart City* and the applications. In *2011 international conference on electronics, communications and control (ICECC)* (pp. 1028-1031). IEEE.
- Sunaryo, S., Nugroho, M. H., & Surendro, K. (2020). Implementation of artificial intelligence for energy management in smart building: A case study in Jakarta, Indonesia. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(11), 287-294.
- Shukla S, Hait S. (2022). Smart waste management practices in smart cities: Current trends and future perspectives. In *Advanced organic waste management*. Jan 1 (pp. 407-424). Elsevier.
- Shrouk A, Shaimaa Ahmed Elsaid, Abdelhamied A. Ateya, Mohammed ElAffendi, Ahmed A. Abd El-Latif. (2023). Enabling Technologies for Next-Generation Smart Cities: A Comprehensive Review and Research Directions. *Future Internet*, 15, 398. <https://doi.org/10.3390/fi15120398>.
- Trencher, G., & Karvonen, A. (2019). Stretching "smart": advancing health and well-being through the *Smart City* agenda. *Local Environment*, 24(7), 610-627.
- Uula, M. M., & Surbakti, H. (2023). Digital Economics in Indonesia: Development and Research Trend. *Digital Economics Review*, 1(1).
- Umar Majeed. (2021). Blockchain for IoT-based smart cities: Recent advances, requirements, and future challenges, *Journal of Network and Computer Application*.
- Venkatesh AN, Naved M, Fakhri AH, Kshirsagar PR, Vijayakumar P. (2022). An approach for *Smart City* applications using artificial intelligence. In *AIP Conference Proceedings* May 19 (Vol. 2393, No. 1). AIP Publishing.
- Xiaoning D, Weijing C, Lei Z, Yingmei B, Yan L, Xiaoxiao W. (2023). Machine Learning for Smart Cities: A Comprehensive Review of Applications and Opportunities. *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 14, No. 9.

- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., da Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable Cities and Society*, 45, 702-713.
- Yudong Z, Pushpita C and Amrit M. (2023) Trust, Privacy and Security for Smart Cities. *Sustainability*, 15, 5523. <https://doi.org/10.3390>.
- Zefeng, C., Wensheng, G., Jiayang, Wu., Hong, Lin. (2024) Metaverse for smart cities: A survey. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems* 4 (2024) 203–216



FORMULASI KEBIJAKAN PEMERINTAH & KESIAPAN PERANGKAT HUKUM DALAM MENANGGULANGI KEJAHATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

Wahyu Nugroho¹, Fahririn^{2*}

^{1,2} Universitas Sahid Jakarta

e-mail: fahririn@usahid.ac.id

PENDAHULUAN

Berkembangnya informasi teknologi sangat mempengaruhi dinamika kehidupan masyarakat modern dan berbanding lurus dengan semakin kompleksnya permasalahan di tengah derasnya sistem informasi dan metode kecerdasan buatan dalam memenuhi kebutuhan manusia. Kecerdasan buatan merupakan bagian dari instrumen hasil perkembangan teknologi yang menjadi pembicaraan di semua lini kehidupan. Kecerdasan buatan merupakan perangkat sistem dengan kecanggihan teknologi yang didesain untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara berpikir dan bertindak sama layaknya manusia. Masifnya perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan selalu menghadirkan kemudahan bagi yang mengoperasionalkan. Berbagai fitur dan fungsi dalam perangkat kecerdasan buatan sangat berimplikasi pada berbagai bidang kehidupan, termasuk bidang hukum. Berkembangnya AI sangat berpotensi menciptakan perubahan mendasar baik dari segi cara bertindak maupun menjalani dalam kehidupan di masyarakat.

Dalam kehidupan modern, kecerdasan buatan atau dalam bahasa inggrisnya disebut Artificial Intelligent (AI) dapat membantu manusia untuk pekerjaan sehari-hari di berbagai sektor, seperti bisnis, perbankan, medis, pendidikan, dan profesi-profesi lainnya sebagai penunjang pekerjaannya. Namun seiring dengan kemajuan teknologi seringkali AI dimanfaatkan untuk melakukan kejahatan, khususnya di bidang ekonomi dan bisnis. Dalam kehidupan modern AI menjadi bagian integral dari transformasi berbagai sektor kehidupan manusia, bahkan sebagian telah mengalami disrupsi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Web, mendefinisikan disrupsi merupakan sesuatu yang tercerabut dari akarnya. Istilah disrupsi mengacu pada perubahan yang sangat mendasar di dunia pasar, industri, atau bisnis secara signifikan sebagai akibat lahirnya berbagai inovasi, pemanfaatan teknologi baru, atau perubahan cara berpikir atau metode yang digunakan.

Penerapan kecerdasan buatan sudah cukup lama berada di tengah kehidupan kita, sehingga kecerdasan buatan juga sudah lama ada dalam *Internet of Things* (IOT) dan menjadi bagian dari kebiasaan dalam keseharian. Kecerdasan buatan memiliki kemampuan *re-generate* sebuah gambar dari deskripsi saja. Bidang hukum menjadi bagian yang terdampak untuk dikembangkan melalui dokumen perencanaan kontrak atau perjanjian yang dapat dilaksanakan melalui mekanisme kontrak elektronik. Selain itu dikembangkan sistem persidangan elektronik (*e-court*), pengacara yang terdaftar secara elektronik (*e-lawyer*), bahkan berbagai aplikasi jasa konsultasi hukum secara elektronik (*electronic legal consultant*). Oleh karena itu, pemanfaatan kecerdasan buatan mengalami perkembangan yang sangat pesat di bidang hukum sehingga mampu mengefisienkan beban kerja.

Dalam perkembangannya di Indonesia, pemanfaatan legal Online memiliki platform (*teknologi Legal Intelligence Assistant*) yang diakui sebagai bentuk percakapan hukum pertama di Indonesia dengan tujuan membantu masyarakat untuk memperoleh muatan-muatan yang bersifat edukatif di bidang hukum maupun bidang kekhususan hukum perdata hukum pidana, atau bidang hukum yang lainnya. Pesatnya perkembangan sistem informasi dan teknologi bidang hukum sangat jelas misalnya munculnya pengadilan elektronik (*e-court*) merupakan rangkaian persidangan yang dilakukan secara online. Munculnya sistem ini berdampak terhadap profesi hukum apapun misalnya notaris dan pengacara mengembangkan sistem dokumen elektronik, tanda tangan elektronik, dan lain sebagainya. Kecepatan dalam akselerasi teknologi di bidang hukum sebagai sesuatu hal yang sangat spektakuler bagi

kalangan profesi-profesi hukum.

Kemajuan teknologi, terutama di bidang Kecerdasan Buatan (AI), telah membawa banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Pesatnya perkembangan kecerdasan buatan tentunya akan memberikan sejumlah dampak, tantangan bahkan risiko di kemudian hari yang perlu diselesaikan permasalahannya. Semakin canggihnya AI menyebabkan munculnya pertanyaan etika dan keamanan yang harus dijawab dengan aturan dan regulasi yang jelas. Tanpa adanya batasan hukum yang memadai, perkembangan AI yang tidak terkendali berpotensi menimbulkan konsekuensi serius, seperti pelanggaran privasi, bias algoritma, serta dampak negatif lainnya terhadap perorangan maupun sosial.

Dalam konteks demikian, menjadi sebuah urgensi untuk mempersiapkan berbagai langkah, menyusun sejumlah kebijakan hukum yang utuh dan berjangka panjang guna memberikan pengaturan atas penggunaan dan perkembangan AI di masa mendatang. Kebijakan ini harus mampu melindungi hak-hak individu, menjamin keadilan, mengatasi tantangan etika, serta memastikan bahwa AI digunakan untuk kepentingan masyarakat luas. Dengan adanya regulasi yang tepat, kita dapat memaksimalkan manfaat AI sekaligus memitigasi risikonya, sehingga teknologi ini dapat berkembang secara bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Berdasarkan sumber kamus besar bahasa Indonesia, kebijakan sebagai suatu rangkaian konsep dan asas yang mendasar secara terencana dalam pelaksanaan suatu pekerjaan, kepemimpinan, manajemen dan cara bertindak. Kebijakan dapat diartikan suatu pernyataan cita-cita, tujuan, prinsip, atau maksud sebagai garis pedoman untuk manajemen dalam usaha mencapai sasaran. Istilah *policy* diambil dari bahasa latin “*politia*” artinya pemerintah, berasal dari kata “*polis*” dalam bahasa yunani kuno artinya negara. Kata “*polis*” tersebut menurunkan kata “*politeia*”, “*polites*” yang berarti penduduk suatu negara. Istilah tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bahasa Indonesia menjadi istilah “politik” dan “ilmu politik”, merupakan salah satu cabang keilmuan yang masuk ke dalam pembedaan ilmu sosial.

Secara terminologi, makna kebijakan (*policy*) memiliki dua aspek, yakni sesuatu yang dihasilkan pemerintah berasal dari segala kejadian dalam masyarakat sekaligus digunakan untuk kepentingan masyarakat, dan peristiwa untuk mendamaikan berbagai tuntutan dari para pihak yang sedang berkonflik, atau untuk mengintegrasikan dari berbagai kepentingan yang ada di masyarakat, sehingga kebijakan menjadi solusinya.

Berdasarkan istilah dan pengertian tersebut, kebijakan lebih ditujukan kepada masyarakat dan berdampak luas, sehingga seringkali disandingkan dengan kata “publik”, dan menjadi kebijakan publik. Kebijakan publik memiliki beberapa tahapan, tahapan awal dimulai dengan proses perumusan kebijakan, atau yang dikenal dengan istilah formulasi kebijakan. Nuryanti menjelaskan bahwa prosedur perumusan (*formulation*) kebijakan merupakan tahapan penting dalam melaksanakan implementasi dan evaluasi, jika tahapan tersebut selesai mengalami kegagalan dalam pencapaian tujuan maka itu berasal dari proses perumusan yang tidak mengikuti prosedur dari setiap tahapan formulasi kebijakan.

Pada tahapan formulasi kebijakan publik, sejumlah fakta menunjukkan dalam proses perumusan kebijakan publik, diintervensi oleh keputusan politik. Dengan demikian, dalam perumusan kebijakan publik, harus fokus pada kajian permasalahan, sehingga intervensi politik dapat diminimalisir dan harus mempertimbangkan berbagai aspek yang cukup

kompleks di masyarakat. Apabila tidak, maka akan menimbulkan permasalahan di kemudian hari. Misalnya dalam kebijakan impor pangan, kebijakan perumusan undang-undang cipta kerja, dan lain sebagainya.

Menurut Winarno, formulasi sebagai suatu proses dapat dilihat ke dalam dua macam kegiatan, pertama memutuskan segala sesuatu yang harus dilakukan guna mendapatkan kesepakatan tentang suatu alternatif kebijakan yang dipilih, dan kedua suatu keputusan kebijakan meliputi suatu perbuatan pejabat atau lembaga dalam rangka memberikan persetujuan, melakukan perubahan, atau pilihan dari berbagai alternatif kebijakan.

Dalam konteks penegakan hukum, aparat penegak hukum merupakan bagian terpenting dari kelembagaan/institusi penegakan hukum khususnya di bidang hukum pidana. Di era berkembangnya teknologi digital penegak hukum yang selama ini tidak terlepas dari profesi Polisi, Jaksa, Hakim dan Pengacara akan mengalami pergeseran yang cukup signifikan. Kemajuan teknologi di era revolusi industri 4.0 telah mengubah cara orang-orang di era digital berinteraksi dengan hukum. Tidak hanya memaksa regulator mengubah pendekatannya, para profesional hukum dan aparat penegak hukum pun harus beradaptasi. Pesatnya perkembangan teknologi tersebut dalam pemanfaatan AI pada akhirnya berbanding lurus dengan kebijakan dan kesiapan perangkat hukum dalam dalam menanggulangi kejahatan AI. Oleh karena itu, artikel ini membahas dalam ruang lingkup kebijakan dan dampak perkembangan teknologi AI saat ini dalam menangani berbagai jenis kejahatan AI yang berkembang di masyarakat, dan formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum di masa mendatang dalam menanggulangi kejahatan AI.

PEMBAHASAN

1. Kebijakan Pemerintah dan Instrumen Hukum dalam Merespon Perkembangan Teknologi AI

Kebijakan dari segi hukum atau instrumen pidana terlebih dahulu dipandang secara peraturan perundang-undangan. Hal ini didasarkan pada pemikiran bahwa usaha dan kebijakan untuk membuat peraturan hukum pidana Formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum pada masa mendatang dalam menanggulangi kejahatan AI dapat dilakukan dengan sejumlah langkah antara lain pembentukan regulasi khusus terkait AI dengan penetapan standar dan pedoman yang jelas untuk meminimalkan risiko penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan, penguatan penegakan hukum, peningkatan kapasitas dan pelatihan bagi aparat penegak hukum untuk memahami teknologi AI dan mengidentifikasi tindak kejahatan yang terkait dengannya, pengembangan kerangka etika AI yang kuat dan diadopsi secara global dapat membantu mencegah penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan, peningkatan literasi digital dan kesadaran masyarakat, penelitian dan pengembangan teknologi keamanan AI, serta kerjasama multidisiplin dan lintas sektor dengan melibatkan pemerintah, akademisi, industri, organisasi masyarakat sipil, dan pemangku kepentingan lainnya. Kerja sama lintas sektor ini diperlukan untuk mengembangkan solusi yang komprehensif dan efektif dalam menanggulangi kejahatan pada AI.

Pemerintah melaksanakan berbagai kebijakan di bidang hukum pidana dalam rangka menanggulangi kejahatan di tengah perkembangan teknologi informasi dengan

pemanfaatan kecerdasan buatan. Ahli hukum pidana Indonesia Muladi dan Barda Nawawi Arief menyampaikan bahwa kejahatan merupakan bentuk dari “perilaku menyimpang” yang ada di masyarakat.

Di Indonesia, belum ada undang-undang atau regulasi khusus yang secara komprehensif mengatur tentang Artificial Intelligence (AI). Namun, ada beberapa instrumen hukum yang terkait dengan pengaturan AI secara tidak langsung atau sebagai payung hukum yang dapat digunakan untuk mengatur AI. Adapun instrumen hukum yang digunakan dalam perkembangan teknologi adalah :

1. Pasal 27 ayat (3) konstitusi Indonesia berdasarkan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945

"Setiap warga negara berhak memperoleh pekerjaan dan penghidupan yang layak bagi kemanusiaan." Aturan ini menjadi dasar dan landasan Pasal ini dapat digunakan untuk melindungi hak pekerja yang terancam oleh otomatisasi yang didorong oleh AI serta dalam Pasal 28 ayat (4): "Perlindungan, pemajuan, penghormatan, dan penegakan hak dan kebebasan manusia merupakan tanggung jawab negara, dan karenanya negara harus menghormati dan melindungi hak asasi manusia dalam melakukan pengaturannya." Pasal ini dapat digunakan untuk memastikan bahwa pengembangan dan penggunaan AI tidak melanggar hak asasi manusia.

2. Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP)

- a. Pasal 378 KUHP: "Barang siapa dengan sengaja dan dengan tipu muslihat membuat orang lain untuk mempercayai sesuatu, sehingga karena kepercayaan itu ia memberikan atau menyerahkan sesuatu yang bukan miliknya atau sesuatu yang menjadi haknya, dihukum dengan pidana penjara paling lama empat tahun atau denda paling banyak dua puluh juta rupiah." Pasal ini dapat digunakan untuk menjerat pihak yang dengan sengaja menggunakan AI untuk melakukan penipuan.
- b. Pasal 379 KUHP: "Barang siapa dengan maksud untuk mendapatkan keuntungan sendiri atau orang lain, dengan cara melawan hukum, membuat, memalsukan, atau mengubah surat, atau memasukkan atau mengeluarkan sesuatu dalam suatu surat yang seolah-olah telah dimasukkan atau dikeluarkan pada waktu pembuatannya, atau memalsukan cap, mata uang, meterai atau kertas lain yang khusus dipergunakan oleh negara, atau yang dipakai sebagai alat pembayaran umum, dihukum dengan pidana penjara paling lama tujuh tahun." Pasal ini dapat digunakan untuk menjerat pihak yang dengan sengaja menggunakan AI untuk melakukan pemalsuan.
- c. Pasal 406 KUHP: "Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak memasuki atau melintasi suatu pekarangan, kebun, atau tanah lain yang kepunyaan orang lain, atau suatu ruangan yang tertutup, dihukum dengan pidana penjara paling lama dua bulan atau denda paling banyak lima ratus rupiah." Pasal ini dapat digunakan untuk menjerat AI yang dengan sengaja memasuki atau melintasi suatu area tanpa hak.

3. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi

- a. Ketentuan Pasal 1 ayat (1): "Telekomunikasi adalah suatu kegiatan yang memanfaatkan sarana telekomunikasi untuk menunjang penyelenggaraan suatu

kegiatan"

- b. Ketentuan Pasal 10 ayat (1): "Setiap orang berhak menggunakan jasa telekomunikasi."
- c. Ketentuan Pasal 23 ayat (1): "Setiap orang yang dengan sengaja dan tanpa hak mengganggu, merusak, atau menghilangkan fungsi sarana telekomunikasi, atau menyalahgunakan sarana telekomunikasi, dipidana dengan pidana penjara paling lama 6 (enam) tahun dan denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah)."

Ketiga pasal tersebut dapat digunakan untuk memastikan akses yang adil dan terjangkau terhadap layanan AI, mengatur penggunaan infrastruktur telekomunikasi untuk pengembangan dan penggunaan AI serta penyalahgunaan AI untuk tujuan kriminal.

1. Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2016 perubahan atas Undang-undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik
 - a. Ketentuan Pasal 27 ayat (2): "Setiap orang yang dengan sengaja dan tanpa hak mendistribusikan dan/atau mentransmisikan dan/atau membuat dapat diaksesnya Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik yang memiliki muatan yang melanggar hukum pidana, dipidana dengan pidana penjara paling lama 6 (enam) tahun dan denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah)."
 - b. Ketentuan Pasal 28 ayat (1): "Setiap orang yang dengan sengaja dan tanpa hak mengakses atau mencoba mengakses suatu Sistem Elektronik, baik yang sedang berjalan maupun yang tidak berjalan, milik orang lain dengan cara apapun, dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 (dua) tahun dan denda paling banyak Rp250.000.000,00 (dua ratus lima puluh juta rupiah)."
 - c. Ketentuan Pasal 31 ayat (1): "Setiap orang yang dengan sengaja dan tanpa hak mengubah, menambah, mengurangi, menyembunyikan, menghilangkan, memindahkan, memanipulasi data elektronik milik orang lain atau milik publik, dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan denda paling banyak Rp750.000.000,00 (tujuh ratus lima puluh juta rupiah)."
2. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2004 tentang Hak Cipta
 - a. Ketentuan Pasal 9 ayat (1): "Ciptaan yang dilindungi hak cipta adalah ciptaan yang bersifat orisinal dan mempunyai bentuk yang dapat diwujudkan dalam bentuk yang nyata."
 - b. Ketentuan Pasal 12 ayat (1): "Pemegang hak cipta atas suatu ciptaan berhak untuk melakukan perbuatan memperbanyak ciptaannya, melakukan penerjemahan ciptaannya, melakukan penyesuaian ciptaannya, menyiarkan ciptaannya, mengedarkan ciptaannya, dan menyewakan ciptaannya."
3. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Sistem Elektronik
 - a. Ketentuan Pasal 4 ayat (2): "Penyelenggara Sistem Elektronik wajib menyelenggarakan Sistem Elektronik secara andal, aman, dan berkelanjutan."
 - b. Dalam ketentuan Pasal 15 ayat (1): "Penyelenggara Sistem Elektronik yang menyelenggarakan Sistem Elektronik untuk publik wajib memperoleh Izin

Penyelenggaraan Sistem Elektronik."

Pada peraturan pemerintah ini dapat digunakan untuk memastikan keamanan dan keandalan sistem AI. Pasal ini serta untuk mengatur perizinan sistem AI yang digunakan untuk publik.

1. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 5 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Jasa Pos, Telekomunikasi, dan Informatika
2. Selain instrumen hukum di atas, terdapat beberapa pedoman dan standar yang dapat digunakan untuk mengatur AI, antara lain:
 - a. Pedoman Etika Kecerdasan Buatan yang diterbitkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika
 - b. Standar Nasional Kecerdasan Buatan yang sedang disusun oleh Badan Standardisasi Nasional

Meskipun instrumen hukum di atas tidak secara khusus mengatur tentang AI, namun pasal-pasal tersebut dapat digunakan sebagai dasar hukum untuk mengatur aspek-aspek tertentu dari AI, seperti keamanan data, privasi, dan perlindungan konsumen. Namun, masih diperlukan regulasi yang lebih komprehensif dan spesifik untuk mengatur pengembangan dan penggunaan AI di Indonesia secara keseluruhan.

2. Kesiapan SDM Pemerintah dan Aparat Penegak Hukum dalam Pemanfaatan Teknologi AI beserta Penanganan berbagai Jenis Kejahatan AI

Pesatnya perkembangan kecerdasan buatan era revolusi industri 4.0, memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kehidupan dan sektor strategis dalam penyelenggaraan negara, khususnya aspek pemerintahan dan aspek penegakan hukum. Namun, di balik potensi besar yang ditawarkan, teknologi AI juga membawa tantangan baru dalam bentuk ancaman kejahatan siber dan penyalahgunaan teknologi untuk tujuan ilegal. Oleh karena itu, diperlukan penguatan dan kesiapan aparatur pemerintah dan aparat penegak hukum dalam memanfaatkan teknologi AI, serta kecanggihan, kapasitas dan kapabilitas dalam menangani beragamnya kejahatan AI.

Langkah pertama yang harus diambil adalah peningkatan kompetensi SDM melalui program pelatihan, sertifikasi, dan pendidikan lanjutan yang berfokus pada AI dan implikasinya terhadap sektor pemerintahan dan penegakan hukum. Dengan memiliki pemahaman yang mendalam tentang teknologi AI, SDM akan lebih siap untuk mengadopsi dan mengimplementasikannya dalam pekerjaan mereka. Selanjutnya, pemerintah harus mengembangkan infrastruktur dan sistem pendukung yang memadai untuk mengimplementasikan teknologi AI secara efektif dan aman. Ini meliputi pengadaan perangkat keras, perangkat lunak, sistem keamanan siber, dan platform terintegrasi yang memungkinkan penggunaan AI dalam pemerintahan dan penegakan hukum. Di samping itu, pemerintah perlu menyusun regulasi dan kebijakan yang mengatur penggunaan teknologi AI dalam berbagai sektor, termasuk pemerintahan dan penegakan hukum. Regulasi ini harus menjamin keamanan, privasi, transparansi, dan akuntabilitas dalam penggunaan AI, serta mengantisipasi dan mencegah potensi penyalahgunaan atau kejahatan terkait AI.

Kerjasama dengan akademisi dan industri yang ahli di bidang AI juga sangat penting dalam rangka pertanggungjawaban secara moral dan etika dalam pemanfaatan teknologi

kecerdasan buatan. Kolaborasi ini dapat mencakup penelitian bersama, transfer teknologi, dan berbagi praktik terbaik. Dalam menghadapi ancaman kejahatan AI, dibutuhkan SDM hukum yang memiliki kapasitas melakukan pemantauan dan menemukan berbagai indikator terjadinya kejahatan AI dan jenis kejahatan yang memanfaatkan teknologi AI, seperti pencurian data, penyebaran informasi palsu (*deepfake*), peretasan sistem AI, atau penggunaan AI untuk tujuan ilegal lainnya. Selain itu, aparat hukum harus memiliki keterampilan dan prosedur yang tepat untuk menginvestigasi dan menuntut kejahatan terkait AI, termasuk pemahaman tentang bukti digital, analisis forensik AI, dan penerapan hukum yang relevan dalam kasus-kasus tersebut.

Mengingat sifat lintas batas dari teknologi AI dan kejahatan terkait, kerjasama internasional antara pemerintah, aparat penegak hukum, dan organisasi terkait sangat penting untuk memfasilitasi pertukaran informasi, berbagi praktik terbaik, dan koordinasi dalam mengatasi ancaman kejahatan AI. Dengan mempersiapkan SDM yang kompeten, infrastruktur yang memadai, regulasi yang tepat, kerjasama dengan berbagai pihak, serta kemampuan dalam mendeteksi, menginvestigasi, dan menuntut kejahatan AI, pemerintah dan aparat penegak hukum dapat menghadapi tantangan dan memanfaatkan potensi teknologi AI secara bertanggung jawab dan efektif, menjamin keamanan masyarakat, dan menegakkan supremasi hukum di era digital yang terus berkembang ini.

Penanganan berbagai jenis kejahatan AI dari segi hukum membutuhkan persiapan yang matang dan komprehensif. Ada beberapa hal-hal yang dibutuhkan dalam penanganan kejahatan AI dari segi hukum:

1. Kerangka Hukum dan Regulasi yang Kuat.

Dibutuhkan kerangka hukum dan regulasi yang kuat untuk mengatur penggunaan teknologi AI serta mencegah dan menindak kejahatan terkait AI. Regulasi ini harus mencakup aspek-aspek seperti privasi data, keamanan siber, tanggung jawab hukum dalam penggunaan AI, dan perlindungan terhadap penyalahgunaan teknologi AI untuk tujuan ilegal.

2. Pembaruan dan Harmonisasi Peraturan Perundang-undangan.

Sejumlah peraturan yang ada saat ini, diantaranya undang-undang cybercrime, undang-undang hak kekayaan intelektual, dan undang-undang privasi data, perlu diperbarui dan diselaraskan untuk mengakomodasi perkembangan teknologi AI dan ancaman kejahatan terkait. Pembaruan ini diperlukan untuk memastikan bahwa undang-undang tersebut relevan dan efektif dalam menghadapi tantangan hukum yang muncul dari kejahatan AI.

3. Pelatihan dan Pengembangan Kapasitas SDM di bidang Hukum

Diperlukan pendidikan, pelatihan pengembangan kapasitas aparat hukum di institusi kepolisian, kejaksaan, dan kehakiman yang secara khusus untuk memahami teknologi AI, mengidentifikasi kejahatan terkait AI, mengumpulkan dan menganalisis bukti digital, serta menerapkan hukum yang relevan dalam kasus-kasus kejahatan AI.

Dengan mempersiapkan kerangka hukum yang kuat, pembaruan undang-undang, pelatihan aparat penegak hukum, kerjasama internasional, pusat keahlian, keterlibatan multidisiplin, dan edukasi masyarakat, pemerintah dan SDM dalam institusi penegakan hukum dapat lebih siap dalam menghadapi dan melakukan tindakan atas berbagai jenis kejahatan yang melibatkan teknologi AI secara efektif dan bertanggung jawab.

3. Formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum pada masa mendatang dalam menanggulangi kejahatan AI

Kejahatan AI bukan hanya memposisikan pelaku sebagai subjek, melainkan korban pun juga dapat dikatakan sebagai subjek, misalnya korban kriminalisasi digital atau secara elektronik. Sebagai contoh kasus pencemaran nama baik secara elektronik, yang bukan dimaksudkan untuk melakukan pencemaran nama baik, melainkan sebagai upaya kritik dan bagian dari kebebasan hak asasi manusia dalam menyampaikan pendapat di muka umum yang dijamin oleh konstitusi berdasarkan Pasal 28 UUD 1945. Namun seringkali ada pihak-pihak yang merasa tidak nyaman kemudian diproses hukum pidana, sehingga muncul istilah kriminalisasi. Kriminalisasi dapat dipahami suatu proses yang pada mulanya perbuatan bukan merupakan tindak pidana, dengan mempertimbangkan perbuatan tersebut dapat mengalami kerugian bagi orang lain dan mengancam keselamatan manusia, sehingga dikonsepsikan dalam peraturan perundang-undangan dan diancam dengan pidana, pada akhirnya perbuatan merupakan tindak pidana. Adapun dekriminalisasi merupakan penghilangan sifat dapat dipidanya suatu perbuatan tertentu.

Dalam konteks formulasi kebijakan atau perumusan kebijakan di bidang hukum pidana berbasis elektronik melalui pemanfaatan AI, termanifestasikan dalam penyusunan produk regulasi yang diartikan sebagai kebijakan hukum. Produk regulasi yang dimaksud di bidang hukum pidana dalam rangka memberikan perlindungan dalam kehidupan sosial dan memberikan rasa aman, nyaman, serta tentram di masyarakat. Kebijakan formulasi sebagaimana dikatakan oleh Muladi merupakan kebijakan legislasi yang mengkaji, merencanakan dan membuat produk-produk peraturan perundang-undangan melalui proses penyusunan sehingga melahirkan kebijakan hukum yang diterima oleh masyarakat. Sejumlah regulasi yang saat ini diterapkan dalam kehidupan masyarakat berfungsi mengekspresikan nilai-nilai dan instrumental.

Sejumlah instrumen atau perangkat hukum yang berlaku sekarang guna menjerat penerapan dan penyimpangan Artificial Intelligence sebagai tindak pidana siber pada Malware, yaitu KUHP, UU Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE), UU Hak Cipta, UU Perlindungan Data Pribadi, UU Tindak Pidana Pencucian Uang, UU Transfer Dana, UU Dokumen Perusahaan, dan UU Terorisme, serta peraturan turunannya dapat diterapkan pada perbuatan ini, namun mengacu pada aturan yang bersifat khusus mengenyampingkan aturan yang bersifat umum dan peraturan yang terbaru mengenyampingkan peraturan yang lama.

Berbagai usaha dalam rangka menanggulangi kejahatan pada prinsipnya merupakan bagian kesatuan dari upaya memberikan perlindungan kepada masyarakat dan kesejahteraan masyarakat. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa tujuan akhir atau tujuan utama dari politik kriminal adalah “perlindungan masyarakat untuk mencapai kesejahteraan masyarakat”. Hal ini dikemukakan oleh Marc Ancel sebagaimana dikutip oleh Barda Nawawi Arif bahwa tujuan kebijakan hukum pidana adalah memberikan perlindungan kepada masyarakat dan mencapai kesejahteraan sosial.

Kebijakan dari pemerintah sangat diperlukan untuk mengatur dan menanggulangi ancaman kejahatan yang melibatkan AI. Pemerintah harus segera menyusun regulasi dan undang-

undang yang komprehensif terkait pengembangan, implementasi, dan penggunaan AI. Regulasi ini harus mencakup aspek-aspek seperti keamanan, privasi, pertanggungjawaban secara hukum maupun etika dan moralitas dalam penggunaan AI. Selain itu, kebijakan pemerintah juga perlu memperkuat penegakan hukum dalam menangani kejahatan AI. Aparat penegak hukum harus dibekali pengetahuan dan keterampilan yang memadai untuk mengidentifikasi dan mengatasi tindak kejahatan yang melibatkan AI. Kerja sama internasional juga sangat penting, mengingat karakteristik kejahatan siber yang lintas batas negara. Pemerintah harus mendorong penelitian dan pengembangan teknologi keamanan AI untuk mengantisipasi dan mencegah ancaman kejahatan. Investasi dalam bidang ini sangat penting untuk melindungi sistem AI dari serangan dan penyalahgunaan.

Pada akhirnya, kebijakan pemerintah harus dirumuskan dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, seperti akademisi, industri, organisasi masyarakat sipil, dan masyarakat umum. Kolaborasi dan kerja sama multidisiplin ini akan memastikan bahwa kebijakan yang dihasilkan adalah komprehensif, efektif, dan selaras dengan nilai-nilai sosial. Dengan kebijakan yang tepat, dapat memanfaatkan potensi luar biasa dari AI sambil meminimalkan risikonya. Hanya dengan demikian, hal ini dapat menjamin bahwa teknologi AI dikembangkan dan dimanfaatkan dengan metode yang aman, dapat dipertanggungjawabkan, dan memberikan kemanfaatan secara sosial.

Formulasi kebijakan yang tepat dalam menanggulangi kejahatan pada Artificial Intelligence (AI) harus dilakukan secara komprehensif dan melibatkan berbagai aspek. Berikut adalah beberapa formulasi kebijakan yang dapat dipertimbangkan

1. Pembentukan regulasi khusus terkait AI

Pemerintah perlu membentuk undang-undang atau regulasi khusus yang mengatur pengembangan, implementasi, dan penggunaan AI secara keseluruhan. Regulasi ini harus mencakup aspek-aspek seperti keamanan, privasi, tanggung jawab hukum, dan etika dalam penggunaan AI. Regulasi ini juga harus menetapkan standar dan pedoman yang jelas untuk meminimalkan risiko penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan.

2. Penguatan penegakan hukum

Penegakan hukum yang kuat sangat penting untuk menanggulangi kejahatan yang melibatkan AI. Perlu adanya peningkatan kapasitas dan pelatihan bagi aparat penegak hukum untuk memahami teknologi AI dan mengidentifikasi tindak kejahatan yang terkait dengannya. Selain itu, diperlukan kerja sama internasional dalam penegakan hukum, mengingat karakteristik kejahatan siber yang lintas batas negara.

3. Pengembangan kerangka etika AI

Pengembangan kerangka etika AI yang kuat dan diadopsi secara global dapat membantu mencegah penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan. Kerangka etika ini harus menetapkan prinsip-prinsip dasar seperti transparansi, akuntabilitas, keamanan, dan privasi yang harus dipatuhi dalam pengembangan dan penggunaan AI.

4. Peningkatan literasi digital dan kesadaran masyarakat

Literasi digital dan kesadaran masyarakat tentang risiko dan ancaman kejahatan yang melibatkan AI harus ditingkatkan. Pemberian segala informasi yang bersifat edukatif dan sosialisasi secara masif kepada masyarakat/publik dapat dilakukan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya keamanan dan privasi dalam menggunakan teknologi AI, serta cara-cara untuk melindungi diri dari kejahatan siber.

5. Penelitian dan pengembangan teknologi keamanan AI

Investasi dalam penelitian dan pengembangan teknologi keamanan AI sangat penting untuk mengidentifikasi dan mencegah ancaman kejahatan. Teknologi seperti deteksi

ancaman AI, sistem keamanan AI, dan mekanisme pertahanan AI harus terus dikembangkan untuk melindungi sistem AI dari serangan dan penyalahgunaan.

6. Kerja sama multidisiplin dan lintas sektor

Penanganan kejahatan pada AI memerlukan kolaborasi dan kerja sama multidisiplin yang melibatkan pemerintah, akademisi, industri, organisasi masyarakat sipil, dan pemangku kepentingan lainnya. Kerja sama lintas sektor ini diperlukan untuk mengembangkan solusi yang komprehensif dan efektif dalam menanggulangi kejahatan pada AI.

Formulasi kebijakan yang tepat harus mempertimbangkan aspek hukum, teknologi, etika, dan sosial secara menyeluruh. Dengan pendekatan yang utuh, menyeluruh, dan kerja sama yang erat antara berbagai pihak, risiko kejahatan pada AI dapat diminimalkan, sehingga manfaat positif dari teknologi AI dapat dioptimalkan dengan aman dan bertanggung jawab.

KESIMPULAN

Perkembangan teknologi artificial intelligence (AI) atau kecerdasan buatan saat ini telah membawa dampak besar dalam berbagai aspek kehidupan, khususnya di bidang keamanan dan hukum yang kemudian melahirkan kejahatan AI. Pemerintah Indonesia di masa mendatang perlu membuat formulasi kebijakan dan mempersiapkan sejumlah perangkat hukum guna menanggulangi kejahatan terkait AI. Permasalahan dalam penulisan artikel ini adalah apakah kebijakan dan dampak perkembangan teknologi AI saat ini mampu menangani berbagai jenis kejahatan AI yang berkembang di masyarakat? Bagaimana kesiapan SDM pemerintah dan aparat penegak hukum dalam pemanfaatan teknologi AI? dan bagaimana formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum di masa mendatang dalam menanggulangi kejahatan AI? Penulisan artikel ini bertujuan untuk menganalisis kebijakan dan dampak berkembangnya teknologi AI saat ini yang berbanding lurus dengan kejahatan AI di masyarakat, kesiapan SDM pemerintah dan aparat penegak hukum dalam pemanfaatan teknologi AI, dan memformulasikan kebijakan pemerintah maupun kesiapan perangkat hukum di masa mendatang dalam menanggulangi kejahatan AI. Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah yuridis normatif, yang didukung dengan data-data empiris melalui studi wawancara dengan pihak-pihak terkait, dan menggunakan analisis secara kualitatif. Pendekatan atau solusi yang diusulkan adalah merumuskan sebuah formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum di masa mendatang melalui penguatan institusi dan kapasitas SDM, penyiapan regulasi, prasarana, teknologi informasi, serta membangun kesadaran hukum masyarakat melalui edukasi. Capaian dan rekomendasi utama dalam artikel ini adalah dirumuskannya formulasi kebijakan pemerintah dan penguatan sistem hukum secara kelembagaan, regulasi, langkah preventif dan represif dengan pendekatan kolaboratif melalui lembaga-lembaga penelitian maupun perguruan tinggi yang fokus di bidang AI.

Dari berbagai uraian atas hasil penelitian, kajian, pembahasan dan analisis tersebut, maka penulis memberikan kesimpulan:

1. Kebijakan pemerintah saat ini dalam merespon perkembangan teknologi AI cukup adaptif dan akomodatif dalam penanggulangan kejahatan atau perbuatan yang dilarang melalui sarana elektronik. Tindakan pemerintah melalui politik kriminal merupakan bagian dari upaya dalam masyarakat untuk menanggulangi kejahatan seiring dengan perkembangan AI. Selain itu, instrumen hukum dalam merespon perkembangan teknologi AI yang digunakan sekarang diantaranya melalui beberapa Pasal dalam Kitab Undang-Undang

Hukum Pidana (KUHP), yaitu Pasal 378 KUHP, Pasal 379 KUHP, dan Pasal 406 KUHP. Selain itu juga menggunakan undang-undang terkait Artificial Intelligence yang berhubungan dengan tindak pidana siber pada Malware diantaranya Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE), Undang-Undang Hak Cipta, Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi, Undang-Undang Tindak Pidana Pencucian Uang, Undang-Undang Transfer Dana, Undang-Undang Dokumen Perusahaan, dan Undang-Undang Terorisme, serta peraturan turunannya dengan mengacu pada peraturan yang bersifat khusus dapat mengenyampingkan peraturan yang umum dan peraturan yang baru dapat mengenyampingkan peraturan yang lama.

2. Kesiapan SDM pemerintah dan aparat penegak hukum dalam pemanfaatan teknologi AI beserta penanganan berbagai jenis kejahatan AI masih dalam proses penguatan khususnya dari aspek sumber daya manusia, perangkat hukum, dan sarana prasarana. Penguatan SDM melalui peningkatan kompetensi program pelatihan, sertifikasi, dan pendidikan lanjutan yang berfokus pada AI dan implikasinya terhadap sektor pemerintahan dan penegakan hukum. Selanjutnya mengembangkan infrastruktur dan sistem pendukung yang memadai untuk mengimplementasikan teknologi AI secara efektif dan aman, serta penguatan regulasi dan kebijakan yang mengatur penggunaan teknologi AI dalam berbagai sektor, termasuk pemerintahan dan penegakan hukum, termasuk kerjasama dengan akademisi dan industri yang ahli di bidang AI.
3. Formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum pada masa mendatang dalam menanggulangi kejahatan AI dapat dilakukan dengan sejumlah langkah antara lain pembentukan regulasi khusus terkait AI dengan penetapan standar dan pedoman yang jelas untuk meminimalkan risiko penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan, penguatan penegakan hukum, peningkatan kapasitas dan pelatihan bagi aparat penegak hukum untuk memahami teknologi AI dan mengidentifikasi tindak kejahatan yang terkait dengannya, pengembangan kerangka etika AI yang kuat dan diadopsi secara global dapat membantu mencegah penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan, peningkatan literasi digital dan kesadaran masyarakat, penelitian dan pengembangan teknologi keamanan AI, serta kerjasama multidisiplin dan lintas sektro dengan melibatkan pemerintah, akademisi, industri, organisasi masyarakat sipil, dan pemangku kepentingan lainnya. Kerja sama lintas sektor ini diperlukan untuk mengembangkan solusi yang komprehensif dan efektif dalam menanggulangi kejahatan pada AI.

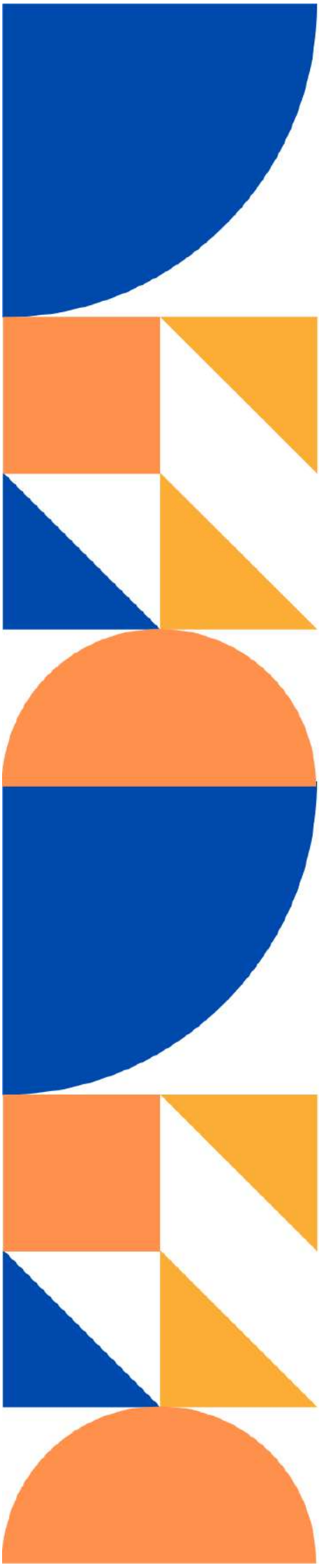
SARAN

Rekomendasi kebijakan yang dapat disampaikan kepada pemerintah adalah merumuskan sebuah formulasi kebijakan pemerintah dan kesiapan perangkat hukum di masa mendatang melalui penguatan institusi dan kapasitas SDM, penyiapan regulasi, prasarana, teknologi informasi, serta membangun kesadaran hukum masyarakat melalui edukasi. Capaian dan rekomendasi utama dalam artikel ini adalah dirumuskannya formulasi kebijakan pemerintah dan penguatan sistem hukum secara kelembagaan, regulasi, langkah preventif dan represif dengan pendekatan kolaboratif melalui lembaga-lembaga penelitian maupun perguruan tinggi yang fokus di bidang AI. Selain itu, dapat dilakukan melalui politik hukum pembentukan regulasi khusus terkait AI dengan penetapan standar dan pedoman yang jelas untuk meminimalkan risiko penyalahgunaan AI untuk tindak kejahatan, serta penguatan penegakan

hukum, peningkatan kapasitas dan pelatihan bagi aparat penegak hukum untuk memahami teknologi AI, serta melibatkan akademisi dan industri di bidang AI.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoellah, A.Y. & Rusfiana, Y. (2016). *Teori & Analisis Kebijakan Publik*, Bandung: CV Alfabeta.
- Amelia, N.F., Marcella, D.M., Semesta, H.J., Budiarti, S. & Usman, S.F. (2024). Implementasi Artificial Intelligence (AI) Dalam Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan Di Indonesia, *Eksekusi: Jurnal Ilmu Hukum dan Administrasi Negara*, 2 (1) 58.
- Anshari. (2022). Gagasan Artificial Intelligence Dalam Penerapan Hukum Di Era 4.0 Perspektif Penyelesaian Perkara Model Restorasi Justice dan Hukum Progresif, *Legal Studies Journal*, 2 (2), 4.
- Arief, B.N. (2002). *Bunga Rampai Kebijakan Hukum Pidana*, Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Berutu, L. (2020). Mewujudkan Peradilan Sederhana, Cepat dan Biaya Ringan Dengan e-Court, *Jurnal Ilmiah Dunia Hukum* 5 (1), 1–53.
- Chandranegara, I.S. (2019). Bentuk-Bentuk Perampangan dan Harmonisasi Regulasi, *Jurnal Ius Quia Iustum* 26 (3), 436.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (2024, 29 April), kebijakan, diakses pada tanggal 29 April 2024, dari <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/kebijakan>
- Luger, George & Stubblefield, W.A. (1993). *Artificial Intelligence Structures and Strategies for Complex Problem Solving* 2nd edition. California: The Benjamin/Cumming Publishing Company Inc.
- Manzano, E.S. (2021). Legaltech and Lawtech: Global Perspectives, Challenges, and Opportunities, *Laws* 10 (2), 24.
- Muladi dan Arief, B.N. (1998). *Teori-Teori dan Kebijakan Pidana*, Bandung: Alumni.
- Muladi. (2002). *Kapita Selekta Hukum Sistem Peradilan Pidana*, Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Mustari, N. (2015). *Pemahaman Kebijakan Publik: Formulasi, Implementasi dan Evaluasi Kebijakan Publik*, Yogyakarta: Leutika Prio.
- Natasya, R.D. (2023). Implementasi Artificial Intelligence (AI) dalam Teknologi Modern, *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, 2(1), 23.
- Pabubung, M.R. (2021). Epistemologi Kecerdasan Buatan (AI) dan Pentingnya Ilmu Etika dalam Pendidikan Interdisipliner, *Jurnal Filsafat Indonesia*, 4 (2), 152-159.
- Saniyyah (2023, 09 November). Disrupsi Adalah: Ketahui Faktor Penyebab, Contoh, dan Cara Menghadapinya. diakses pada tanggal 6 Mei 2024, dari <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-7026690/disrupsi-adalah-ketahui-faktor-penyebab-contoh-dan-cara-menghadapinya>
- Sudarto. (1981). *Hukum & Hukum Pidana*, Bandung: Alumni.



MANFAAT TEKNOLOGI AI DALAM PENGEMBANGAN SMART CITY JAKARTA MENJADI KARYA NUSANTARA

**Taufiqurokhman^{1*}, Lira Agusinta², Djoni
Gunanto³, Dida Nurhaida⁴**

^{1,3} Universitas Muhammadiyah Jakarta

² Institut Transportasi Dan Logistik Trisakti Jakarta

⁴ Universitas Trisakti Jakarta Barat

e-mail: taufiqurokhman@umj.ac.id

PENDAHULUAN

Teknologi telah mengubah cara pandang hidup manusia menjalani hidup. Dengan mulai membangun smart city (kota pintar), maka akan mengubahnya cara hidup lebih jauh lagi. Semakin banyak kota yang mengarahkan pandangan mereka tentang bagaimana mereka dapat menggunakan teknologi untuk merampingkan dan mengotomatisasi semua proses yang berasal dari urbanisasi. Mulai dari membawa Wi-Fi dan jaringan nirkabel ke tempat baru hingga mengumpulkan data melalui perangkat berkemampuan IoT yang dapat membantu membuat keputusan. Ada banyak sekali cara agar sebuah kota dapat mengubah bagaimana mereka beroperasi. Namun, membuat perubahan semacam ini tidak semudah menyiapkan jaringan, menambahkan beberapa perangkat Internet of Things (IoT) adalah gagasan di mana objek fisik atau perangkat terhubung ke internet dan berkomunikasi, mengumpulkan, serta berbagi data tanpa intervensi manusia di tempat yang dibutuhkan, dan dalam waktu sehari. Membangun *Artificial Intelligence* (AI) dan smart city membutuhkan pemikiran yang serius tentang ruang lingkup, implementasi, dan kolaborasi antar pihak (Andriyanti et al., 2023).

Memasuki era yang serba modern Tahun 2024, banyak sekali solusi keamanan yang ditawarkan dan yang terpopuler saat ini adalah kemampuan teknolog berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan smart city berkat banyaknya permintaan dan adopsi teknologi transformasi yang semakin fleksibel. Perangkat dan platform jaringan berbasis AI memiliki dampak signifikan pada kehidupan sehari-hari. Dampaknya adalah integrasi dengan pengaplikasian Smart City di berbagai kota mulai menjamur. Mulai dari cara berinteraksi satu sama lain, cara melakukan bisnis, dan berkomunikasi semuanya terpengaruh. Kemampuan teknologi pun turut serta di era seperti sekarang ini membantu mengembangkan Smart City ke arah yang lebih baik lagi. Salah satu yang dikejar dari hadirnya teknologi AI dan smart city untuk menjaga pertahanan keamanan data pribadi dan modernitasnya (Astuti, 2021).

Penulisan penelitian manfaat teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam pengembangan smart city Jakarta (Firmansyah, 2019), menjadi karya nusantara merupakan judul penelitian dari penulis yang akan dimasukkan dalam cluster bidang ilmu 3 (tiga) melalui pendekatan Hukum, Pertahanan Keamanan, dan Tata Kelola Pemerintahan. Penulisan buku chapter ini sudah ditetapkan dan diberikan oleh Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) III Provinsi Daerah Jakarta yang nantinya penelitian ini akan dijadikan Bunga Rampai 2024 dalam rangka memperingati Hari Ulang Tahun (HUT) Kota Jakarta ke 496 yang jatuh pada tanggal 22 Juni 2024. Tema HUT: Jadi Karya untuk Nusantara. Karenanya penulis menambahkan Jakarta menjadi karya nusantara .

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah pentingnya manfaat Teknologi AI dengan mengembangkan smart city bagi Kota Jakarta yang sudah memiliki unit pengelola Jakarta city didirikan tahun 2015 dan sudah menggunakan teknologi AI dan smart city. Pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city Jakarta sudah dipergunakan dalam kehidupan sosial masyarakat dan juga sudah menggunakan strategi ekonomi kreatif dan peningkatan pengelolaan pariwisata di kota jakarta. beberapa contoh penelitian diantaranya menerapkan ai dalam pengelolaan acara dan promosi Budaya Jakarta, penggunaan ai dalam meningkatkan layanan sosial dan kesejahteraan masyarakat atau meningkatkan pengalaman pariwisata di jakarta dengan panduan wisata AI (A. P. Kurniawan et al., 2022).

Kota Jakarta sejak 15 Februari 2024 sudah bukan lagi menjadi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, tapi akan menjadi Daerah Kota Jakarta (hilang karakter khusus ibukota menjadi Daerah Kota Jakarta) dan hasil rapat sidang Komisi II Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia pada tanggal 13 Maret 2024 sudah disahkan di Persidangan IV Tahun Sidang 2023-2024 Paripurna Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia (DPR RI) pada tanggal 28 Maret 2024, dimana Daerah Kota Jakarta disahkan menjadi Kota Aglomerasi. Kota Aglomerasi adalah menjadi pusat kota yang diikuti oleh kota-kota yang ada disekitarnya atau menjadi pusat ekonomi dan perdagangan Indonesia. Sehingga sebagai pusat ekonomi dan perdagangan akan menjadi kota megapolitin, karenanya syarat dengan manfaat penggunaan teknologi AI dan smart city (Mulianingsih et al., 2020), dalam rangka membantu untuk pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) menjadi sebuah keharusan dalam proses kemajuan pembangunan sumber daya untuk mensejahterakan masyarakat.

Kota Daerah Jakarta yang nantinya diharapkan akan menjadi kota Aglomerasi adalah pusat ekonomi dan perdagangan di Indonesia seperti halnya Ibukota Kota New York Amerika Serikat sejak tahun 1785 sampai dengan 1790. Kemudian pindah ke Washington DC sejak tahun 1790 sampai dengan sekarang. Negara bagian New York yang sebelumnya ibukota Amerika Serikat, saat ini menjadi pusat ekonomi dan perdagangan dunia internasional yang sudah sejak lama mengembangkan teknologi AI dan smart city (Rakhmani & Siregar, 2022) serta menjadi kota terbesar di dunia dengan memiliki sekitar 800 bahasa yang paling beragam di dunia.

Dengan permasalahan pemanfaatan teknologi AI dengan smart city di Jakarta akan diuraikan dalam pendekatan hukum, pertahanan keamanan dan tata kelola pemerintahan dalam menyambut HUT Jakarta ke 496 menjadi kota karya nusantara. Landasan hukum penggunaan teknologi AI dan smart city (Sandra et al., 2023) di Indonesia sudah terdapat aturannya, yaitu: (1) Undang-undang Nomor 23/2014 tentang pemerintahan daerah; (2) *Peraturan Pemerintah Nomor 80 Tahun 2019* tentang Sistem Informasi Manajemen Pemerintahan Daerah; (3) Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 99 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Induk Pembangunan Wilayah.

Dalam pendekatan pertahanan keamanan pun penggunaan teknologi AI dan smart city sudah digunakan dalam meningkatkan kemampuan pemantauan, deteksi dini, dan respons terhadap ancaman pertahanan keamanan, baik dari dalam maupun luar negeri. Sedangkan dalam tata kelola pemerintahan teknologi AI dan smart city (Sanjaya, 2022) sudah digunakan seperti dalam hal: (1) peningkatan efisiensi administrasi publik; (2) memberikan pelayanan yang lebih baik kepada masyarakat; (3) mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh pemerintah.

Sejarah Perkembangan Teknologi Artificial Intelligence (AI)

Sejarah perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah melibatkan banyak tokoh dan peristiwa penting di dunia internasional maupun di Indonesia. Beberapa perkembangan AI di Internasional dan di Indonesia sudah memberikan sejarah tersendiri dalam mengembangkan konsep dan implementasinya bagi kehidupan manusia dan perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) (Sanjaya, 2022).

Pengembangan Artificial Intelligence (AI) di Indonesia masih terus berkembang, dengan banyaknya penelitian dan aplikasi baru yang terus muncul. Sinergi antara akademisi, dunia industri dan usaha, serta pemerintah diharapkan mendorong Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang lebih pesat di masa depan (A. P. Kurniawan et al., 2022). Sejarah perkembangan Artificial Intelligence (AI) di Indonesia mencatat berbagai tonggak penting yang meliputi pengembangan teknologi, penelitian, dan penerapan AI dalam berbagai bidang, seperti beberapa momen kunci dalam sejarah AI di Indonesia: (1) *Tahun 1980-an*: pengenalan konsep AI di Indonesia dimulai pada akhir tahun 1980-an. Salah satu tokoh yang terlibat dalam memperkenalkan AI di Indonesia adalah Prof. Dr. Ir. Sritrusta Sukaridhoto dari Institut Teknologi Bandung (ITB). Beliau menjadi pionir dalam bidang kecerdasan buatan dan mendorong pengembangan AI di Indonesia. Sedangkan perkembangan AI di Indonesia adalah sebagai berikut: (2) *Tahun 1990-an*: Pada awal tahun 1990-an, terjadi peningkatan minat terhadap AI di Indonesia, terutama di lingkungan akademis dan penelitian (Palayukan et al., 2023) .

Beberapa universitas dan lembaga penelitian yang mulai mempelajari dan mengembangkan teknologi AI untuk aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk sistem informasi, pengolahan bahasa alami, dan pengenalan pola; (3) *Tahun 2000-an*: Perkembangan AI di Indonesia semakin pesat pada awal abad ke-21. Pemerintah dan sektor swasta mulai mengakui potensi besar AI dalam meningkatkan efisiensi dan inovasi. Sejumlah penelitian dan pengembangan AI terus dilakukan di perguruan tinggi dan lembaga penelitian, dengan fokus pada pengembangan algoritma, sistem cerdas, dan aplikasi AI; (4) *Tahun 2010-an* (Landwehr, 2020).

Pada dekade ini, Indonesia mulai melihat adopsi yang lebih luas dari teknologi AI dalam berbagai sektor. Perusahaan teknologi mulai mengintegrasikan AI dalam produk dan layanan mereka, sementara pemerintah memulai inisiatif untuk memanfaatkan AI dalam pelayanan publik dan pembangunan infrastruktur; (5) *Tahun 2020-an*: Di era ini, AI semakin merasuk ke berbagai aspek kehidupan di Indonesia (Abdullah, 2020). Penerapan AI semakin meluas dalam berbagai sektor, termasuk bisnis, pendidikan, kesehatan, transportasi, dan pelayanan publik. Pemerintah terus mendorong pengembangan ekosistem AI yang inklusif dan berkelanjutan, dengan memperhatikan aspek regulasi, etika, dan keamanan (Almeida et al., 2020).

Meskipun belum ada data yang spesifik tentang kota-kota di Indonesia yang menggunakan Artificial Intelligence (AI) (Andriyanti et al., 2023) secara eksplisit, beberapa kota besar seperti Jakarta, Bandung, Surabaya, dan Semarang telah mengadopsi teknologi AI dalam berbagai inisiatif smart city, termasuk dalam pengelolaan lalu lintas, pelayanan publik digital, dan analisis data untuk pengambilan keputusan yang lebih baik (Arisanti et al., 2024).

Sejarah Perkembangan Smart City

Perkembangan Smart City di **dunia internasional** berkembang seiring dengan kemajuan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Salah satu tokoh yang sering dikaitkan dengan konsep ini adalah Profesor William J. Mitchell dari MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) (Astuti, 2021). Mitchell adalah salah satu pionir dalam memperkenalkan konsep kota yang terhubung secara digital dan memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan bagi penduduk kota. Sebagai contoh, pada tahun 1999, Mitchell menerbitkan buku berjudul "e-topia: "Urban Life, Jim--But Not as We Know It" di mana ia

membahas bagaimana teknologi digital dapat mengubah pola hidup urban (BPPT, 2020). **Di Indonesia**, sejarah perkembangannya smart city, mulai diadopsi dengan serius setelah pemerintah meluncurkan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019. Dalam dokumen ini, pemerintah menekankan pentingnya pengembangan kota cerdas sebagai bagian dari strategi pembangunan nasional (Lukitasari & Hidayat, 2020).

Pada era kepemimpinan Presiden Susilo Bambang Yudhoyono (SBY), *smart city* di Indonesia mulai mendapatkan perhatian serius. Pada masa itu, smart city dipandang sebagai solusi untuk mengatasi berbagai tantangan perkotaan seperti kemacetan, polusi udara, pengelolaan sampah, dan pelayanan publik yang kurang efisien (Darmawan, 2020).

Teknologi AI Dengan Mengembangkan Smart City

Penggunaan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam pengembangan smart city memberikan berbagai manfaat yang signifikan, termasuk peningkatan efisiensi, kenyamanan, keamanan, dan keberlanjutan kota (Haning, 2019). Beberapa argumentasi tentang manfaat penggunaan AI dalam konteks pembangunan smart city, beserta contoh konkret penerapannya di Indonesia: *Pertama: Optimasi Pengelolaan Transportasi, penggunaan teknologi* Artificial Intelligence (AI) dapat digunakan untuk mengoptimalkan sistem transportasi dalam kota, termasuk pengaturan lalu lintas, perencanaan rute, dan manajemen armada transportasi publik. Dengan analisis data real time, AI dapat membantu dalam mengurangi kemacetan, mengoptimalkan waktu perjalanan, dan meningkatkan ketersediaan transportasi publik. Contoh penerapannya di Indonesia adalah Jakarta Smart City yang menggunakan teknologi AI untuk mengatur lampu lalu lintas dan mengoptimalkan jalur bus Transjakarta (Firmansyah, 2019).

Kedua: Peningkatan Keamanan Kota, penggunaan teknologi AI dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan kota melalui sistem pengawasan CCTV yang cerdas dan deteksi anomali. Dengan kemampuan analisis data real-time, AI dapat mendeteksi perilaku mencurigakan atau kejadian kriminal secara cepat dan memberikan respons yang lebih efisien. Contoh penggunaannya di Indonesia adalah penerapan teknologi AI dalam sistem pengawasan keamanan di kawasan-kawasan strategis seperti pusat kota Jakarta.

Ketiga: Pelayanan Publik yang Lebih Efisien, dengan memanfaatkan AI dalam pelayanan publik, kota dapat memberikan layanan yang lebih cepat, responsif, dan personal kepada warganya. Chatbot berbasis AI, misalnya, dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan pertanyaan umum dan memberikan bantuan kepada warga secara real-time. Contoh implementasinya di Indonesia adalah penerapan chatbot dalam layanan pelanggan perusahaan-perusahaan telekomunikasi dan perbankan (Jakarta Government, 2021).

Keempat: Pengelolaan Energi yang Lebih Efisien, penggunaan teknologi AI dapat digunakan dalam pengelolaan energi kota untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi emisi karbon. Sistem manajemen energi yang cerdas dapat membantu dalam pengoptimalan penggunaan listrik, penjadwalan penggunaan energi, dan penggunaan sumber energi terbarukan. Contoh penerapannya di Indonesia adalah penggunaan sistem manajemen energi cerdas dalam pembangunan gedung-gedung dan kompleks perumahan (Jaya et al., 2018).

Kelima: Pemantauan Lingkungan dan Bencana, penggunaan teknologi AI dapat digunakan

untuk memantau kondisi lingkungan kota secara real-time dan mendeteksi potensi bencana seperti banjir, kebakaran, atau polusi udara. Sistem pemantauan lingkungan yang cerdas dapat membantu pihak berwenang dalam mengambil tindakan pencegahan dan mitigasi yang diperlukan. Contoh penggunaannya di Indonesia adalah pengembangan sistem peringatan dini banjir berbasis AI di beberapa kota seperti Jakarta dan Surabaya. Dengan memanfaatkan teknologi AI dalam pembangunan smart city, diharapkan kota-kota yang ada di Indonesia dapat menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan serta meningkatkan kualitas hidup warga secara keseluruhan (Jaya et al., 2018).

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city Jakarta menjadi karya nusantara menjelaskan kota jakarta sebagai kota legislasi dan pusat ekonomi dan perdagangan harus sudah memiliki tingkat kemajuan Teknologi Informasi dan Komunikasi yang digunakan secara keseharian, serta memiliki inovasi (terobosan) atau kualitas kehidupan terbaru dalam teknologi AI dan smart city. Sehingga pengembangan terhadap suatu bidang pengetahuan tersebut dapat menguraikan bagaimana teknologi, temuan baru atau pendekatan yang paling canggih, efektif, dan relevan hadir di kota Jakarta dan akan terus diadopsi secara terbaru oleh komunitas ilmiah atau dunia industri dan usaha yang ada di Jakarta.

Karena sejak 15 Februari 2024, Kota Jakarta diusulkan menjadi kota legislasi dan pusat ekonomi dan perdagangan Indonesia yang sudah barang tentu harus memiliki Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang lebih efektif dan efisien dalam penggunaan kehidupan sehari-hari. Karenanya, sejak 2015, Kota Jakarta sudah memiliki unit kerja pengelola smart city dan penggunaan teknologi AI Penggunaan TIK akan semakin cepat, efektif dan efisien dalam menyelesaikan permasalahan yang ada guna mensejahterakan masyarakat.

Penelitian menggunakan metodologi kualitatif dengan desain penelitian deskriptif. Data diperoleh secara purpose, melalui observasi dan wawancara. Penelitian kualitatif adalah pendekatan penelitian yang menonjolkan pengungkapan fenomena menurut persepsi subyek penelitian yang berkedudukan terkait dengan obyek penelitian serta memahami masalah dan kompeten untuk mengurai obyek penelitian secara mendalam. Alasan ini merujuk pada pendapat Davi's Kean, P.E (2020). menjelaskan: Equally, all qualitative research tradition give as much attention to the inner as well as the outer states of human activity, Jacob (2020), for instance, notes the "subjective perceptions," "emotions," "reflective interpretations," and "mental standards," that can be include within the "characteristics" of qualitative research.

Penelitian dilaksanakan dengan pandangan yang mengacu pada pandangan Creswel, John. W. (2019), yaitu sebagai berikut : (a) Qualitative researchers is the concerned primarily with process, rather than outcomes or product; (b) Qualitative researchers are interested in meaning – how people make sense of their lives, experiences, and their structures of the world; (c) The qualitative researchers is the primary instrument for data collection and analysis. Data are mediated through this human instrument, rather than through inventories, questionnaires, or machines;(d) Qualitative researchers involve fieldwork. The researcher sprucely goes to the people, setting, site, or institution to observe or record behavior in its natural setting;(e) Qualitative research is descriptive in that the researcher is interested in process, meaning, and understanding gained through world or picture; and The process of qualitative research is inductive in that the researcher builds abstractions, concepts, hypotheses, and theories from detail.

PEMBAHASAN

MANFAAT TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DENGAN MENGEMBANGKAN SMART CITY

Manfaat Penggunaan Artificial Intelligence (AI)

Manfaat dari perkembangan teknologi Artificial Intelligence (AI) yang sudah menorehkan di *Dunia Internasional* berhasil terus mengembangkan konsep dan implementasinya teknologi AI, diantaranya menurut para founding father AI seperti, *Pertama: Alan Turing (1936)* sebagai salah satu tokoh terpenting dalam pengembangan konsep AI. Alan Turing mengembangkan konsep "mesin Turing", yang merupakan dasar bagi komputer modern dan membuka jalan bagi pemikiran tentang komputasi dan kecerdasan buatan. *Kedua: John McCarthy (1956)*: McCarthy dianggap sebagai bapak kecerdasan buatan modern. Pada Konferensi Dartmouth tahun 1956, ia dan rekan-rekannya memperkenalkan istilah "Artificial Intelligence" dan membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang ini. *Ketiga: Arthur Samuel (1959)*, orang pertama yang menggunakan istilah "machine learning". Ia mengembangkan program untuk permainan catur yang menggunakan konsep pembelajaran mesin untuk meningkatkan kinerja program tersebut dari pengalaman bermain (Johanes, 2018).

Perkembangan teknologi Artificial Intelligence (AI) di Indonesia yang sudah berhasil dikembangkan dalam Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, diantara adalah: *Pertama: Prof. Dr. Ir. Azhar Basyir, M.Eng (1995)*, salah satu tokoh di Indonesia yang berperan penting dalam pengembangan dan penerapan AI. Beliau adalah pendiri Laboratorium Sistem Cerdas dan Komputasi (Intelligent System and Computational Lab/ISC Lab) di Institut Teknologi Bandung (ITB). Penelitian beliau meliputi pengembangan sistem cerdas untuk berbagai aplikasi seperti pengenalan pola, pengolahan citra, dan pengenalan suara. *Kedua: Dr. Bonifasius B. W. Sangaji (1995)*, sebagai dosen di Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, beliau berkontribusi pada pengembangan AI di Indonesia. Salah satu karya utamanya adalah pengembangan sistem cerdas untuk membantu diagnosis penyakit jantung melalui pengolahan citra medis. *Ketiga: Dr. Wisnu Jatmiko (1999)*, yang merupakan salah satu pionir AI di Indonesia, Wisnu Jatmiko adalah dosen di Universitas Bina Nusantara (Binus). Beliau aktif dalam penelitian tentang pemodelan dan simulasi dalam konteks kecerdasan buatan (Karman, 2021).

Beberapa contoh kongkrit penerapan teknologi Artificial Intelligence (AI) di Indonesia yang berhasil dan terus dimanfaatkan dalam kehidupan masyarakat di Indonesia adalah sebagai berikut: *Pertama: Penggunaan Chatbot dalam Layanan Perbankan*, banyak bank di Indonesia menggunakan chatbot berbasis AI untuk memberikan layanan pelanggan yang lebih cepat dan efisien. *Kedua: Penerapan AI dalam Pertanian*, beberapa startup di Indonesia menggunakan teknologi AI untuk memberikan solusi dalam meningkatkan produktivitas pertanian, seperti prediksi cuaca, pengelolaan irigasi, dan pemantauan tanaman. *Ketiga: Sistem Pengenalan Suara*, beberapa perusahaan di Indonesia mulai mengadopsi sistem pengenalan suara berbasis AI dalam berbagai aplikasi, mulai dari pengenalan nama pengguna hingga perintah suara untuk mengontrol perangkat elektronik (A. P. Kurniawan et al., 2022).

Manfaat Mengembangkan Smart City di Indonesia

Pada tahun 2011, Pemerintah Indonesia meluncurkan program "100 Smart Cities Movement" yang bertujuan untuk mendorong pembangunan kota-kota cerdas di seluruh Indonesia. Program ini menjadi bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, mendukung pertumbuhan ekonomi, dan memajukan infrastruktur perkotaan (I. Kurniawan, 2023). Di era Presiden Joko Widodo (Jokowi), konsep ini mendapat perhatian serius sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan daya saing dan kualitas hidup masyarakat Indonesia. Berikut adalah beberapa perkembangan dan implementasi konsep smart city di Indonesia di bawah pemerintahan Jokowi: **Pertama: Infrastruktur TIK**, Pemerintahan Presiden Jokowi fokus pada pembangunan infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang mendukung konsep smart city. Pembangunan jaringan internet yang lebih cepat dan luas, termasuk pemasangan hotspot Wi-Fi di tempat umum seperti taman dan kawasan-kawasan strategis kota (Lawelai et al., 2022).

Kedua: Pelayanan Publik Digital, pemerintah Indonesia menggencarkan penggunaan teknologi untuk meningkatkan pelayanan publik. Contohnya adalah pembuatan aplikasi mobile untuk akses ke layanan pemerintah seperti pembayaran pajak, izin usaha, atau laporan kejadian darurat. **Ketiga: Manajemen Transportasi**, konsep smart city diimplementasikan dalam pengelolaan transportasi kota. Ini termasuk sistem pemantauan lalu lintas secara real-time, aplikasi untuk memudahkan akses dan pembayaran transportasi publik, serta pengembangan transportasi berbasis teknologi seperti kereta cepat atau moda transportasi ramah lingkungan. **Keempat: Pengelolaan Limbah**, pemerintah Indonesia juga mengarahkan upaya untuk meningkatkan pengelolaan limbah secara pintar dengan penggunaan sensor dan teknologi untuk mengawasi dan mengoptimalkan proses pengumpulan, pengolahan, dan daur ulang limbah (Almeida et al., 2020).

Kelima: Keamanan Kota, Implementasi teknologi keamanan kota untuk meningkatkan keamanan kota-kota di Indonesia, termasuk penggunaan kamera pengawas (CCTV) yang terkoneksi dengan sistem pemantauan pusat untuk deteksi dini kejadian kriminal atau keadaan darurat lainnya. **Keenam: Energi dan Lingkungan**, pemerintah Indonesia juga fokus pada penggunaan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan di kota-kota besar. Konsep smart grid dan penggunaan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau pembangkit listrik tenaga air menjadi bagian dari agenda ini (Setyasih, 2022).

Salah satu konsep *smart city* yang diterapkan pada awal munculnya adalah integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam berbagai aspek kehidupan kota, termasuk: **Pertama: Infrastruktur** Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK): Pembangunan infrastruktur TIK yang mencakup jaringan internet yang cepat dan luas, serta sistem komunikasi yang terintegrasi untuk mendukung konektivitas antarlembaga pemerintah dan masyarakat. **Kedua: Transportasi Pintar**: Penerapan teknologi dalam sistem transportasi untuk mengurangi kemacetan dan memperbaiki mobilitas masyarakat, seperti penggunaan sistem informasi transportasi publik secara real-time, pembangunan jalur khusus transportasi umum, dan penggunaan teknologi untuk mengelola lalu lintas (lian, 2023).

Ketiga: Pelayanan Publik Digital Transformasi layanan publik tradisional menjadi layanan yang lebih efisien dan mudah diakses melalui penggunaan teknologi, seperti pembayaran pajak online, pendaftaran penduduk secara elektronik, dan pusat informasi kota yang

terintegrasi.*keempat: **Pengelolaan Lingkungan:*** Pemanfaatan teknologi untuk mengelola lingkungan kota secara lebih efektif, termasuk pengelolaan sampah yang cerdas, penggunaan energi yang efisien, dan pemantauan polusi udara dan air. *Kelima; **Partisipasi Masyarakat:*** Mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pembangunan kota cerdas melalui platform digital, seperti penggunaan aplikasi untuk melaporkan masalah infrastruktur, memberikan masukan, dan berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan (Lukman & Sakir, 2024).

Pengembangan smart city di Jakarta telah dimulai sejak beberapa tahun terakhir dengan penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan efisiensi berbagai aspek kehidupan kota. Salah satu institusi yang aktif terlibat dalam pengembangan smart city di Jakarta adalah Jakarta Smart City, yang didirikan pada tahun 2015. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan teknologi AI dalam pengembangan smart city di Jakarta:

*Pertama: **Pengelolaan Lalu Lintas:*** Jakarta Smart City menggunakan teknologi AI untuk mengoptimalkan pengelolaan lalu lintas. Contohnya adalah penggunaan sistem pengaturan lampu lalu lintas yang cerdas, di mana AI memantau lalu lintas secara real-time dan menyesuaikan timing lampu lalu lintas untuk mengurangi kemacetan dan memperlancar arus kendaraan (A. P. Kurniawan et al., 2022).

*Kedua: **Pemantauan Kualitas Udara:*** Jakarta Smart City juga menggunakan teknologi AI untuk memantau kualitas udara di berbagai lokasi di Jakarta. Sistem ini menggunakan data sensor udara dan analisis AI untuk memberikan informasi real-time tentang tingkat polusi udara kepada masyarakat, sehingga mereka dapat mengambil tindakan yang tepat untuk melindungi kesehatan mereka. *Ketiga: **Pengawasan Keamanan:*** Jakarta Smart City juga menggunakan teknologi AI dalam sistem pengawasan keamanan kota. Contohnya adalah pemasangan kamera CCTV yang dilengkapi dengan teknologi pengenalan wajah dan pemantauan otomatis oleh sistem AI. Hal ini membantu dalam mendeteksi dan merespons kejadian kriminal secara lebih cepat dan efisien (Haning, 2019).

*Keempat : **Layanan Publik Digital:*** Jakarta Smart City telah mengembangkan berbagai aplikasi mobile dan platform digital untuk memberikan layanan publik kepada warga Jakarta. Contohnya adalah aplikasi Qlue, di mana warga dapat melaporkan masalah di lingkungan mereka secara langsung kepada pemerintah menggunakan fitur pengenalan lokasi dan foto. *Kelima: **Pemantauan Banjir:*** Jakarta Smart City menggunakan teknologi AI dalam pemantauan banjir di Jakarta. Sistem ini memanfaatkan data cuaca dan sensor banjir yang terpasang di berbagai lokasi untuk memprediksi dan mendeteksi potensi banjir, sehingga pemerintah dapat mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan (Muhammad Ghifary et al., 2023).

Manfaat Teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Smart City di Jakarta Melalui penerapan teknologi AI dalam pengembangan smart city, Jakarta Smart City bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup warga Jakarta, memperlancar arus transportasi, meningkatkan keamanan, dan memastikan berbagai layanan publik dapat diakses dengan lebih mudah dan efisien. Perkembangan penggunaan teknologi AI dengan mengembangkan smart city di Jakarta pertama kali digunakan awal 2015 hingga saat ini tahun 2024 telah menunjukkan beberapa progres yang signifikan (Mulianingsih et al., 2020). Berikut adalah beberapa hal yang sudah berjalan dan rencana ke depan:

Smart City yang Sudah Berjalan di Jakarta

Jakarta telah sukses menggunakan aplikasi smart city untuk beberapa hal seperti: mengimplementasikan berbagai program smart city, seperti (1) sistem transportasi cerdas; (2) pelayanan publik digital; (3) penggunaan teknologi untuk mengelola banjir dan polusi udara. Sejak awal Tahun 2015, Pemerintah Jakarta sudah meluncurkan *aplikasi Qlue*, yang memungkinkan warga melaporkan masalah kota seperti: (1) kebersihan; (2) keamanan; (3) infrastruktur melalui platform digital. *Kedua: (1) Penggunaan CCTV untuk memantau lalu lintas dan keamanan kota; (2) Program penerangan jalan umum yang cerdas dengan penggunaan lampu LED yang hemat energi dan pengaturan kecerahan otomatis.* Maka Jakarta kedepannya akan mengembangkan beberapa aplikasi smart city yang dirasakan memiliki nilai manfaat dan efektifitas dalam penggunaannya (Munandar et al., 2023).

Rencana Penggunaan Smart City ke depan

Setelah sukses menggunakan aplikasi smart city untuk aplikasi Qlue; pemanfaatan CCTV; penerangan jalan umum cerdas; transportasi, maka Jakarta berencana akan menggunakan konsep smart city untuk beberapa hal di bawah ini: *Pertama: Pengembangan Infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK)* Pemerintah Jakarta terus berupaya memperluas jaringan internet yang cepat dan luas di seluruh wilayah kota untuk mendukung konektivitas digital yang lebih baik. *Kedua: Pengelolaan Banjir:* Jakarta memiliki masalah serius terkait banjir, dan rencana ke depannya termasuk penggunaan teknologi untuk memantau dan mengelola banjir dengan lebih efektif, termasuk sistem peringatan dini (Nuryanto, 2021).

Ketiga: Transportasi Publik: Pemerintah terus mengembangkan sistem transportasi publik dengan memperluas jaringan MRT, LRT, dan angkutan umum lainnya. Penerapan sistem pembayaran digital yang terintegrasi juga menjadi fokus (Rakhmani & Siregar, 2022). *Keempat: Pelayanan Publik Digital:* Jakarta terus berupaya untuk meningkatkan pelayanan publik melalui platform digital, seperti pembayaran pajak online, pendaftaran penduduk secara elektronik, dan aplikasi lainnya untuk mempermudah akses masyarakat terhadap layanan kota. Dengan terus berlanjutnya proyek-proyek ini, diharapkan Jakarta dapat terus berkembang sebagai kota cerdas yang dapat memberikan kualitas hidup yang lebih baik bagi penduduknya. Namun, tetap diingat bahwa tantangan seperti kemacetan dan polusi udara masih menjadi fokus perhatian yang perlu diatasi secara efektif (Sandra et al., 2023).

PENGUNAAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DALAM MENGEMBANGKAN SMART CITY PENDEKATAN HUKUM, PERTAHANAN KEAMANAN, TATA KELOLA PEMERINTAHAN

Penggunaan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam mengembangkan smart city dapat memiliki implikasi yang signifikan dalam berbagai aspek, termasuk ilmu hukum, pertahanan keamanan, dan tata kelola pemerintahan. Berikut adalah penjelasan mengenai penggunaan AI dalam setiap pendekatan tersebut, beserta contoh konkrit dan manfaatnya: *Pertama: Pendekatan Ilmu Hukum:* Penggunaan AI dalam ilmu hukum, AI dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem peradilan, memfasilitasi akses terhadap informasi hukum, serta membantu dalam pengawasan dan penegakan hukum (Setyasih, 2022).

Contoh Kongkrit: (1) *Sistem Prediksi Keputusan*: AI dapat digunakan untuk menganalisis data historis kasus hukum dan memberikan prediksi terkait hasil persidangan atau putusan pengadilan. Hal ini dapat membantu pengacara dan hakim dalam membuat keputusan yang lebih tepat; (2) *Penggunaan Chatbot dalam Pelayanan Hukum*: Chatbot berbasis AI dapat digunakan untuk memberikan informasi hukum kepada masyarakat, menjawab pertanyaan umum, dan membantu dalam proses administrasi hukum seperti pengajuan dokumen; (3) *Pendeteksian Kecurangan Hukum*: AI dapat digunakan untuk menganalisis data transaksi keuangan dan mendeteksi pola kecurangan atau pencucian uang, membantu lembaga penegak hukum dalam mengidentifikasi dan mengatasi aktivitas ilegal. **Nilai Manfaat** penggunaan Artificial Intelligence (AI) dengan mengembangkan smart city dalam ilmu hukum beberapa contohnya adalah sebagai berikut: (1) *Peningkatan Efisiensi*: Penggunaan AI dalam sistem peradilan dan pelayanan hukum dapat meningkatkan efisiensi dalam penyelesaian kasus dan pelayanan kepada masyarakat; (2) *Akurasi Keputusan*: Analisis data oleh sistem AI dapat membantu dalam menghasilkan keputusan yang lebih akurat dan objektif, berdasarkan informasi yang tersedia; (3) *Akses Terhadap Informasi Hukum*: Chatbot dan sistem AI lainnya dapat memberikan akses yang lebih mudah dan cepat terhadap informasi hukum bagi masyarakat yang membutuhkan (Sugiarto, 2016).

Secara **pendekatan secara hukum** penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan munculnya smart city di Indonesia, fokus utamanya memberikan nilai manfaat dalam membangun infrastruktur dasar Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dan mengintegrasikan teknologi dalam berbagai aspek kehidupan di perkotaan. Program program ini terus berkembang seiring dengan perubahan teknologi dan kebutuhan masyarakat, dengan tujuan akhir meningkatkan kualitas hidup dan keberlanjutan perkotaan. Penggunaan teknologi Artificial Intelligence/AI dan smart city di Indonesia memiliki landasan hukum yang jelas, yaitu dengan keluarnya Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah yang memberikan landasan hukum bagi pembangunan smart city di Indonesia. Undang-undang ini memberikan otonomi yang lebih besar kepada pemerintah daerah untuk mengembangkan wilayahnya masing-masing, termasuk dalam hal pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup penduduknya (Sugiarto et al., 2023).

Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah memberikan landasan hukum bagi pembangunan smart city di Indonesia. Konsep smart city termasuk dalam upaya pemerintah untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan memajukan pembangunan di daerah-daerah. Dalam Undang-Undang tersebut, aspek landasan smart city di Indonesia secara spesifik tidak disebutkan dalam satu pasal tertentu. Namun, beberapa pasal dan ketentuan dalam UU tersebut memberikan dasar hukum untuk pengembangan kota cerdas, antara lain: (1) *Pasal 3*: Pasal ini menyatakan bahwa pemerintah daerah memiliki kewenangan dalam mengatur dan mengurus sendiri urusan pemerintahannya sesuai dengan prinsip otonomi dan tugas pembantuan. Dengan demikian, pemerintah daerah dapat mengembangkan strategi dan program pembangunan smart city sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik daerahnya; (2) *Pasal 192*: Pasal ini menyatakan bahwa pemerintah daerah memiliki kewenangan untuk mengatur dan mengurus urusan pemerintahan yang menjadi kewenangan daerah, termasuk dalam hal pengembangan dan pemanfaatan sumber daya alam, lingkungan hidup, dan pemberdayaan masyarakat. Hal ini dapat mencakup pengembangan infrastruktur smart city (Sugiarto et al., 2023) dan program-program terkait.

Selain Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014, terdapat juga peraturan dan aturan lain yang mendukung pengembangan smart city di Indonesia, antara lain: (1) *Peraturan Pemerintah Nomor 80 Tahun 2019* tentang Sistem Informasi Manajemen Pemerintahan Daerah: Peraturan ini memberikan pedoman tentang pengelolaan sistem informasi dalam pemerintahan daerah, yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem informasi untuk mendukung pembangunan smart city; (2) *Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 99 Tahun 2018* tentang Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Induk Pembangunan Wilayah: Peraturan ini memberikan pedoman teknis bagi pemerintah daerah dalam menyusun rencana pembangunan wilayah yang dapat mencakup aspek-aspek pembangunan smart city (Tahar et al., 2022).

Peraturan dan kebijakan yang mendukung teknologi Artificial Intelligence (AI) dan konsep smart city juga telah diimplementasikan. Ini termasuk regulasi tentang perlindungan data pribadi, keamanan siber, standar interoperabilitas sistem, dan kebijakan terkait penggunaan teknologi dalam pelayanan publik. Contoh konkret dari implementasi konsep smart city di Indonesia era Jokowi bisa ditemukan misalnya di Jakarta, dengan program program seperti: (1) *JakLingko 2.0*: Sistem transportasi publik terintegrasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses berbagai moda transportasi dengan satu kartu pintar; (2) *Qlue*: Aplikasi yang memungkinkan warga untuk melaporkan masalah di lingkungan sekitarnya secara real-time kepada pemerintah; (3) *e-KTP dan Layanan Administrasi Online*: Pembuatan e-KTP dan layanan administrasi pemerintah secara online untuk mengurangi birokrasi dan memudahkan warga dalam mengakses layanan pemerintah (Wahyunengseh et al., 2022).

Dengan adanya landasan hukum ini, pemerintah daerah di Indonesia memiliki dasar yang kuat untuk mengembangkan dan menerapkan konsep teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city sebagai bagian dari upaya meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan pembangunan daerah secara keseluruhan. Sejak itu, berbagai kota di Indonesia telah mengadopsi konsep smart city dan mengimplementasikannya dalam berbagai program dan proyek pembangunan, seperti penggunaan teknologi untuk meningkatkan layanan publik transportasi, pengelolaan limbah, dan lainnya (Almeida et al., 2020).

Kedua: Pendekatan Pertahanan Keamanan: penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city dalam konteks pertahanan keamanan dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemantauan, deteksi dini, dan respons terhadap ancaman keamanan, baik dari dalam maupun luar negeri. **Contoh Konkrit** penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dengan mengembangkan smart city dapat dijelaskan dengan beberapa contoh sebagai berikut: (1) *Pengawasan CCTV yang Cerdas*: Sistem pengawasan CCTV yang dilengkapi dengan teknologi AI dapat mendeteksi perilaku mencurigakan, mengenali wajah individu yang terlibat dalam kejahatan, dan memberikan peringatan dini kepada pihak berwenang; (2) *Analisis Intelijen*: AI dapat digunakan untuk menganalisis data intelijen dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi pola-pola terorisme, ancaman keamanan, atau kejahatan lintas batas; (3) *Sistem Peringatan Dini Bencana*: Penggunaan AI dalam memantau data lingkungan seperti cuaca, gempa bumi, atau pola aliran lalu lintas dapat membantu dalam sistem peringatan dini bencana dan respons yang cepat (Andriyanti et al., 2023).

Nilai manfaat penggunaan AI dengan mengembangkan smart city dalam pertahanan keamanan beberapa nilai manfaatnya sebagai berikut: (1) *Deteksi Dini*: Penggunaan AI dalam pemantauan dan analisis data dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap ancaman keamanan dan bencana alam; (2) *Respons Cepat*: Sistem peringatan dini yang dibangun dengan teknologi AI memungkinkan respons yang lebih cepat dan efisien terhadap situasi darurat; (3) Peningkatan Keamanan: Integrasi AI dalam sistem keamanan kota dapat meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan bagi warga serta pengunjung kota (Astuti, 2021).

Dalam pendekatan **pertahanan dan keamanan**, penggunaan konsep teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city untuk menjaga dan memelihara pertahanan serta keamanan Indonesia melibatkan berbagai aspek teknologi yang dapat meningkatkan kemampuan pemantauan, deteksi, dan respons terhadap ancaman baik dari dalam maupun luar negeri. Berikut adalah beberapa contoh kegiatan konkretnya: *Pertama: Sistem Pemantauan Perbatasan*. pemerintah Indonesia dapat menggunakan teknologi sensor seperti kamera CCTV, sensor radar, dan satelit untuk memantau perbatasan negara secara lebih efisien. Sistem ini dapat mendeteksi pergerakan yang mencurigakan, seperti penyelundupan barang ilegal atau masuknya orang asing tanpa izin (Muttaqin, Muhammad Arafa, 2018).

Kedua: Penggunaan Teknologi Satelit, penggunaan satelit untuk pemantauan wilayah maritim dan udara dapat meningkatkan pengawasan terhadap aktivitas yang mencurigakan, seperti penangkapan ikan ilegal, pembajakan, atau pelanggaran kedaulatan udara. *Ketiga: Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pertahanan*, Implementasi SIG memungkinkan pihak militer dan keamanan untuk menganalisis data geografis dan spasial secara lebih efektif. SIG dapat digunakan untuk pemetaan wilayah strategis, identifikasi sumber daya alam, dan perencanaan pertahanan serta keamanan. *Keempat: Penggunaan Teknologi Cerdas dalam Operasi Militer*, pihak militer dapat memanfaatkan teknologi seperti drone, kendaraan tak berawak (Artificial Intelligence (AI)), dan sistem pengintaian udara untuk memperoleh informasi intelijen yang lebih akurat dan real-time tentang situasi di lapangan. *Kelima: Sistem Keamanan Siber Nasional*, pemerintah dapat mengembangkan sistem keamanan siber nasional yang mengintegrasikan teknologi canggih untuk mendeteksi dan merespons ancaman cyber secara cepat dan efisien. Ini meliputi pemantauan jaringan, deteksi intrusi, serta respons terhadap serangan siber yang dapat mengganggu keamanan nasional (Nuryanto, 2021).

Kelima: Penggunaan Teknologi Biometrik, Implementasi teknologi biometrik seperti pengenalan wajah, sidik jari, atau iris scan dapat meningkatkan keamanan dalam pengendalian akses ke wilayah terbatas, instalasi militer, atau dalam mengidentifikasi dan melacak individu yang dicurigai terlibat dalam aktivitas kriminal atau teroris. *Keenam: Sistem Manajemen Krisis Terintegrasi*, pembangunan sistem manajemen krisis terintegrasi yang mencakup berbagai lembaga terkait seperti militer, kepolisian, dan badan penanggulangan bencana. Sistem ini memungkinkan koordinasi yang efektif dalam merespons situasi darurat, termasuk serangan teroris atau bencana alam. Dengan memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city maka akan menjaga dan memelihara pertahanan serta keamanan di Indonesia dan diharapkan Indonesia dapat meningkatkan kemampuan pertahanan secara nasional dan merespons ancaman dengan lebih efektif dan efisien demi mempertahankan kedaulatan bangsa dan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) (Darmawan, 2020).

Ketiga: Pendekatan Tata Kelola Pemerintahan: penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city dalam tata kelola pemerintahan, teknologi AI dan smart city dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi administrasi publik, memberikan pelayanan yang lebih baik kepada masyarakat, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh pemerintah. **Contoh Konkrit** penggunaan AI dengan mengembangkan smart city dalam tata kelola pemerintahan beberapa contoh kongkritnya sebagai berikut: (1) *Analisis Data dan Kebijakan Publik:* Penggunaan AI dalam analisis data dapat membantu pemerintah dalam merumuskan kebijakan publik yang lebih efektif dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat; (2) *Pelayanan Publik Digital:* Pemerintah dapat menggunakan AI untuk mengembangkan aplikasi dan sistem pelayanan publik digital yang memberikan akses yang lebih mudah dan cepat bagi warga; (3) *Optimasi Rute dan Penjadwalan:* AI dapat digunakan dalam pengelolaan transportasi dan distribusi barang untuk mengoptimalkan rute, penjadwalan, dan penggunaan sumber daya (Lukitasari & Hidayat, 2020).

Nilai manfaat: (1) *Peningkatan Efisiensi Administrasi:* Penggunaan AI dalam administrasi publik dapat mengurangi birokrasi, meningkatkan efisiensi proses, dan menghemat waktu dan biaya; (2) *Pelayanan Publik yang Lebih Baik:* Pemanfaatan teknologi AI dalam pelayanan publik dapat meningkatkan kualitas layanan dan responsibilitas pemerintah terhadap kebutuhan masyarakat; (3) *Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik:* Analisis data yang dilakukan oleh sistem AI dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan komprehensif bagi pemerintah dalam mengambil keputusan strategis. Dengan penerapan AI dalam berbagai aspek pembangunan smart city, diharapkan Jakarta dapat menjadi kota yang lebih modern, efisien, aman, dan berkelanjutan, serta memberikan manfaat yang besar bagi masyarakatnya (Haning, 2019).

Dengan pendekatan tata kelola pemerintahan beberapa kota dan daerah di Indonesia telah mengadopsi konsep teknologi dan smart city sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas hidup penduduk dan memajukan pembangunan perkotaan. Beberapa pendekatan tersebut dalam mengelola tata perkotaan agar kearah lebih baik atau good and clean governance. Diantara kota besar di Indonesia, diantaranya ada lima kota besar di Indonesia yang sudah mempergunakan teknologi AI dan smart city, yaitu: **Pertama: Kota Jakarta**, dimana Kota Jakarta, telah mengimplementasikan berbagai program smart city, yaitu: (1) sistem transportasi cerdas; (2) pelayanan publik digital; (3) penggunaan teknologi untuk mengelola banjir dan polusi udara. Sejak awal Tahun 2015, Pemerintah Jakarta sudah meluncurkan *aplikasi Qlue*, yang memungkinkan warga melaporkan masalah kota seperti: (1) kebersihan; (2) keamanan; (3) infrastruktur melalui platform digital. **Kedua:** (1) Penggunaan CCTV untuk memantau lalu lintas dan keamanan kota; (2) Program penerangan jalan umum yang cerdas dengan penggunaan lampu LED yang hemat energi dan pengaturan kecerahan otomatis (Jakarta Government, 2021).

Kedua: Kota Bandung, Bandung yang dikenal sebagai salah satu kota yang gencar dalam menerapkan konsep smart city. Pemerintah Kota Bandung telah meluncurkan berbagai program dan inisiatif untuk meningkatkan pelayanan publik, pengelolaan transportasi, dan partisipasi masyarakat melalui teknologi. Kota Bandung Tahun 2016, sudah menggunakan konsep smart city dalam hal : **Pertama:** Implementasi aplikasi Bandung Smart City, yang mencakup informasi tentang (1) transportasi publik; (2) pelayanan kesehatan; (3) keamanan dan fasilitas umum lainnya. **Kedua :** Penggunaan teknologi dalam manajemen transportasi, termasuk penggunaan aplikasi untuk memantau jadwal dan rute angkutan umum. **Ketiga:**

Kota Surabaya, dimana kota Surabaya juga telah memperkenalkan berbagai proyek smart city, termasuk aplikasi pelayanan publik digital penggunaan teknologi untuk meningkatkan keamanan kota, dan pembangunan infrastruktur telekomunikasi yang lebih baik. Surabaya Tahun 2014, sudah menggunakan konsep *smart city* dalam hal : *Pertama*: Pembangunan Sistem Pengawasan Kota (SPK) yang terdiri dari sistem pemantauan CCTV, penggunaan aplikasi untuk melaporkan masalah kota, dan sistem manajemen keamanan yang terintegrasi. *Kedua*: Penerapan teknologi dalam manajemen sampah dengan penggunaan sistem pembuangan sampah cerdas dan program insentif bagi warga yang mendaur ulang sampah (Jaya et al., 2018).

Ketiga: **Kota Semarang**, pemerintah Kota Semarang telah menerapkan berbagai inisiatif untuk menjadi kota cerdas, termasuk penggunaan teknologi dalam pengelolaan sampah, transportasi publik, dan pelayanan kesehatan. Kota Semarang Tahun 2017 sudah meluncurkan aplikasi Semarang Smart City yang menyediakan informasi tentang transportasi, fasilitas umum, wisata, dan kebutuhan keseharian lainnya. Pemanfaatan teknologi dalam manajemen banjir dan pengelolaan air bersih dengan penggunaan sistem peringatan dini dan pengukuran kualitas air secara real-time (Tahar et al., 2022).

Keempat: **Kota Denpasar**, kota Denpasar di Pulau Bali juga telah melakukan langkah langkah untuk menjadi kota cerdas dengan menerapkan teknologi dalam pelayanan publik, transportasi, dan pengelolaan lingkungan. *Kelima*: **Kota Yogyakarta**, kota Yogyakarta juga telah mengadopsi beberapa inisiatif smart city, seperti penggunaan teknologi untuk mengelola lalu lintas, memberikan layanan publik secara online, dan meningkatkan konektivitas internet di kota tersebut. Denpasar Tahun 2015 Implementasi sistem parkir cerdas dengan penggunaan aplikasi untuk mencari tempat parkir kosong dan pembayaran parkir secara digital. Penggunaan teknologi dalam pengelolaan wisata dengan memanfaatkan aplikasi dan platform digital untuk mempromosikan objek wisata, pemesanan hotel, dan informasi lainnya. Inisiatif ini menunjukkan komitmen pemerintah daerah di Indonesia dalam menerapkan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan memajukan pembangunan kota secara keseluruhan (Johanes, 2018).

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DAN SMART CITY DI JAKARTA

Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan Smart City di Jakarta telah mulai diperkenalkan sejak awal peluncuran program Jakarta Smart City pada tahun 2014. Sampai sekarang belum ada peraturan khusus berupa Peraturan daerah (Perda) yang secara eksplisit mengatur penggunaan AI dalam konteks Smart City di Jakarta. Pemerintah Daerah Jakarta sampai sekarang telah mengadopsi berbagai inisiatif untuk menerapkan teknologi AI dalam berbagai aspek kehidupan kota, seperti : Aplikasi Qlue; Pengelolaan Transportasi: Pengelolaan Sampah; Sistem Pelayanan Publik (Karman, 2021).

Meskipun belum ada peraturan daerah (Perda) yang mengatur penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan Smart City di kota Jakarta, pemerintah Jakarta sudah mengadopsi berbagai inisiatif untuk menerapkan teknologi ini dalam berbagai aspek kehidupan kota. Perkembangan ini didukung oleh komitmen pemerintah untuk meningkatkan kualitas hidup penduduk dan memajukan pembangunan kota Jakarta menuju arah yang lebih berkelanjutan dan efisien (A. P. Kurniawan et al., 2022).

Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan smart city memiliki peran yang krusial dalam pengembangan aplikasi Smart City. AI memungkinkan sistem untuk memproses, menganalisis, dan mengambil keputusan dari data yang diperoleh secara cepat dan akurat, sehingga memungkinkan kota untuk menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat. Berikut adalah beberapa contoh konkret bagaimana AI digunakan dalam aplikasi Smart City: **Pertama: Pengelolaan Lalu Lintas, penggunaan teknologi** Artificial Intelligence (AI) dan smart city yang digunakan untuk menganalisis data dari sensor lalu lintas, kamera CCTV, dan sumber data lainnya untuk memprediksi pola lalu lintas, mendeteksi kemacetan, dan mengatur aliran lalu lintas secara adaptif. Contohnya adalah penggunaan sistem cerdas untuk menyesuaikan lampu lalu lintas berdasarkan volume lalu lintas yang aktual (I. Kurniawan, 2023).

Kedua: Pengelolaan Sampah, penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city sudah digunakan untuk mengoptimalkan pengumpulan sampah dengan memprediksi volume sampah di berbagai wilayah kota, menentukan rute pengumpulan yang efisien, dan mengidentifikasi kontainer sampah yang penuh untuk pengambilan yang lebih cepat. **Ketiga: Pelayanan Publik, penggunaan teknologi** Artificial Intelligence (AI) dan smart city sudah digunakan dalam aplikasi pelayanan publik untuk memfasilitasi komunikasi antara warga dan pemerintah, memproses permohonan layanan secara otomatis, dan menyediakan informasi yang dibutuhkan oleh masyarakat secara cepat dan akurat. Contoh aplikasinya adalah penggunaan chatbot untuk memberikan informasi tentang layanan publik dan menjawab pertanyaan masyarakat secara real-time. **Keempat: Manajemen Energi, penggunaan teknologi** Artificial Intelligence (AI) dan smart city sudah digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi di kota dengan memprediksi permintaan energi, mengatur penggunaan energi pada waktu yang optimal, dan mengidentifikasi potensi efisiensi energi melalui analisis data konsumsi energi. **Kelima: Keamanan Kota, penggunaan teknologi** Artificial Intelligence (AI) dan smart city sudah digunakan untuk menganalisis data dari kamera CCTV dan sensor keamanan untuk mendeteksi kejadian yang mencurigakan, mengenali wajah, dan memonitor aktivitas yang tidak biasa dalam rangka meningkatkan keamanan kota (Lawelai et al., 2022).

Inovasi-inovasi di atas, menunjukkan bagaimana penggunaan AI dalam aplikasi Smart City dapat membantu meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kualitas hidup masyarakat di kota-kota modern. Perkembangan penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi Smart City dalam **dunia pendidikan** di Kota Jakarta telah mengalami evolusi yang signifikan sejak diperkenalkannya (Iian, 2023). Adapun contoh dan manfaat perkembangan Artificial Intelligence (AI) dan smart city dalam dunia pendidikan yang tak kalah pentingnya dengan empat point di atas, adalah sebagai berikut:

- a. *Awal Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi Smart City untuk Pendidikan di Jakarta:* Pada awalnya, penggunaan AI dan aplikasi Smart City dalam pendidikan di Jakarta mungkin terbatas pada eksperimen atau pilot project. Contohnya: Penggunaan sistem rekomendasi AI dalam platform e-learning untuk menyajikan materi yang sesuai dengan tingkat pemahaman dan minat siswa.
- b. *Perkembangan Penggunaan AI dan Aplikasi Smart City untuk Pendidikan:* seiring berjalannya waktu, penggunaan AI dan aplikasi Smart City dalam pendidikan di Jakarta semakin meluas dan terintegrasi ke dalam sistem pendidikan formal. Contohnya: Penggunaan platform pembelajaran online yang didukung oleh AI untuk memberikan rekomendasi materi belajar, latihan soal, dan umpan balik personal kepada setiap siswa.

- c. *Situasi Sekarang*: saat ini, Jakarta mungkin telah mengadopsi solusi AI dan aplikasi Smart City yang lebih canggih dan terintegrasi dalam berbagai aspek pendidikan, termasuk manajemen sekolah, pembelajaran adaptif, evaluasi siswa, dan keterlibatan orang tua. Contohnya: Penggunaan sistem manajemen pembelajaran berbasis AI yang menyediakan analisis data untuk guru dan administrator sekolah, membantu mereka memantau kemajuan siswa, mengidentifikasi kebutuhan belajar individu, dan menyusun strategi pembelajaran yang efektif.

Manfaat Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan Smart City untuk **dunia pendidikan** di Jakarta: (1) *Personalisasi Pembelajaran*: AI dapat menghasilkan rekomendasi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan setiap siswa, memastikan pengalaman pembelajaran yang lebih efektif dan menyenangkan; (2) *Analisis Data yang Mendalam*: Sistem AI dapat menganalisis data siswa secara menyeluruh untuk mengidentifikasi pola, tren, dan tantangan pembelajaran, sehingga membantu guru dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif; (3) *Efisiensi Administrasi*: Aplikasi Smart City dapat membantu mengotomatisasi tugas-tugas administrasi sekolah, seperti absensi, penjadwalan, dan pelaporan, sehingga memungkinkan staf sekolah untuk fokus pada interaksi dan dukungan kepada siswa; (4) *Keterlibatan Orang Tua yang Lebih Baik*: Aplikasi Smart City dapat memberikan akses kepada orang tua untuk memantau kemajuan akademik dan partisipasi siswa secara real-time, serta memberikan kesempatan untuk berkomunikasi dan berkolaborasi dengan sekolah dalam mendukung pendidikan anak-anak mereka (Muhammad Ghifary et al., 2023).

Dengan terus berkembangnya teknologi AI dan aplikasi Smart City, *dunia pendidikan* di Jakarta dapat menjadi lebih inklusif, responsif, dan berorientasi pada hasil, memastikan bahwa setiap siswa memiliki akses yang setara terhadap pendidikan berkualitas yang memenuhi kebutuhan mereka. Dalam hal **pengelolaan lalu lintas**, penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi smart city memiliki nilai manfaat dalam pembangunan kota jakarta seperti: *Pertama: Pengelolaan lalu lintas*, salah satu aspek penting dalam pembangunan Smart City di Jakarta. Dengan pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat dan ruang jalan yang terbatas, penggunaan teknologi untuk mengoptimalkan lalu lintas menjadi sangat penting. Adapun nilai manfaat penggunaan AI dan aplikasi smart city adalah: Sistem Pemantauan dan Pengaturan Lalu Lintas Contohnya: pemasangan instalasi kamera CCTV dan sensor lalu lintas di persimpangan jalan utama untuk memantau kondisi lalu lintas secara real-time. *Manfaatnya*: penggunaan AI dan smart city akan mendapatkan data lalu lintas secara akurat dan real-time, dimana para petugas lalu lintas dan manajer transportasi untuk mengambil tindakan yang cepat dan tepat dalam mengatasi kemacetan atau kecelakaan. Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Cerdas. Contoh: Penggunaan sistem cerdas untuk mengatur durasi lampu lalu lintas berdasarkan volume lalu lintas yang aktual. Nilai manfaatnya: Mengurangi waktu tunggu dan kemacetan di persimpangan jalan dan Meningkatkan aliran lalu lintas dan meminimalkan kecelakaan lalu lintas (Munandar et al., 2023).

Kedua: Aplikasi Pencarian dan Pemantauan Parkir,. Contohnya: Penggunaan aplikasi mobile untuk mencari tempat parkir kosong dan memberikan informasi tentang lokasi parkir dan tarif. Nilai Manfaatnya: Mengurangi waktu yang dihabiskan untuk mencari tempat parkir. Mengoptimalkan penggunaan ruang parkir dan mengurangi kemacetan akibat mobil yang mencari tempat parkir. *Ketiga: Sistem Informasi Transportasi Publik Real-time*. Contohnya:

Pengembangan aplikasi mobile atau website yang menyediakan informasi tentang jadwal, rute, dan ketersediaan transportasi publik secara real-time. Nilai Manfaatnya: Memungkinkan pengguna transportasi publik untuk merencanakan perjalanan dengan lebih efisien; Mengurangi keterlambatan dan ketidakpastian dalam menggunakan transportasi publik. *Keempat*: Penerapan Sistem Pelacakan dan Manajemen Kendaraan. Contohnya: penggunaan teknologi Global Positioning System (GPS) untuk melacak dan mengelola armada kendaraan angkutan umum secara efisien. Nilai manfaatnya: Meningkatkan pengelolaan dan pemeliharaan armada kendaraan; Memungkinkan pengguna untuk melacak lokasi kendaraan secara real-time dan memperkirakan waktu kedatangan dengan lebih akurat. Dengan penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi smart city **pengelolaan lalu lintas** seperti yang dijelaskan di atas, kota Jakarta dapat mengatasi tantangan kemacetan lalu lintas yang kronis dan meningkatkan mobilitas penduduk dengan cara yang lebih efisien dan berkelanjutan. Selain penggunaan AI dan Smart City dalam pengelolaan lalu lintas juga berpotensi mengurangi emisi gas buang kendaraan dan meningkatkan keamanan jalan raya (Muttaqin, Muhammad Arafa, 2018).

Dalam hal **pengelolaan sampah**, penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi smart city memiliki nilai manfaat dalam pembangunan kota jakarta seperti: *Pertama*: **Pengelolaan sampah** merupakan salah satu aspek penting dalam pembangunan Smart City di Jakarta. Dengan populasi yang terus bertambah dan laju urbanisasi yang tinggi, pengelolaan sampah yang efektif menjadi krusial untuk menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan kota. Berikut adalah penjelasan detail tentang penggunaan AI dan Smart City dalam pengelolaan sampah di Jakarta beserta contoh konkret dan manfaatnya: (1) Pemantauan dan Pemilahan Sampah Otomatis. Contohnya: Penggunaan sensor dan teknologi AI di tempat pembuangan sampah untuk memantau volume dan jenis sampah yang masuk secara otomatis. Nilai Manfaatnya: (1) Meningkatkan efisiensi dalam proses pemilahan sampah; (2) Mengurangi kesalahan dan penumpukan sampah yang tidak terkelola; (2) Optimasi Rute Pengumpulan Sampah. Contohnya: Penggunaan data AI untuk merencanakan rute pengumpulan sampah yang optimal berdasarkan volume sampah dan lokasi yang dibutuhkan. Nilai Manfaatnya: (1) Mengurangi waktu dan biaya dalam pengumpulan sampah; (2) Mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan akibat transportasi sampah yang berlebihan; (3) Sistem Pemberian Insentif kepada Warga untuk Mendaur Ulang Sampah (Nuryanto, 2021).

Contoh dalam pengelolaan sampah teknologi AI dan smart city dalam implementasi sistem yang memberikan insentif kepada warga yang aktif dalam mendaur ulang sampah, seperti poin atau diskon di pedagang lokal. Nilai Manfaatnya: (1) Mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan sampah; (2) Mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir dan meningkatkan tingkat daur ulang; (3) Penggunaan Teknologi untuk Pengelolaan Limbah Elektronik (E-waste). Contohnya: Penggunaan sistem pelacakan elektronik untuk memonitor pengumpulan dan daur ulang limbah elektronik. Nilai Manfaatnya: (1) Mencegah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah elektronik; (2) Meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan dan daur ulang limbah elektronik; (4) Edukasi Masyarakat melalui Aplikasi dan Platform Digital (Sugiarto et al., 2023). Contohnya: Pengembangan aplikasi atau platform digital yang memberikan informasi dan edukasi kepada masyarakat tentang pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Nilai Manfaatnya: (1) Meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah; (2) Memfasilitasi akses informasi tentang cara mendaur ulang dan mengelola sampah dengan

benar.

Dengan penerapan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Smart City dalam *pengelolaan sampah* seperti yang dijelaskan di atas, Jakarta dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan sampah, mengurangi dampak negatif lingkungan, serta mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam upaya pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Selain itu, penggunaan teknologi juga dapat membantu Jakarta untuk mencapai target pengurangan sampah dan menjaga kebersihan kota secara keseluruhan (Anugrah et al., 2023).

Dalam hal pengelolaan **pelayanan publik**, penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi smart city memiliki nilai manfaat dalam pembangunan kota jakarta seperti: *Pertama:* Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dalam **pelayanan publik** di Jakarta merupakan bagian penting dari inisiatif Smart City yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, aksesibilitas, dan kualitas layanan bagi masyarakat. Berikut adalah penjelasan detail tentang penggunaan AI dan Smart City dalam pelayanan publik di Jakarta beserta contoh konkret dan manfaatnya. *Kedua: Aplikasi Pelayanan Publik Digital.* Contoh penggunaan teknologi AI dan smart city yang menyediakan berbagai informasi dan layanan publik, seperti informasi kependudukan, perizinan, pembayaran pajak, pelaporan gangguan, dan lain-lain. Nilai manfaatnya: (1) Meningkatkan aksesibilitas layanan publik bagi masyarakat; (2) Mempercepat proses layanan dengan mengurangi waktu dan biaya administrasi (Hafid et al., 2023).

Sistem Chatbot untuk Layanan Pelanggan. Contoh teknologi AI dan smart city dalam **chatbot dalam aplikasi atau situs web** pemerintah untuk menjawab pertanyaan umum masyarakat atau memberikan panduan tentang layanan publik. Nilai manfaatnya: (1) Memberikan respons cepat dan 24/7 terhadap pertanyaan masyarakat; (2) Mengurangi beban pada staf layanan pelanggan dan meningkatkan efisiensi.

Pendaftaran dan Perizinan Online. Contoh sistem pendaftaran dan perizinan online untuk bisnis atau kegiatan masyarakat seperti pembuatan SIUP, SIM, KTP, atau izin mendirikan bangunan. Nilai manfaatnya: (1) Mempercepat proses pendaftaran dan perizinan dengan mengurangi antrian dan waktu tunggu; (2) Mengurangi kesalahan administrasi dan birokrasi yang berlebihan (Ismaya Dwi Agustina, 2024).

Analisis Data untuk Pengambilan Keputusan. Contohnya: Penggunaan teknologi AI untuk menganalisis data layanan publik, umpan balik masyarakat, dan tren kebutuhan untuk membantu dalam pengambilan keputusan strategis pemerintah. Nilai Manfaatnya: (1) Memungkinkan pemerintah untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan berbasis bukti; (2) Mengidentifikasi pola atau masalah yang mungkin terlewatkan secara manual.

Sistem Peringatan Dini untuk Bencana dan Krisis. Contohnya: Implementasi sistem peringatan dini untuk banjir, kebakaran, atau bencana lainnya menggunakan teknologi AI dan sensor. Nilai manfaatnya: (1) Mengurangi risiko kerugian manusia dan materi akibat bencana; (2) Mempercepat tanggapan darurat dan penyelamatan (Junaedi et al., 2022).

Dengan penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Smart City dalam *pelayanan publik* seperti yang dijelaskan di atas, Jakarta dapat meningkatkan efisiensi, aksesibilitas, dan kualitas layanan publik bagi masyarakat. Selain itu, penggunaan teknologi juga dapat membantu mengurangi biaya administrasi, meningkatkan transparansi, serta meningkatkan

kepuasan dan kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah kota (Mawarni & Aslami, 2022).

Dalam hal pengelolaan **Manajemen Energi**, penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi smart city memiliki nilai manfaat dalam pembangunan kota Jakarta seperti: Perkembangan penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi Smart City dalam manajemen energi di Kota Jakarta telah menjadi fokus penting dalam upaya untuk menciptakan kota yang lebih berkelanjutan dan efisien dalam penggunaan sumber daya energi.

Berikut adalah penjelasan tentang perkembangan tersebut beserta contoh konkret dan nilai manfaatnya: *Pertama: **Monitoring Konsumsi Energi***, perkembangan Sistem AI digunakan untuk memantau konsumsi energi di berbagai bangunan dan infrastruktur di Jakarta secara real-time. Contohnya: Instalasi sensor pintar di gedung-gedung perkantoran dan rumah tangga yang dapat mengukur dan melacak penggunaan listrik, air, dan gas secara akurat. Nilai manfaatnya: memungkinkan pemerintah dan penyedia layanan energi untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi, memprediksi permintaan energi di masa mendatang, dan merencanakan strategi pengelolaan energi yang lebih efisien. *Kedua: **Pengoptimalan Distribusi Energi***, perkembangan penggunaan AI dalam sistem distribusi energi untuk mengoptimalkan pengaliran listrik dan menghindari kelebihan beban pada jaringan. Contohnya: Penggunaan algoritma cerdas untuk mengatur distribusi listrik di jaringan kota, termasuk pemantauan dan penyesuaian otomatis dalam waktu nyata. Nilai manfaat: Mengurangi risiko pemadaman listrik dan memaksimalkan efisiensi penggunaan infrastruktur energi yang ada, sehingga meningkatkan keandalan pasokan energi bagi masyarakat (Mustapa et al., 2022).

*Ketiga: **Penerapan Teknologi Hemat Energi di Bangunan***, perkembangan penggunaan teknologi AI untuk mengontrol sistem pencahayaan, pendinginan, dan pemanasan di bangunan komersial dan perumahan. Contohnya: Sistem manajemen energi pintar yang menggunakan sensor dan AI untuk mengatur suhu ruangan dan pencahayaan sesuai dengan kebutuhan penghuni. Nilai manfaatnya: mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu di bangunan, sehingga mengurangi biaya operasional dan jejak karbon kota Jakarta. *Keempat: **Promosi Penggunaan Energi Terbarukan***, perkembangan peningkatan investasi dan penggunaan sumber energi terbarukan di Jakarta, didukung oleh sistem AI untuk optimalisasi dan manajemen. Contohnya: Penggunaan teknologi AI untuk merencanakan penempatan dan pengoperasian panel surya, turbin angin, atau pembangkit listrik tenaga air di kota. Nilai manfaat: mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, mengurangi polusi udara, dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan Jakarta (Landwehr, 2020).

Dengan memanfaatkan teknologi AI dan aplikasi Smart City dalam *manajemen energi* seperti yang dijelaskan di atas, Jakarta dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi, mengurangi emisi karbon, dan meningkatkan keberlanjutan kota secara keseluruhan. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga dapat membantu mengurangi biaya operasional, meningkatkan keandalan pasokan energi, dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan nyaman bagi warga Jakarta (Andriyanti et al., 2023)

Dalam hal pengelolaan **keamanan kota**, penggunaan Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi smart city memiliki nilai manfaat dalam pembangunan kota Jakarta seperti: Penggunaan Artificial Intelligence (AI) (Astuti, 2021) dan aplikasi Smart City untuk keamanan di Kota

Jakarta telah menjadi fokus utama dalam upaya menjaga ketertiban dan keselamatan warga serta infrastruktur kota.

Berikut adalah penjelasan tentang perkembangan tersebut beserta contoh konkret dan nilai manfaatnya: *Pertama* : **Sistem Pemantauan Cerdas**, perkembangan penggunaan teknologi AI dalam sistem pemantauan untuk mendeteksi kegiatan mencurigakan atau ancaman keamanan. Contohnya: Instalasi kamera CCTV dengan kemampuan pemrosesan gambar AI yang mampu mengidentifikasi perilaku mencurigakan seperti pembuangan sampah ilegal atau tindakan kriminal. Nilai manfaat: Meningkatkan kemampuan pengawasan dan deteksi oleh petugas keamanan, sehingga mempercepat respons terhadap situasi darurat dan mengurangi tingkat kejahatan. *Kedua*: **Sistem Peringatan Dini dan Manajemen Krisis**, perkembangan pengembangan sistem peringatan dini menggunakan teknologi AI untuk mengidentifikasi potensi bencana atau ancaman keamanan. Contohnya: implementasi sensor cuaca dan pemantauan aliran air untuk mendeteksi potensi banjir, serta analisis data sosial media untuk memonitor potensi kerusakan atau kegiatan terorisme. Nilai manfaatnya: Memberikan kesempatan untuk mengambil tindakan pencegahan atau evakuasi dini dalam menghadapi bencana atau krisis keamanan, sehingga mengurangi risiko kerugian manusia dan materi (Firmansyah, 2019).

Ketiga: **Sistem Pengawasan Lalu Lintas dan Transportasi**, perkembangan integrasi teknologi AI dalam sistem pengawasan lalu lintas untuk meningkatkan keamanan transportasi. Contohnya: Pemanfaatan kamera pemantauan dan sensor kendaraan pintar untuk mendeteksi pelanggaran lalu lintas, kecelakaan, atau mobil yang dicurigai. Nilai manfaat: Memungkinkan penindakan yang lebih efektif terhadap pelanggaran lalu lintas dan kecelakaan, serta meningkatkan keselamatan dan ketertiban dalam transportasi kota. *Keempat*: **Aplikasi Pemanggilan Darurat yang Terintegrasi**, perkembangan teknologi AI dan smart city yang terintegrasi dengan sistem pemanggilan darurat untuk memberikan respons cepat terhadap situasi darurat. Contohnya: Aplikasi mobile yang memungkinkan warga untuk melaporkan kejadian darurat dan memberikan informasi lokasi secara otomatis kepada petugas darurat. Nilai manfaat: Mempercepat tanggapan dan penyelamatan dalam situasi darurat, serta meningkatkan kepercayaan dan keamanan masyarakat terhadap pelayanan darurat (A. P. Kurniawan et al., 2022).

Kelima: **Penggunaan Teknologi Biometrik untuk Identifikasi**, perkembangan penerapan teknologi pengenalan wajah atau sidik jari dalam sistem keamanan untuk mengidentifikasi individu yang terlibat dalam kejahatan atau aktivitas mencurigakan. Contohnya: Instalasi kamera pengenalan wajah di pintu masuk bangunan publik atau stasiun transportasi untuk mengidentifikasi orang-orang yang masuk dalam daftar pencarian. Nilai manfaat: Meningkatkan kemampuan penegakan hukum untuk mengidentifikasi dan menangkap pelaku kejahatan, serta memberikan perlindungan tambahan terhadap serangan atau kejahatan terorganisir.

Dengan penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan aplikasi Smart City untuk *keamanan kota* seperti yang dijelaskan di atas, Jakarta dapat meningkatkan kemampuan pengawasan, deteksi, dan respons terhadap ancaman keamanan, serta menciptakan lingkungan yang lebih aman dan nyaman bagi warga dan pengunjung kota. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga dapat meningkatkan efisiensi dalam penegakan hukum, mengurangi tingkat kejahatan, dan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap sistem

keamanan kota (Mulianingsih et al., 2020).

HUT JAKARTA KE 496

TEMA: KOTA JAKARTA JADI KARYA UNTUK NUSANTARA

Hari Ulang Tahun (HUT) Kota Jakarta ke 496, tepatnya akan diperingati setiap tanggal 22 Juni. Pada Tahun 2024 HUT Kota Jakarta mengambil Tema: "Kota Jakarta Jadi Karya untuk Nusantara". Dalam tema HUT tersebut mengandung arti dan dapat diterjemahkan dalam konteks kreativitas dan pengembangan kota.

Tema tersebut menggambarkan adanya semangat kolaborasi antara Jakarta dengan daerah-daerah lain se Nusantara untuk menghasilkan karya-karya yang bermanfaat dan membangun. Contoh karya Nusantara dari Jakarta dapat mencakup berbagai aspek, seperti seni, budaya, lingkungan, pendidikan, dan inovasi teknologi.

Berikut beberapa contoh karya untuk Nusantara dari Jakarta yang dapat dikembangkan adalah: *Pertama: **Seni dan Budaya***, pembangunan galeri seni atau museum yang menampilkan karya seniman dari berbagai daerah di Indonesia, serta mengadakan pameran dan pertunjukan seni budaya tradisional. *Kedua: **Pendidikan***, peluncuran program pendidikan yang mempromosikan keberagaman budaya Nusantara, misalnya dengan mengintegrasikan kurikulum sekolah dengan nilai-nilai budaya dari berbagai daerah di Indonesia. *Ketiga: Lingkungan*, pengembangan taman atau ruang terbuka hijau yang menggabungkan konsep taman tradisional Nusantara dengan desain modern, serta melibatkan masyarakat dalam kegiatan pelestarian lingkungan (Rakhmani & Siregar, 2022).

*Keempat: **Inovasi Teknologi***, penyelenggaraan hackathon atau kompetisi teknologi yang mendorong inovasi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat di berbagai daerah di Indonesia, seperti solusi untuk masalah transportasi atau manajemen limbah. *Kelima: **Ekonomi Kreatif***, dukungan terhadap industri kreatif lokal dengan mendirikan pasar seni atau pusat kerajinan yang mempromosikan produk-produk lokal dari seluruh Indonesia. Kelima karya tersebut merupakan contoh nyata dari upaya Jakarta untuk menjadi kontributor utama dalam pembangunan Nusantara yang lebih baik dan berkelanjutan. Setiap karya tersebut memiliki dampak positif yang luas tidak hanya bagi Jakarta, tetapi juga bagi seluruh Indonesia (Sandra et al., 2023).

Selain tema karya Jakarta untuk nusantara, juga tersirat dalam HUT Kota Jakarta yang sejak tanggal 15 Februari 2024 sudah bukan menjadi Ibukota Negara, tapi hanya menjadi Daerah Khusus Jakarta, maka ada beberapa hal yang perlu dipersiapkan untuk menuju Jakarta sebagai kota metropolitan yang sudah barang tentu harus menyiapkan kota Jakarta yang mengoptimalkan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya dalam mewujudkan pembangunan kota dan kesejahteraan masyarakat. Sehingga perlu melihat berbagai inisiatif dan program yang telah dilakukan oleh pemerintah setempat.

Berikut adalah beberapa contoh dan bentuk konkret dari kesiapan Jakarta dalam mengoptimalkan sumber daya tersebut: *Pertama: Pengembangan Sumber Daya Manusia*: (1) dunia pendidikan, kota Jakarta telah melakukan investasi besar-besaran dalam sektor pendidikan, termasuk pembangunan sekolah baru, peningkatan kualitas guru, dan pemberian

beasiswa bagi siswa berprestasi; (2) pelatihan dan pengembangan: yaitu program pelatihan dan pengembangan karyawan publik telah diperkenalkan untuk meningkatkan kompetensi dan keterampilan pegawai dalam memberikan pelayanan yang lebih baik kepada masyarakat (Sanjaya, 2022).

Kedua: Pemanfaatan Sumber Daya Alam, yaitu: (1) pengelolaan Lingkungan: Jakarta telah melakukan berbagai upaya dalam pengelolaan lingkungan, termasuk rehabilitasi sungai, penanaman pohon, dan kampanye pengurangan penggunaan plastik sekali pakai; (2) energi terbarukan: Program pengembangan energi terbarukan seperti pembangunan panel surya dan pembangkit listrik tenaga air telah dilaksanakan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. **Ketiga: Pembangunan Infrastruktur**, yaitu: (1) *Transportasi Publik*: Jakarta terus memperluas jaringan transportasi publik seperti MRT, LRT, dan bus rapid transit (BRT) untuk meningkatkan mobilitas penduduk dan mengurangi kemacetan; (2) *Fasilitas Kesehatan*: Pembangunan rumah sakit dan pusat kesehatan dilakukan untuk meningkatkan aksesibilitas terhadap layanan kesehatan bagi masyarakat.

Keempat: Peningkatan Kesejahteraan Sosial, yaitu: (1) Program Bantuan Sosial: Jakarta memiliki program bantuan sosial yang mencakup bantuan makanan, pendidikan, dan kesehatan bagi masyarakat yang membutuhkan; (2) Pengentasan Kemiskinan: Program-program pengentasan kemiskinan seperti bantuan modal usaha mikro dan pelatihan keterampilan telah diperkenalkan untuk membantu masyarakat keluar dari lingkaran kemiskinan. **Kelima: Pemberdayaan Masyarakat**, yaitu: (1) Partisipasi Publik: Jakarta mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam proses pembangunan melalui forum konsultasi publik, pertemuan warga, dan program-program kemitraan antara pemerintah dan masyarakat; (2) Inovasi Teknologi: Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan aksesibilitas dan transparansi informasi publik, serta mempercepat pelayanan administrasi kepada masyarakat (Abdullah, 2020).

Melalui berbagai inisiatif dan program seperti yang telah disebutkan di atas, Jakarta menunjukkan kesiapannya dalam mengoptimalkan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya untuk mewujudkan pembangunan kota yang berkelanjutan dan kesejahteraan masyarakat yang lebih baik. Namun, masih diperlukan kerja keras dan kerjasama dan kolaborasi dengan semua pihak untuk terus meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pencapaian tujuan pembangunan tersebut.

OPTIMALISASI SUMBER DAYA JAKARTA MEWUJUDKAN PEMBANGUNAN KOTA

Optimalisasi sumber daya Jakarta adalah langkah kunci dalam mewujudkan pembangunan kota yang berkelanjutan dan berdaya saing. Berikut adalah detail mengenai beberapa sumber daya yang dapat dikembangkan di Jakarta serta contoh konkret dari upaya optimalisasi sumber daya tersebut: **Sumber Daya Manusia**: Jakarta memiliki populasi yang besar dan beragam dengan potensi sumber daya manusia yang besar. Namun, pengembangan kualitas SDM menjadi krusial dalam menjawab kebutuhan kota yang semakin kompleks. Contoh Konkret optimalisasi sumber daya Jakarta dalam mewujudkan pembangunan kota dengan menggunakan teknologi AI dan smart city adalah dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut: (1) *Pendidikan dan Pelatihan*: Pemerintah dapat mengembangkan program pelatihan keterampilan dan pendidikan yang relevan dengan kebutuhan industri dan pasar kerja, baik melalui program pemerintah maupun kerja sama dengan sektor swasta; (2) *Pengembangan Kewirausahaan*: Dukungan kepada wirausahawan lokal melalui inkubator

startup, fasilitas dan akses pendanaan, serta pembentukan jaringan kerja sama dan mentorship (BPPT, 2020).

Sumber Daya Infrastruktur: Infrastruktur Jakarta yang sudah baik merupakan fondasi penting bagi perkembangan kota. Jakarta memiliki tantangan infrastruktur seperti kemacetan lalu lintas, kualitas udara, dan akses air bersih yang terbatas. Contoh Kongkret penggunaan AI dengan smart city dalam mengembangkan sumber daya infrastruktur adalah dengan adanya beberapa hal sebagai berikut: (1) *Transportasi Publik*: Pengembangan sistem transportasi publik yang lebih efisien dan terintegrasi seperti kereta cepat, jalur bus rapid transit (BRT), serta penggunaan teknologi untuk pemantauan dan pengelolaan lalu lintas; (2) *Penyediaan Air Bersih*: Pemerintah dapat melakukan investasi dalam infrastruktur penyediaan air bersih, serta peningkatan manajemen dan distribusi air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Darmawan, 2020).

Sumber Daya Lingkungan: sumber daya lingkungan hidup yang sehat dan lestari yang ada di Kota Jakarta merupakan prasyarat penting dalam pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan untuk mewujudkan pembangunan infrastruktur Jakarta yang terus berkelanjutan sehingga memiliki nilai manfaat bagi kehidupan manusia untuk kesejahteraan. Contoh Kongkret penggunaan AI dan smart city dalam mengembangkan sumber daya lingkungan agar kota Jakarta tetap terpelihara dengan baik dan lingkungan yang mendukung dalam pembangunan kota Jakarta beberapa langkah yang sudah dilakukan diantaranya adalah: (1) *Pengelolaan Sampah*: Pembangunan infrastruktur pengelolaan sampah yang modern dan sistematis seperti pengolahan limbah, daur ulang, dan penggunaan energi terbarukan; (2) *Penghijauan Kota*: Upaya peningkatan ruang terbuka hijau, penanaman pohon, dan revitalisasi sungai-sungai yang tercemar untuk menjaga keberlanjutan lingkungan (Darmawan, 2020).

Sumber Daya Ekonomi: sumber daya ekonomi kota Jakarta dengan nilai Anggaran dan Pendapatan Belanja Daerah yang menempati angka tertinggi di 38 Provinsi di Indonesia diharapkan Jakarta ke depannya setelah tidak menjadi Daerah Ibukota Negara, maka akan menjadi Kota Metro Politan atau menjadi pusat ekonomi dan perdagangan yang besar di Indonesia, dengan berbagai potensi pengembangan di sektor ekonomi. Contoh Kongkret dari sumber daya ekonomi yang akan dan sudah dilakukan dan harus terus dilakukan oleh pemerintah Jakarta dengan dukungan dari pemerintah pusat adalah melakukan beberapa hal sebagai berikut: (1) *Pusat Bisnis dan Industri*: Pemerintah Kota Jakarta dapat mengembangkan kawasan industri dan bisnis yang terintegrasi dengan infrastruktur transportasi, serta memberikan insentif bagi investasi dan pengembangan usaha; (2) *Pariwisata*: Pengembangan potensi pariwisata dengan memperbaiki infrastruktur pariwisata, pengelolaan destinasi wisata, dan promosi pariwisata yang lebih agresif untuk menarik wisatawan lokal maupun mancanegara (Jakarta Government, 2021).

Sumber Daya Teknologi dan Inovasi: Pengembangan sumber teknologi dan inovasi kota Jakarta merupakan kunci untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing kota dengan beberapa kota yang ada di seluruh Indonesia, Karenanya pengembangan sumber daya teknologi dan inovasi menjadi kunci utama agar pembangunan kota Jakarta menjadi kota metro politikan atau pusat ekonomi perdagangan bisa dilakukan secara konsisten dan

berkelanjutan menghasilkan pusat kota menjadi tolak ukur dari perkembangan pusat ekonomi di Indonesia. Contoh Kongkret dari pengembangan teknologi AI dengan smart city yang mengembangkan sumber daya teknologi harus sudah mengembangkan beberapa hal dibawah ini diantaranya: (1) *Smart City Initiatives*: Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) serta kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan efisiensi pelayanan publik, pengelolaan transportasi, keamanan kota, dan pengelolaan lingkungan; (2) *Kawasan Teknologi dan Inovasi*: Pengembangan kawasan khusus yang mendorong pertumbuhan startup dan industri kreatif, serta kolaborasi antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah dalam mendukung inovasi dan riset (Jaya et al., 2018).

Optimalisasi sumber daya Jakarta membutuhkan kolaborasi yang kuat antara pemerintah, swasta, masyarakat, dan akademisi. Dengan memanfaatkan potensi sumber daya yang ada secara efektif dan berkelanjutan, Jakarta dapat menjadi kota yang lebih baik dalam hal pembangunan, pelayanan, dan kesejahteraan masyarakatnya.

PENINGKATAN PEMBANGUNAN KESEJAHTERAAN MASYARAKAT KOTA JAKARTA

Peningkatan pembangunan kesejahteraan masyarakat kota Jakarta melalui penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan smart city merujuk pada upaya memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup, akses terhadap layanan publik, dan kesempatan ekonomi bagi warga Jakarta. Berikut adalah beberapa bentuk konkret yang dapat dilaksanakan untuk mencapai tujuan ini: **Pertama: Peningkatan Akses dan Kualitas Layanan Kesehatan**, penggunaan teknologi AI dan smart city untuk pengelolaan data pasien yang lebih efisien, termasuk pengenalan pola dalam diagnosis penyakit, prediksi kebutuhan medis, dan pengoptimalan pelayanan rumah sakit. Selain itu, penggunaan telemedicine dan aplikasi kesehatan berbasis AI dapat memberikan akses yang lebih mudah dan cepat kepada layanan kesehatan bagi warga Jakarta, terutama di daerah-daerah yang sulit dijangkau (Tahar et al., 2022).

Kedua: Pengelolaan Transportasi yang Lebih Efisien, penggunaan teknologi AI dan smart city dalam implementasi sistem transportasi publik yang terintegrasi dan cerdas dengan bantuan AI, termasuk penerapan algoritma untuk mengoptimalkan rute dan jadwal transportasi, serta penggunaan sensor dan analisis data untuk pemantauan lalu lintas yang lebih baik. Dengan demikian, masyarakat Jakarta dapat menikmati transportasi yang lebih nyaman, aman, dan efisien. **Ketiga: Peningkatan Ketersediaan Air Bersih**, penggunaan teknologi AI dan smart city dalam menerapkan pengelolaan infrastruktur air, termasuk pemantauan kualitas air secara real-time, pengoptimalan distribusi air, dan deteksi kebocoran dalam sistem perpipaan. Hal ini dapat meningkatkan ketersediaan air bersih bagi masyarakat Jakarta dan mengurangi risiko krisis air di masa depan (Muhammad Ghifary et al., 2023).

Keempat: Pengembangan Pendidikan Berkualitas, penggunaan teknologi AI dan smart city dalam menerapkan bidang pendidikan untuk pengembangan kurikulum yang disesuaikan dengan kebutuhan individu, penerapan pembelajaran online yang interaktif dan adaptif, serta analisis data untuk meningkatkan efektivitas pengajaran dan pembelajaran. Dengan demikian, akan tercipta akses yang lebih luas dan peluang yang lebih baik bagi pendidikan

berkualitas bagi warga Jakarta. *Kelima: Peningkatan Ketersediaan Perumahan yang Terjangkau*, penggunaan teknologi AI dan smart city dalam menggunakan analisis data untuk perencanaan perkotaan yang lebih efisien, termasuk identifikasi lokasi yang sesuai untuk pengembangan perumahan yang terjangkau, estimasi kebutuhan perumahan berbasis pada data demografis dan sosial, serta pemantauan harga properti untuk mengendalikan spekulasi dan peningkatan ketersediaan perumahan yang terjangkau bagi masyarakat (Muttaqin, Muhammad Arafa, 2018).

Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup: Penerapan sistem pengelolaan sampah yang cerdas dengan bantuan teknologi AI, termasuk pemantauan dan analisis data untuk optimasi pengumpulan dan pengelolaan sampah, serta penerapan teknologi daur ulang yang inovatif untuk mengurangi limbah dan polusi lingkungan. Melalui implementasi inisiatif inisiatif tersebut, Jakarta dapat mencapai peningkatan signifikan dalam pembangunan kesejahteraan masyarakatnya, menciptakan kota yang lebih berkelanjutan, inklusif, dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Tujuan penelitian manfaat Teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city Jakarta menjadi karya nusantara, dianalisa dari pendekatan Hukum, Pertahanan Keamanan, Tata Kelola Pemerintahan. Tema HUT Jakarta ke 496 (22/6) adalah: "Jadi Karya untuk Nusantara". Jakarta merupakan kota pertama menggunakan teknologi AI dan smart city, yaitu: unit pengelola Jakarta city (2015). Programnya antara lain: (1) smart; (2) environment; (3) economy; (4) people; (5) governance; (6) mobility; (7) living dan branding. Smart city (kota cerdas) merupakan wilayah kota yang telah mengintegrasikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) dalam tata kelola sehari-hari. Teknologi Artificial Intelligence (AI) (kecerdasan buatan) merupakan teknologi yang dirancang untuk membuat sistem komputer yang mampu meniru kemampuan intelektual manusia. Metodologi Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan desain penelitian deskriptif. Lokus penelitian di unit pengelola smart city Jakarta dengan populasi tujuh unit smart city dan sampling dilakukan secara snowball. Landasan hukum pengguna teknologi AI dan smart city adalah: Undang-undang No.23/2014; Peraturan Pemerintah No 80/2019; Peraturan Menteri Dalam Negeri No.99/2018. Hasil penelitian menyebutkan: manfaat penggunaan teknologi AI dan smart city memiliki hasil yang signifikan dalam perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK); Jakarta akan terus memperoleh manfaat teknologi AI dan smart city yang besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup; mewujudkan visi kota Jakarta yang modern, inklusif, berkelanjutan. Manfaat pengguna teknologi AI dan smart city, yaitu: peningkatan efisiensi pelayanan publik; smart city glue; pengelolaan transportasi; pengelolaan sampah; pertahanan keamanan kota; meningkatkan kualitas sumber daya. Rekomendasi penelitian adalah dalam hal pelayanan publik digital kota Jakarta harus terus meningkatkan pelayanan publik melalui platform digital untuk pembayaran pajak online, pendaftaran penduduk secara elektronik, aplikasi lainnya untuk mempermudah akses masyarakat terhadap layanan kota.

Kesimpulan dalam penulisan penelitian manfaat Teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city Jakarta menjadi karya nusantara adalah sebagai berikut:

- a. Perkembangan teknologi AI dan smart city sudah berlangsung sejak tahun 1980 oleh Prof. Dr. Ir. Sriyustika Sukaridhoto dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dan tahun 1990 terjadi lonjakan minat terhadap penggunaan teknologi AI dan smart city, terutama di lingkungan akademis dan penelitian. Sedangkan pemerintah Indonesia (sejak tahun

2011) menggulirkan program “100 Smart Cities Movement”. Tujuannya, mendorong pembangunannya kota-kota besar, seperti: (1) kota Jakarta sejak tahun 2014; (2) Kota Bandung 2016; (3) Kota Surabaya Tahun 2014; (4) Kota Denpasar; (5) Kota Yogyakarta Tahun 2015. Program ini menjadi bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, mendukung pertumbuhan ekonomi, dan memajukan infrastruktur perkotaan. Di Era Presiden Joko Widodo dan Ma’ruf Amin teknologi AI dan smart city mendapat perhatian serius sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan daya saing dan kualitas hidup masyarakat Indonesia. Program pelaksanaannya meliputi: (1) Infrastruktur TIK; (2) Pelayanan Publik Digital; (3) Manajemen Transportasi; (4) Pengelolaan Limbah. Teknologi AI dan smart city secara serius di Pemerintahan Presiden Joko Widodo dimasukan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Periode 2015-2019.

- b. Teknologi Artificial Intelligence (AI) (kecerdasan buatan) merupakan teknologi yang dirancang untuk membuat sistem komputer mampu meniru kemampuan intelektual manusia. Sedangkan smart city (kota cerdas) merupakan wilayah kota yang telah mengintegrasikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) dalam tata kelola sehari-hari. **Jenis** teknologi AI dan smart city yang sudah dilaksanakan di kota-kota besar, terkhusus di kota Jakarta adalah: (1) peningkatan efisiensi pelayanan publik; (2) smart city qlue; (2) pengelolaan transportasi; (3) pengelolaan sampah; (4) keamanan kota; (5) meningkatkan kualitas hidup penduduk. Sedangkan **nilai manfaat** dalam penggunaan teknologi AI dan smart city adalah: (1) memiliki hasil yang signifikan dalam perkembangan kehidupan; (2) Jakarta akan terus memperoleh manfaat teknologi AI dan smart city yang besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup; (3) mewujudkan visi kota Jakarta yang modern, inklusif, berkelanjutan.
- c. Cluster III Bunga Rampai 2024, menggunakan tiga (3) pendekatan yaitu, *Pertama* secara Hukum penggunaan teknologi AI dan smart city di Indonesia sudah tertuang dalam tiga aturan, yaitu: *Pertama*: Undang-undang No.23/214; (2) Peraturan Pemerintah No 80/2019; (3) Peraturan Menteri Dalam Negeri No.99/2018. *Kedua*: pendekatan **Pertahanan Keamanan**: penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city digunakan untuk menjaga dan memelihara pertahanan serta keamanan Indonesia melibatkan berbagai aspek teknologi yang dapat meningkatkan kemampuan pemantauan, deteksi, dan respons terhadap ancaman baik dari dalam maupun luar negeri. *Ketiga*: pendekatan **Tata Kelola Pemerintahan** penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan smart city digunakan untuk meningkatkan efisiensi administrasi publik, memberikan pelayanan yang lebih baik kepada masyarakat, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh pemerintah.
- d. Peringatan HUT Jakarta ke 496 yang akan jatuh tanggal 22 Juni 2024 mengambil tema: **Kota Jakarta Jadi Karya untuk Nusantara**. Tema tersebut menggambarkan adanya semangat kolaborasi antara Jakarta dengan daerah-daerah lain se Nusantara untuk menghasilkan karya-karya yang bermanfaat dan membangun. Kota Jakarta sudah menggunakan teknologi AI dan smart city yang pertama kali di Indonesia sejak tahun 2014 dan mendirikan Unit Pengelola Jakarta Smart City tahun 2015. Penggunaan teknologi AI dan smart city yang sudah dilaksanakan dan dipergunakan keseharian oleh masyarakat Jakarta, yaitu: *Pertama* adalah: sistem transportasi cerdas; pelayanan publik digital; penggunaan teknologi untuk mengelola banjir dan polusi udara. *Kedua*: Penggunaan AI dan smart city yang sudah dilaksanakan di Kota Jakarta adalah (1) Penggunaan CCTV untuk memantau lalu lintas dan keamanan kota; (2) Program penerangan jalan umum yang cerdas dengan penggunaan lampu LED yang hemat

energi dan pengaturan kecerahan otomatis. Maka Jakarta kedepannya akan mengembangkan beberapa aplikasi smart city yang dirasakan memiliki nilai manfaat dan efektifitas dalam penggunaannya. Sejak tahun 2015, Pemerintah Jakarta meluncurkan *aplikasi Qlue*, yang memungkinkan warga melaporkan permasalahan di kota Jakarta, seperti: kebersihan; keamanan; infrastruktur melalui platform digital.

- e. **Optimalisasi sumber daya** Jakarta adalah langkah kunci dalam mewujudkan pembangunan kota yang berkelanjutan dan berdaya saing, dan upaya beberapa sumber daya tersebut adalah: (1) sumber daya manusia; (2) sumber daya infrastruktur; (3) sumber daya lingkungan; (4) sumber daya ekonomi; (5) sumber daya teknologi dan informasi. Dalam hal, Peningkatan **pembangunan kesejahteraan masyarakat** kota Jakarta melalui penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan smart city merujuk pada upaya memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup, akses terhadap layanan publik, dan kesempatan ekonomi bagi warga Jakarta.

SARAN

Empat rekomendasi hasil penulisan penelitian dengan judul: manfaat teknologi ai dalam pengembangan smart city jakarta menjadi karya nusantara, yaitu terhadap beberapa program penggunaan teknologi AI dan smart city yang perencanaannya sedang disiapkan untuk dilaksanakan di Kota Jakarta ke depannya agar dapat berjalan sesuai dengan program yang sudah dan terus berjalan. Ada empat (4) rekomendasi program tersebut adalah:

Pertama: Pengembangan Infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK): Pemerintah Jakarta terus berupaya memperluas jaringan internet yang cepat dan luas di seluruh wilayah kota untuk mendukung konektivitas digital yang lebih baik. **Kedua: Pengelolaan Banjir:** Jakarta memiliki masalah serius terkait banjir, dan rencana ke depannya termasuk penggunaan teknologi untuk memantau dan mengelola banjir dengan lebih efektif, termasuk sistem peringatan dini.

Ketiga: Transportasi Publik: Pemerintah terus mengembangkan sistem transportasi publik dengan memperluas jaringan MRT, LRT, dan angkutan umum lainnya. Penerapan sistem pembayaran digital yang terintegrasi juga menjadi fokus. **Keempat: Pelayanan Publik Digital:** Jakarta terus berupaya untuk meningkatkan pelayanan publik melalui platform digital, seperti pembayaran pajak online, pendaftaran penduduk secara elektronik, dan aplikasi lainnya untuk mempermudah akses masyarakat terhadap layanan kota.

Teknologi Artificial Intelligence (AI) (kecerdasan buatan) merupakan teknologi yang dirancang untuk membuat sistem komputer mampu meniru kemampuan intelektual manusia. Sedangkan smart city (kota cerdas) merupakan wilayah kota yang telah mengintegrasikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) dalam tata kelola sehari-hari.

Perkembangan teknologi AI dan smart city di Indonesia sudah berlangsung sejak tahun 1980 oleh Prof. Dr. Ir. Sritrusta Sukaridhoto dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dan tahun 1990 terjadi lonjakan minat terhadap penggunaan teknologi AI dan smart city, terutama di lingkungan akademis dan penelitian. Pemerintah Indonesia mengembangkan penggunaan AI dan smart city sejak tahun 2011 dengan programnya “100 smart cities movement”. Diikuti enam kota besar seperti Kota jakarta yang pertama kali, Kota Bandung, Kota Surabaya, Kota

Denpasar Bali, Kota Yogyakarta. Program ini adalah untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, mendukung pertumbuhan ekonomi, memajukan infrastruktur perkotaan. Teknologi AI dan smart city secara serius di Pemerintahan Presiden Joko Widodo dimasukkan dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Periode 2015-2019, **Jenis** teknologi AI dan smart city yang dilaksanakan di kota besar, terkhusus di Jakarta adalah: (1) peningkatan efisiensi pelayanan publik; (2) smart city qlue; (2) pengelolaan transportasi; (3) pengelolaan sampah; (4) keamanan kota; (5) meningkatkan kualitas hidup penduduk. **Nilai manfaat** penggunaan teknologi AI dan smart city adalah: (1) memiliki hasil yang signifikan dalam perkembangan kehidupan; (2) Jakarta akan terus memperoleh manfaat teknologi AI dan smart city yang besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup; (3) mewujudkan visi kota Jakarta yang modern, inklusif, berkelanjutan.

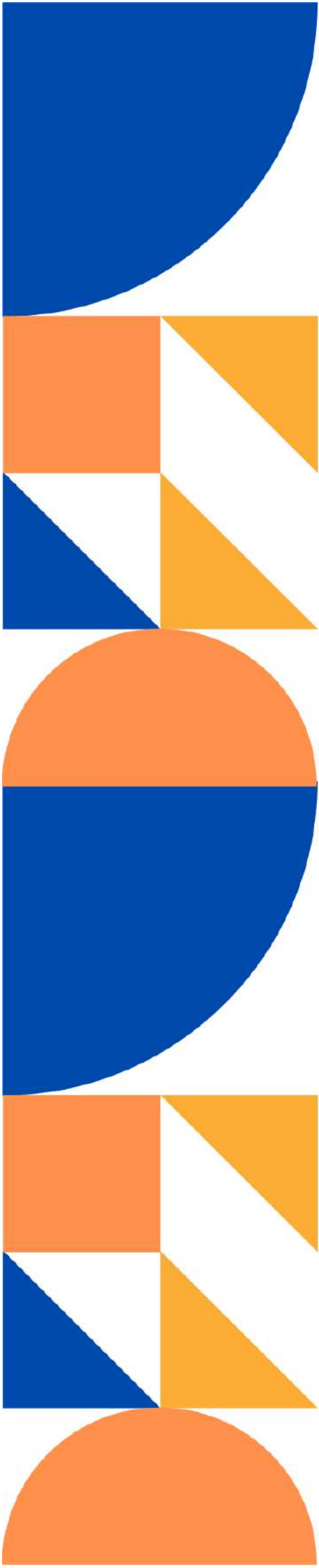
Tiga pendekatan penelitian yaitu, **Hukum:** (1) Undang-undang No.23/214; (2) Peraturan Pemerintah No 80/2019; (3) Peraturan Menteri Dalam Negeri No.99/2018. **Pertahanan Dan Keamanan;** menjaga dan memelihara pertahanan serta keamanan Indonesia dengan berbagai aspek teknologi untuk meningkatkan kemampuan pemantauan, deteksi, respons terhadap ancaman baik dari dalam maupun luar negeri. **Tata Kelola Pemerintahan:** meningkatkan efisiensi administrasi publik, memberikan pelayanan yang lebih baik kepada masyarakat, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh pemerintah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2020). Public relations in the era of artificial intelligence: peluang atau ancaman? *Aristo*, 8(2), 406. <https://doi.org/10.24269/ars.v8i2.2629>
- Almeida, C. S. de, Miccoli, L. S., Andhini, N. F., Aranha, S., Oliveira, L. C. de, Artigo, C. E., Em, A. A. R., Em, A. A. R., Bachman, L., Chick, K., Curtis, D., Peirce, B. N., Askey, D., Rubin, J., Egnatoff, D. W. J., Uhl Chamot, A., El-Dinary, P. B., Scott, J., Marshall, G., Prensky, M., ... Santa, U. F. De. (2020). Tinjauan Hukum Peran Artificial Intelligence (AI) sebagai Pencegah Terjadinya Pelanggaran Kode Etik oleh Auditor Publik. *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, 5(1), 1689–1699. <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseyonsociety.com/downloads/report/s/Educa>
- Andriyanti, E., Sudartinah, T., & Setiawan, B. (2023). Menulis buku ajar di tengah perkembangan artificial intelligence (ai). *Humanika*, 23(2), 167–174. <https://doi.org/10.21831/hum.v23i2.66386>
- Anugrah, M., Syahid, M. N., Sahri, Azka, F. M., & Anwar, M. S. (2023). Tantangan hukum dan peran pemerintah dalam pembangunan e-commerce di indonesia. *Jurnal Hukum Dan HAM Wara Sains*, 2(05), 421–438. <https://doi.org/10.58812/jhhws.v2i05.354>
- Arisanti, I., Kasim, M., Mardikawati, B., Putra, U., Yptk, I., Transportasi, P., & Bali, D. (2024). Peran aplikasi artificial intelligences ai dalam mengembangkan dan meningkatkan kompetensi profesional dan kreatifitas pendidik di era cybernetics 4.0. 4, 5195–5205.
- Astuti, F. A. (2021). Pemanfaatan teknologi artificial intelligence untuk penguatan kesehatan dan pemulihan ekonomi nasional. *Jurnal Sistem Cerdas*, 4(1), 25–34. <https://doi.org/10.37396/jsc.v4i1.124>
- BPPT. (2020). Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial Indonesia 2020-2045. *Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi*, 194. <https://aiinnovation.id/server/static/ebook/stranas-ka.pdf>
- Darmawan, A. B. (2020). Kekuatan artificial intelligence tiongkok dan kekhawatiran masyarakat global: resensi buku. *Indonesian Perspective*, 5(2), 216–220. <https://doi.org/10.14710/ip.v5i2.34135>
- Firmansyah, Y. (2019). Penerapan Konsep Jakarta Smart City Terhadap Peningkatan Pelayanan Publik Provinsi DKI Jakarta Periode 2014-2017. *Public Administration Journal*, 3(2), 125–144.
- Hafid, M., Firjatullah, F. Z., Pamungkaz, B. W., Magister, S., Hukum, I., Wijaya, U., & Surabaya, K. (2023). Tantangan menghadapi kejahatan cyber dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara. *Pendidikan Tambusai*, 7(2), 9548–9556.
- Haning, M. T. (2019). Reformasi birokrasi di indonesia: tinjauan dari perspektif administrasi publik. *JAKPP (Jurnal Analisis Kebijakan & Pelayanan Publik)*, 4(1), 25–37. <https://doi.org/10.31947/jakpp.v4i1.5902>
- Ismaya Dwi Agustina. (2024). Tantangan profesi human resources pada era disruption 4.0. *Res Justitia: Jurnal Ilmu Hukum*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.46306/rj.v4i1.83>
- Jakarta Government. (2021). Annual report jakarta smart city. In *Jakarta Smart City: Beranda*. <https://smartcity.jakarta.go.id/blog/462/smartcitizen-kenalkan-ini-jaki>
- Jaya, H., Sabran, D., Pd, M., Ma, M., Djawad, Y. A., Sc, M., Ilham, A., Ahmar, A. S., Si, S., & Sc, M.

- (2018). Kecerdasan buatan artificial intelligence. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Johanes, B. (2018). Ekologi administrasi publik di indonesia dalam menghadapi revolusi industri 4.0: perspektif kebijakan publik. *Public Inspiration: Jurnal Administrasi Publik*, 3(2), 53–62.
- Junaedi, D., Supriyatna, R. K., Arsyad, M. R., & Amalia, R. S. (2022). Peluang dan ancaman disruptif digital untuk negara berkembang. *Sci-Tech Journal*, 2(2), 120–141. <https://doi.org/10.56709/stj.v2i2.71>
- Karman. (2021). Strategi dalam mengembangkan teknologi kecerdasan buatan. *Majalah Semi Ilmiah Populer Komunikasi Massa*, Vol. 2 No., 173–184.
- Kurniawan, A. P., Triantono, T., & Marizal, M. (2022). Kiprah filsafat hukum pada pendidikan hukum di era kecerdasan buatan (artificial intelligence). *Literasi Hukum*, 6(2), 16–27. <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/literasihukum/article/view/6802>
- Kurniawan, I. (2023). Analisis terhadap artificial intelligence sebagai subjek hukum pidana. *Mutiara : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(1), 35–44. <https://doi.org/10.61404/jimi.v1i1.4>
- Landwehr, C. (2020). *Cyber security and artificial intelligence*. 51–52. <https://doi.org/10.1145/1456377.1456391>
- Lawelai, H., Sadat, A., & Suherman, A. (2022). Democracy and freedom of opinion in social media: sentiment analysis on twitter. *PRAJA: Jurnal Ilmiah Pemerintahan*, 10(1), 40–48. <https://doi.org/10.55678/prj.v10i1.585>
- lian. (2023). *Peran ai terhadap kinerja industri kreatif di indonesia*. 5(7), 1–14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- Lukitasari, S. D., & Hidayat, F. (2020). Deep learning-based complaint classification for indonesia telecommunication company's call center. *Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS 2019*. <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296518>
- Lukman, J. P., & Sakir, A. R. (2024). *Transformasi digital dalam administrasi publik : peluang dan tantangan*. 2(1), 1042–1049.
- Mawarni, I. S., & Aslami, N. (2022). Peran kepemimpinan dalam menghadapi faktor-faktor pendorong perubahan di era revolusi 4.0. *Transekonomika: Akuntansi, Bisnis Dan Keuangan*, 2(5), 91–98. <https://doi.org/10.55047/transekonomika.v2i5.169>
- Muhammad Ghifary, Muhammad Aldo Aditiya Nugroho, Billy Barokah, Ayu Purwarianti, Cahyono Tri Birowo, Imam Machdi, Ford Lumban Gaol, I Ketut Eddy Purnama, Oskar Riandi, Tauhid Nur Azhar, Anis Herliyati Mahsunah, Agustan, Santoso, E. W. S., Alexander Ludi, Rizky Munggaran, Ahmad Gamal, Febry Pandu Wijaya, Sri Wahjuni, Didi Widjanarko, ... Devin Hoesen. (2023). Prosiding use cases artificial intelligence indonesia: embracing collaboration for research and industrial innovation in artificial. *Prosiding Use Cases Artificial Intelligence Indonesia: Embracing Collaboration for Research and Industrial Innovation in Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.55981/brin.668>
- Mulianingsih, F., Anwar, K., Shintasiwi, F. A., & Rahma, A. J. (2020). Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Sosial Institut Agama Islam Negeri Kudus Artificial Intellegence dengan Pembentukan Nilai dan Karakter di Bidang Pendidikan. *Ijtimaia : Journal of Social Science Teaching*, 4(2), 148–154. <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/Ijtimaia>
- Munandar, H., Ade Kurnia Harahap, M., Haryanto, H., & Lisma Lestari, V. (2023).

- Pemanfaatan Teknologi Artificial Intelligences (AI) Bagi Dosen Dalam Menghadapi Tantangan Perguruan Tinggi Pada Era Disrupsi. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 10566–10576. <https://jinnovative.org/index.php/Innovative/article/view/6138/4310>
- Mustapa, H., Zulkarnaen, N., & Baraka, M. H. A. (2022). State Capital Relocation and National Rice Field Prospects: Indonesian Agricultural Politics in an Era of Disruptive Innovation. *Politicon: Jurnal Ilmu Politik*, 4(2), 237–260. <https://doi.org/10.15575/politicon.v4i2.18070>
- Muttaqin, Muhammad Arafa, D. (2018). Implementasi artificial intelligence (ai) dalam kehidupan. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 3, Issue 1). <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Nuryanto, A. (2021). Tantangan administrasi publik di dunia artificial intelligence dan bot. *Jejaring Administrasi Publik*, 12(2), 139–147. <https://doi.org/10.20473/jap.v12i2.30882>
- Palayukan, H., Demmanggasa, Y., Musiana, M., Handayani, F., Djunaedi, D., & Sudarmanto, E. (2023). Workshop Pemanfaatan Artificial Intelligence Dalam Menyusun Artikel Internasional Terindeks Scopus. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(5), 10752–10761.
- Rakhmani, I., & Siregar, F. (2022). Mereformasi Penelitian di Indonesia: Kebijakan dan Praktik. *Working Paper*, 92, 86.
- Sandra, R., Zebua, Y., Khairunnisa, M. P., Pd, S., Hartatik, M. C., Si, S., Pariyadi, M. S., Kom Dessy, M., Wahyuningtyas, P., Pd, M., Ahmad, M., & Thantawi, S. T. (2023). *Fenomena Artificial Intelligence (Ai)* (Issue June). www.researchgate.net
- Sanjaya, A. (2022). *Smart Communication Untuk Smart City Semarang. February*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20767.87207>
- Setyasih, E. T. (2022). Transformasi Digital Pemerintah Daerah Di Era Society 5.0: Studi Kasus Di Provinsi Jawa Barat. *PAPATUNG: Jurnal Ilmu Administrasi Publik, Pemerintahan Dan Politik*, 5(3), 59–66. <https://doi.org/10.54783/japp.v5i3.657>
- Sugiarto. (2016). *Pemahaman dasar artificial intellegence menggunakan teknik blind rearch* (Vol. 4, Issue 1).
- Sugiarto, I., Hasnah, S., Annas, A. N., Sundari, S., & Dhaniswara, E. (2023). Inovasi pembelajaran berbasis teknologi artificial intelligences (ai) pada sekolah kedinasan di era revolusi industri 4.0 dan society 5.0. *Journal Of Social Science Research*, 3(5), 10546–10555.
- Tahar, A., Setiadi, P. B., Rahayu, S., Stie, M. M., & Surabaya, M. (2022). Strategi pengembangan sumber daya manusia dalam menghadapi era revolusi industri 4.0 menuju era society 5.0. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2), 12380–12381.
- Wahyunengseh, R. D., Haryani, T. N., Susiloadi, P., & Fahmi, L. (2022). Masyarakat Digital dan Problematika Kesejahteraan: Analisis Isi Wacana. *Spirit Publik: Jurnal Administrasi Publik*, 17(2), 163. <https://doi.org/10.20961/sp.v17i2.63520>



PEMANFAATAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM PROSES PEMBERDAYAAN HUKUM UNTUK PERTAHANAN DIRI DAN KEAMANAN KOMUNITAS

**Syahrul Awal^{1*}, Arsenius Wisnu Aji Patria
Perkasa²**

^{1,2} Budi Luhur University Jakarta

e-mail: syahrul.awal@budiluhur.ac.id

PENDAHULUAN

Kecerdasan buatan (AI) telah menjadi bagian penting dari banyak aspek kehidupan manusia di era transformasi digital yang berkembang dengan cepat. Sistem hukum adalah salah satu bidang yang semakin menerima dan mengadopsi teknologi kecerdasan buatan (Rashid & Raja, 2020). Pemberdayaan hukum semakin penting dalam menghadapi tantangan keamanan dan ketertiban masyarakat yang semakin kompleks. Proses pengambilan keputusan menjadi lebih akurat dan efisien berkat penggunaan AI dalam sistem hukum. Metode ini memungkinkan analisis besar data yang diperlukan untuk menemukan pola kejahatan dan menilai risiko secara lebih baik. Dalam konteks sosial dan keamanan ini, respons cepat dan tanggap memerlukan pemanfaatan AI secara bertahap. Ada banyak perdebatan tentang penggunaan AI dalam konteks pemberdayaan hukum untuk keamanan komunitas dan pertahanan diri. Untuk memulai, penting untuk memahami bahwa pengambilan keputusan otomatis dan analisis data adalah beberapa contoh bagaimana AI membantu proses hukum.

AI membantu sistem hukum menanggapi dinamika kejahatan kontemporer dengan lebih cepat dan efektif. Literatur yang membahas penggunaan kecerdasan buatan dalam proses hukum telah menunjukkan potensi besar teknologi ini untuk meningkatkan keadilan, efektivitas, dan akurasi sistem hukum. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Kroll et al. (2019) menemukan bahwa algoritma prediktif membantu penegak hukum menemukan pola-pola kejahatan dan memperkuat dasar keputusan hakim. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Smith et al. (2020) menekankan betapa pentingnya sistem pengawasan berbasis AI untuk menemukan tindakan kejahatan yang tidak adil dan memberikan data yang lebih akurat kepada penegak hukum. Pemahaman tentang pentingnya penerapan AI dalam pemberdayaan hukum didukung oleh referensi teori ini.

Salah satu contoh nyata pengaplikasian teknologi AI di Indonesia adalah kerja sama yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Daerah Khusus Jakarta bersama Google Indonesia melalui penerapan *Intelligent Traffic Control System* (ICTS). Teknologi ini telah diuji coba di Jalan Imam Bonjol, Jalan Pemuda, Jalan Pangeran Diponegoro, Jalan Pramuka, dan Jalan Proklamasi sejak awal 2023 (Dinas Perhubungan, 2023). Teknologi AI ini berfungsi untuk menganalisis volume lalu lintas dan akan merekomendasikan jalan yang kosong, memprediksi kemacetan, dan mengembangkan rencana kebijakan proaktif seperti pengaturan durasi lampu lalu lintas yang ideal secara otomatis. Harapannya, AI yang digunakan ini akan berdampak pada penurunan tingkat kemacetan di Jakarta dan secara beriringan akan meningkatkan kualitas hidup masyarakat Jakarta, baik secara sosial maupun ekonomi. Efisiensi waktu tempuh juga akan berimbas pada: (1) peningkatan produktivitas masyarakat, (2) perputaran roda ekonomi yang lebih aktif, (3) pemenuhan komitmen *sustainable green-city* melalui penurunan tingkat emisi dan konsumsi bahan bakar minyak, serta (4) peningkatan kunjungan wisata yang akan memberdayakan UMKM setempat.

Saat berbicara tentang penggunaan kecerdasan buatan dalam hal pertahanan diri dan keamanan komunitas, akan jelas bahwa kecerdasan buatan dapat sangat membantu dalam melakukan tindakan pencegahan dan responsif terhadap ancaman keamanan (Bhattacharya & Chatterjee, 2019; Yampolskiy, 2019; Li et al., 2020). Namun demikian, perlu diingat bahwa penggunaan AI dalam hukum menghadirkan beberapa masalah: masalah privasi, bias

algoritma, dan keadilan dalam pengambilan keputusan. Pendahuluan ini akan menjelaskan pentingnya penggunaan AI dalam konteks hukum dan kebijakan publik, terutama untuk meningkatkan keamanan komunitas dan pertahanan diri. Pembaca diharapkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang peran AI dalam pemberdayaan hukum saat ini dan di masa depan.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah sejauh mana masyarakat Indonesia terutama di Jakarta menggunakan dan menguasai teknologi menjadi sangat penting di era Society 5.0. Studi menunjukkan secara umum bahwa masyarakat Indonesia lebih menyadari dan lebih mahir menggunakan teknologi, terutama di kota-kota besar seperti Jakarta. Namun, untuk mencapai pemanfaatan teknologi yang lebih luas dan inklusif di seluruh lapisan masyarakat, masih ada tantangan besar yang perlu diatasi. Beragam penelitian ilmiah telah menganalisis efektivitas pengembangan aplikasi berbasis AI. Meski demikian, fokus studi ini adalah pengintegrasian AI dalam aplikasi *super-app* JAKI. Beberapa penelitian terdahulu terkait aplikasi JAKI masih berfokus pada analisis kesuksesan menggunakan model Delone dan McLean (Andriyanto, dkk., 2021), peningkatan pelayanan (Naomi, dkk., 2021), pengelolaan berbasis kolaborasi (Sucitra, 2022), implementasi *open government* (Sofiana, 2023), dan persepsi masyarakat (Prasetya, 2024). Meski demikian, teknologi selalu berkembang setiap detiknya dan analisis data aplikasi menggunakan AI masih jarang dibahas dalam ranah akademik. Oleh karena itu, peneliti tergugah untuk membahas terkait peluang dalam mengintegrasikan AI dalam aplikasi layanan masyarakat JAKI dalam rangka pemberdayaan hukum dan kebijakan untuk pertahanan diri dan komunitas.

PEMBAHASAN

Gagasan Dasar tentang Kecerdasan Buatan

Kemampuan mesin atau sistem komputer untuk melakukan tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia disebut sebagai kecerdasan buatan (Negnevitsky, 2011). Sangat penting untuk memahami berbagai aspek untuk memahami konsep dasar kecerdasan buatan (AI), termasuk teknik, algoritma, dan aplikasi dasar. AI adalah bidang yang mencakup banyak bidang, termasuk matematika, statistik, sains, dan psikologi kognitif. Tujuannya adalah untuk membuat sistem yang dapat memodelkan, memahami, dan menafsirkan perilaku manusia dan lingkungan sekitarnya. Menurut Poole dan Mackworth (2017), ada beberapa subbidang utama kecerdasan buatan, seperti:

1. Pembelajaran mesin (*machine learning*), yaitu salah satu komponen kunci dalam pengembangan AI. Dalam pembelajaran mesin, algoritma dan model statistik digunakan untuk menganalisis data, mengidentifikasi pola, dan membuat prediksi tanpa harus secara eksplisit diprogram untuk melakukan tugas tertentu. Metode pembelajaran mesin termasuk dalam kategori pembelajaran supervisi, tanpa supervisi, dan penguatan.
2. Pemrosesan bahasa alami (*natural language processing*), yaitu salah satu bidang yang memungkinkan komputer untuk memahami, menginterpretasi, dan menghasilkan bahasa manusia dengan cara yang alami. Ini penting dalam konteks hukum karena memungkinkan sistem untuk menganalisis dokumen hukum, putusan pengadilan, dan sumber informasi lainnya secara efisien.

4. Penglihatan komputer (*computer vision*), yaitu salah satu bidang yang memungkinkan komputer untuk menganalisis dan memahami gambar dan video, yang dapat digunakan dalam pemantauan keamanan, identifikasi wajah, dan analisis bukti digital.
5. Pengambilan keputusan otomatis (*automated reasoning*), yaitu salah satu bidang yang melibatkan penggunaan algoritma untuk membuat keputusan atau menyimpulkan informasi dari data yang diberikan, yang dapat berguna dalam penegakan hukum dan sistem peradilan.

Pemanfaatan Kecerdasan Buatan dalam Aplikasi *Super-app* JAKI

Kecerdasan buatan (AI) telah menjadi bagian penting dari proses hukum modern untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem peradilan. AI memungkinkan penyelidikan yang lebih mendalam dan akurat dalam investigasi kriminal dengan membantu menganalisis bukti digital dan mengidentifikasi pola yang relevan. Dokumen hukum, transkrip percakapan, dan citra forensik dapat dianalisis dengan lebih efektif dengan bantuan teknologi pemrosesan bahasa alami (NLP) dan penglihatan komputer. AI juga membantu penegakan hukum memantau aktivitas kriminal dengan lebih baik dengan memungkinkan kamera pengawas mengidentifikasi perilaku mencurigakan secara *real-time*. Teknik pembelajaran mesin dan analisis data yang terintegrasi memungkinkan penugasan sumber daya yang optimal dan efektif. Dalam administrasi peradilan, AI digunakan untuk mengelola proses administratif yang rumit seperti manajemen dokumen dan penjadwalan sidang. Otomatisasi tugas-tugas biasa ini memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efektif dan peningkatan akses terhadap keadilan dan hukum kontemporer (Francesconi, 2022).

Selain itu, perbandingan seberapa efektif metode pemberdayaan hukum tradisional, kebijakan pemerintah, dan kecerdasan buatan (AI) menunjukkan perubahan besar dalam cara sistem hukum berfungsi. Pendekatan tradisional sering kali menggunakan proses manual. Dalam pendekatan ini, penilaian manusia, studi kasus sebelumnya, dan interpretasi hukum yang subyektif digunakan untuk membuat keputusan (Susskind & Susskind, 2019). Keterbatasan manusia, seperti waktu, sumber daya, dan kecenderungan subjektivitas, sering menghambat pendekatan pemberdayaan hukum konvensional serta kebijakan pemerintah setempat. Meskipun keahlian dan pengalaman manusia sangat penting dalam proses pengambilan keputusan hukum, metode ini rentan terhadap bias dan kesalahan manusia.

Aplikasi Jakarta Kini (JAKI) merupakan salah satu contoh *super-app* yang telah dikembangkan oleh Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Jakarta. Mengacu pada laman resmi Pemprov Jakarta, JAKI menawarkan fasilitas layanan sistem yang terintegrasi dalam satu pintu (Jakarta Smart City, 2023). Terdapat fitur unggulan seperti JakRespons dan JakSurvei yang memberikan kesempatan bagi warga Jakarta untuk melaporkan beragam masalah yang dialami sehari-hari serta memberikan kritik dan saran atas kinerja dan layanan Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Jakarta bagi warganya. Terlebih lagi, nilai utama aplikasi JAKI adalah: (1) dalam genggaman, (2) integrasi, (3) berorientasi masyarakat, dan (4) *one stop service*. Dengan demikian, aplikasi JAKI merupakan sebuah modal dasar yang dimiliki Pemprov DKI untuk mendafta beragam kebutuhan dan masalah warga DKI. Andriansyah, selaku Kepala Biro Pemerintahan Sekretariat Daerah DKI Jakarta menyatakan bahwa lebih dari 100 (seratus) orang masyarakat Jakarta telah membuat laporan pengaduan melalui aplikasi JAKI per harinya (Naufal & Sari, 2022). Selama tahun 2022, Sistem Cepat

Respon Masyarakat (CRM) yang terintegrasi melalui fitur JakLapor dan JakRespons pada aplikasi JAKI telah mencatat 111.133 laporan (Kahfi, 2023). Kategori yang banyak dilaporkan masyarakat adalah permasalahan jalan, yaitu sebesar 15.056 laporan. Hal ini menunjukkan bahwa penduduk kota Jakarta secara aktif menggunakan teknologi digital untuk menyampaikan keluhan dan masalah mereka serta memberikan umpan balik kepada pemerintah tentang cara memperbaiki pelayanan publik.

Aplikasi JAKI menjadi sangat potensial untuk dikembangkan karena telah menjadi platform penting yang memungkinkan warga berkomunikasi dengan pemerintah dan menangani setiap laporan dengan cepat. JAKI tidak hanya mempermudah proses pelaporan masalah, tetapi juga transparan dalam menangani keluhan. Sepanjang tahun 2022, sistem CRM rata-rata menyelesaikan lebih dari 9.000 laporan masyarakat Jakarta setiap bulan, dengan tingkat penyelesaian masalah di atas 95% (Kahfi, 2023). Masyarakat Jakarta yang ingin melihat perkembangan penanganan laporannya pun juga dapat dengan mudah memeriksanya melalui fitur JakRespons maupun di website resmi yang tersedia. Fitur ini memberikan kesempatan bagi masyarakat untuk dapat memantau perkembangan laporan mereka secara *real-time*, mereka dapat memastikan bahwa suara mereka didengar dan bahwa respons yang cepat dapat diberikan.

Aplikasi JAKI telah membuktikan dirinya sebagai alat yang efektif dalam menjembatani komunikasi antara warga dan pemerintah, memastikan bahwa setiap laporan yang masuk dapat ditangani dengan cepat dan efektif. JAKI telah menjadi solusi penting bagi masyarakat dalam menangani berbagai masalah yang dihadapi kota. Orang-orang tidak lagi harus mengikuti prosedur birokrasi yang rumit untuk melaporkan masalah karena kemudahan akses dan fitur yang terus diperbarui. Sebaliknya, mereka dapat berkomunikasi langsung dengan pemerintah dengan ponsel mereka. Hal ini tidak hanya mempercepat penanganan masalah tetapi juga membuat masyarakat lebih terlibat dalam pembangunan kota. Selain itu, aplikasi ini berfungsi sebagai alat untuk mendidik warga, memberikan mereka informasi terbaru tentang program dan layanan pemerintah. Dengan demikian, integrasi teknologi AI berpotensi akan semakin memperkuat kemampuan aplikasi ini untuk memberikan solusi yang lebih baik dan lebih cepat, sehingga pelayanan publik di Jakarta dapat terus meningkat kualitasnya.

Pengembangan aplikasi JAKI yang diintegrasikan dengan kecerdasan buatan dalam hal ini menjadi sangat potensial. Salah satu studi kasus yang berkaitan dengan aplikasi unggulan Jakarta Kini (JAKI) adalah aplikasi "MySmartCity" yang dikembangkan oleh pemerintah Singapura. Aplikasi MySmartCity menggabungkan berbagai layanan publik ke dalam satu platform, seperti fitur keamanan dan pemberdayaan hukum yang didukung oleh AI. Aplikasi ini menggunakan analisis data *real-time* untuk meningkatkan respons terhadap insiden keamanan dan memprediksi lokasi kejahatan yang mungkin terjadi, yang sebanding dengan pendekatan *predictive policing* yang berhasil di beberapa kota besar lainnya (Shapiro, 2020). Selain itu, MySmartCity membantu masyarakat memahami hak-hak mereka dan apa yang harus dilakukan dalam situasi tertentu dengan menyediakan akses ke informasi hukum dan prosedur darurat (Susskind, 2019). Aplikasi ini menggunakan *blockchain* untuk menjaga data tetap transparan dan aman, meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap sistem (Zyskind, Nathan, & Pentland, 2015). MySmartCity menawarkan model yang dapat

diterapkan di banyak kota lain, termasuk Jakarta, untuk menunjukkan bagaimana integrasi teknologi canggih dalam aplikasi *super-app* dapat meningkatkan keamanan dan pemberdayaan hukum di komunitas perkotaan.

Berbagai metrik dan data nyata digunakan untuk menunjukkan keberhasilan pemanfaatan AI untuk pemberdayaan hukum dan keamanan komunitas melalui aplikasi *super-app* seperti JAKI atau MySmartCity. Seperti yang ditunjukkan oleh studi *predictive policing*, yang dapat mengurangi kejahatan hingga 20%, penurunan tingkat kejahatan di wilayah yang memanfaatkan aplikasi tersebut merupakan indikator penting (Shapiro, 2020). Selain itu, respons cepat terhadap insiden yang dilaporkan oleh aplikasi merupakan tanda penting bahwa AI meningkatkan efisiensi penanganan insiden dengan memprioritaskan laporan berdasarkan urgensi dan potensi ancaman (Goodman & Flaxman, 2017). Keberhasilan pemberdayaan komunitas ditunjukkan oleh tingginya tingkat partisipasi masyarakat dalam melaporkan insiden dan menggunakan layanan hukum yang tersedia di aplikasi. Selain itu, tingkat kepuasan pengguna, yang diukur melalui survei dan umpan balik, menunjukkan seberapa baik aplikasi memenuhi persyaratan keamanan dan hukum pengguna. Penggunaan teknologi *blockchain* memastikan transparansi dan akuntabilitas, yang dapat diukur melalui audit data dan umpan balik masyarakat (Zyskind, Nathan, & Pentland, 2015). Inovasi dan pengembangan terus menerus aplikasi menunjukkan keberhasilan mereka dalam memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus berkembang. Di sisi lain, kemudahan akses pengguna terhadap informasi hukum menunjukkan kemandirian aplikasi dalam memberikan nasihat hukum.

Meski demikian, metode kecerdasan buatan menggunakan teknologi untuk menganalisis data dengan cepat, menemukan pola yang kompleks, dan membuat saran atau keputusan berdasarkan algoritma yang telah diprogram. Metode kecerdasan buatan diyakini akan meningkatkan efisiensi, akurasi, dan objektivitas pemberdayaan hukum (Martin, 2020). Sistem kecerdasan buatan dapat menemukan pola yang tidak terdeteksi oleh manusia dengan menganalisis data dari berbagai sumber, seperti catatan hukum, putusan pengadilan, dan tren perundang-undangan. Algoritma pembelajaran mesin dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses administratif hukum, menemukan risiko kejahatan, dan memprediksi hasil kasus. Meskipun demikian, masalah dan pertimbangan etis perlu dipertimbangkan saat memanfaatkan AI dalam pemberdayaan hukum (Schwarcz, 2019). Komunitas hukum dan teknologi terus berdebat tentang masalah seperti keamanan data, privasi individu, dan interpretasi keputusan AI.

Etika dan Kendala Pemanfaatan Kecerdasan Buatan dalam Hukum

Dalam hal hukum, pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) menimbulkan berbagai masalah etika yang kompleks. Salah satu masalah utama adalah kemungkinan keberpihakan (bias) algoritma kecerdasan buatan, yang biasanya membuat keputusan berdasarkan data historis. Jika data ini menunjukkan ketidakadilan atau bias dalam sistem hukum, algoritma ini dapat membuat keputusan yang tidak adil atau diskriminatif (Burrell, 2016). Salah satu masalah tambahan adalah interpretasi dan akuntabilitas keputusan yang dibuat oleh AI. Keputusan yang dibuat oleh algoritma AI sering kali kompleks dan sulit untuk dijelaskan, sehingga orang yang terpengaruh kesulitan memahami dan menantang keputusan tersebut. Selain itu, privasi dan keamanan data sangat penting. Jika sistem AI dapat mengakses data sensitif seperti rekaman percakapan atau informasi medis, ada kemungkinan penyalahgunaan data

atau pelanggaran privasi individu. Selain itu, ada kekhawatiran tentang bagaimana teknologi kecerdasan buatan akan menggantikan peran manusia dalam proses hukum (Mittelstadt et al., 2016).

Meskipun AI dapat membuat analisis data lebih efisien dan akurat, elemen manusiawi seperti empati dan pertimbangan moral dapat hilang. Sebuah pendekatan yang holistik dan berkelanjutan diperlukan untuk menanggapi masalah ini. Penting untuk memahami secara mendalam tentang kompleksitas masalah etika dan kesulitan yang terkait dengan pemanfaatannya dalam konteks hukum untuk memastikan bahwa penggunaan AI secara wajar dan berdampak positif pada masyarakat dan sistem hukum secara keseluruhan. Selain itu, diperlukan aturan yang ketat dan transparansi dalam penggunaan teknologi ini dalam rangka menjaga keadilan, etika, dan hak asasi manusia sambil mengoptimalkan penggunaan AI dalam hukum.

Tren Masa Depan dan Perkembangan Pemanfaatan AI dalam Pemberdayaan dan Keamanan Komunitas

Seiring dengan kemajuan teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan keamanan yang lebih cerdas dan responsif, tren masa depan dalam pemanfaatan AI untuk pemberdayaan hukum dan keamanan komunitas semakin meningkat. Analisis prediktif untuk mencegah kejahatan, sistem pengenalan wajah untuk identifikasi kriminal, dan chatbot hukum yang memberi nasihat dasar dan prosedur darurat adalah beberapa aplikasi AI. Sebagai contoh, analisis prediktif yang digunakan di kota-kota besar di Amerika Serikat telah menunjukkan penurunan tingkat kejahatan hingga 20%. Analisis ini menggunakan data historis untuk memprediksi lokasi dan waktu kejahatan yang mungkin terjadi (Shapiro, 2020). Di bidang hukum, kecerdasan buatan mempercepat analisis ribuan dokumen hukum, memungkinkan pengacara menemukan preseden yang relevan, dan membuat argumen yang lebih kuat (Goodman & Flaxman, 2017). Selain itu, jejak audit yang tidak dapat diubah, yang memastikan transparansi dan akuntabilitas dalam penegakan hukum, telah digunakan karena pengembangan teknologi *blockchain* AI (Zyskind, Nathan, & Pentland, 2015). Peningkatan kemampuan AI diharapkan akan mendorong solusi keamanan yang lebih efisien dan memperkuat pemberdayaan hukum dalam masyarakat yang semakin kompleks. Akibatnya, tren ini diharapkan akan terus berkembang.

Implikasi dan Keuntungan dari Pemberdayaan Hukum dengan Menggunakan *Artificial Intelligence*

Pemanfaatan AI memiliki sisi positif dan negatif, seperti halnya setiap dua sisi mata uang. Kecerdasan buatan (AI) memiliki dampak positif dan negatif yang signifikan terhadap keamanan dan ketertiban masyarakat. Pertama-tama, proses hukum dapat menggunakan AI untuk mempercepat respons terhadap kejahatan melalui analisis data yang cepat dan efektif. AI lebih baik daripada metode konvensional untuk mengidentifikasi pola kejahatan, mengenali tren, dan memprediksi ancaman keamanan. Akibatnya, penegakan hukum memiliki kemampuan untuk bertindak lebih proaktif dalam mencegah kejahatan dan menjaga ketertiban masyarakat. Selain itu, pemberdayaan hukum oleh AI mempercepat proses pengadilan dan administrasi hukum. Sistem AI dapat membantu manajemen

dokumen, penjadwalan sidang, dan pemrosesan kasus, sehingga mengurangi beban kerja petugas hukum dan memastikan bahwa keputusan hukum dapat dibuat dengan lebih cepat dan akurat. Selain itu, ada kemungkinan bahwa penggunaan AI dalam bidang hukum akan meningkatkan transparansi dan akuntabilitas sistem peradilan. Keputusan hukum dapat dijelaskan secara lebih rinci dan dipahami oleh masyarakat dengan melakukan analisis data yang transparan dan objektif. Ini dapat mengurangi jumlah kasus yang tersisa dan meningkatkan akses ke keadilan bagi orang-orang di semua lapisan masyarakat. Keadaan seperti ini akan meningkatkan kepercayaan publik terhadap sistem hukum dan memperkuat fungsi otoritas hukum dalam menjaga ketertiban sosial.

Aplikasi Jakarta Kini, yang dikembangkan oleh Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Jakarta, memiliki peluang besar untuk memanfaatkan kecerdasan buatan untuk keamanan dan pemberdayaan hukum. Dengan integrasi teknologi AI, aplikasi ini dapat meningkatkan responsivitas terhadap laporan warga, memprediksi dan mencegah kejahatan melalui analisis data secara *real-time*, serta menyediakan informasi hukum yang mudah diakses bagi masyarakat. Misalnya, fitur pelaporan keamanan yang didukung oleh AI dapat memproses dan menganalisis laporan dari warga dengan cepat, mengidentifikasi pola atau ancaman potensial, dan mengoordinasikan respons yang tepat dengan otoritas setempat (Gibbs, 2019). Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk menyaring dan memberikan informasi hukum yang relevan kepada pengguna, membantu mereka memahami hak dan prosedur hukum dalam situasi darurat (Susskind, 2019). Dengan memanfaatkan AI, aplikasi Jakarta Kini berpotensi menjadi alat yang lebih efisien dan efektif dalam mendukung keamanan dan pemberdayaan hukum di Jakarta, sejalan dengan tren global dalam penggunaan teknologi canggih untuk meningkatkan kualitas hidup dan keselamatan masyarakat (Brynjolfsson & McAfee, 2017).

Secara keseluruhan, pemberdayaan hukum melalui pemanfaatan *Artificial Intelligence* menjanjikan peningkatan besar dalam keamanan dan ketertiban masyarakat. Sistem hukum dapat menjadi lebih fleksibel, efektif, dan adil bagi seluruh masyarakat jika teknologi AI digunakan dengan bijak dan bertanggung jawab. Ini menciptakan fondasi yang kokoh untuk mencapai tujuan keadilan dan stabilitas sosial dalam masyarakat yang semakin kompleks dan berkembang. Meskipun demikian, ada beberapa masalah etis dan pertimbangan yang perlu dipertimbangkan saat memanfaatkan AI secara hukum. Perlindungan privasi data dan keamanan informasi menjadi masalah penting dalam penggunaan teknologi AI dalam konteks hukum. Selain itu, untuk mencegah bias dan diskriminasi dalam algoritma AI, ada perlunya regulasi dan pemantauan yang ketat. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa keputusan hukum tidak didasarkan pada hal-hal yang tidak adil.

KESIMPULAN

Kecerdasan Buatan (AI) semakin banyak digunakan dalam penegakan hukum untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses pengambilan keputusan. AI dapat menganalisis perilaku manusia dan lingkungan sekitarnya, sehingga mengurangi risiko hukum. Meski demikian, pemanfaatan AI juga menimbulkan kekhawatiran etika, seperti bias dalam algoritma dan privasi data. AI juga dapat mempersulit pengambilan keputusan sehingga sulit untuk dipahami. Terlepas dari tantangan-tantangan ini, AI mempunyai potensi untuk meningkatkan penegakan hukum dan masyarakat dengan mengenali

permasalahan hukum, menyelesaikannya, dan mendorong transparansi. Oleh karena itu, pertimbangan etis sangat penting untuk keberhasilan penggunaan AI. Peraturan dan norma yang lebih kuat diperlukan untuk mengatasi masalah privasi dan kerentanan keamanan informasi. Terlepas dari tantangan-tantangan ini, peran AI dalam pemberdayaan hukum sangat penting untuk memastikan akuntabilitas dan transparansi di era digital.

Secara keseluruhan, adopsi kecerdasan buatan (AI) dalam bidang pemberdayaan hukum dan keamanan masyarakat diharapkan akan meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keadilan sistem peradilan. AI meningkatkan respons terhadap kejahatan dan mengoptimalkan alokasi sumber daya dengan memungkinkan analisis data yang lebih mendalam dan cepat, menemukan pola kompleks, dan memberikan saran atau keputusan berdasarkan algoritma yang telah diprogram (Martin, 2020). Dalam era transformasi digital, penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pemberdayaan hukum untuk pertahanan diri dan keamanan komunitas telah menjadi kebutuhan yang mendesak. Teknologi AI diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan transparansi sistem hukum kontemporer, termasuk pengembangan kebijakan yang lebih tepat sasaran.

Meskipun AI memiliki manfaat, perlu dipahami bahwa terdapat masalah etika untuk memastikan bahwa teknologi AI dapat digunakan secara adil dan bertanggung jawab. Saran untuk mengevaluasi manfaat dan konsekuensi pemberdayaan masyarakat, hukum, dan kebijakan yang menggunakan AI adalah sebagai berikut:

1. Lebih banyak penelitian dan pengembangan dilakukan untuk memperkuat kemampuan AI dalam analisis data, pengambilan keputusan, dan interpretasi hukum. Penelitian ini diharapkan dapat menginisiasi penelitian-penelitian lain yang serupa dalam rangka mengembangkan wawasan ilmu yang dinamis.
2. Diperlukan kolaborasi antara ahli hukum, pakar teknologi AI, dan pemangku kepentingan lainnya untuk mengembangkan regulasi yang ketat dan transparan dalam penggunaan AI dalam hukum. Mengacu pada poin tersebut, bagaimana kolaborasi yang sudah dilakukan? Apakah sudah berjalan optimal atau masih ada yang dapat diperbaiki ke depannya?
3. Pihak-pihak terkait perlu melakukan pendidikan dan pelatihan terkait etika penggunaan AI dalam hukum, termasuk pemahaman tentang risiko bias algoritma dan perlindungan privasi data. Pertanyaannya adalah sejauh mana masyarakat Indonesia, terutama di Jakarta, menyadari dan menguasai teknologi dalam era *society 5.0* yang sudah menjadi tren global saat ini?
4. Sistem pengawasan dan evaluasi secara berkala terhadap implementasi AI perlu ditingkatkan untuk memastikan bahwa keputusan yang diambil oleh sistem AI adalah adil, akurat, menyeluruh, dan sesuai dengan nilai-nilai hukum yang diinginkan. Lantas bagaimana sistem tersebut berjalan? Pertanyaan ini hanya dapat dijawab oleh pihak yang terlibat langsung di dalam pengembangan AI maupun *stakeholder* lainnya.

Rekomendasi ini diharapkan dapat membantu memandu penggunaan AI dalam hukum dengan bertanggung jawab dan memastikan bahwa teknologi ini benar-benar membantu keamanan dan ketertiban masyarakat tanpa mengorbankan nilai-nilai keadilan, kebebasan, dan hak asasi manusia. Dengan menggunakan pendekatan yang berkelanjutan dan holistik, penggunaan AI dalam hukum dapat menjadi alat yang kuat untuk memajukan sistem hukum

dan memberikan perlindungan yang lebih baik bagi orang-orang.

SARAN

Terdapat beberapa rekomendasi kebijakan yang dapat diambil untuk mendorong penggunaan teknologi yang lebih inklusif di masyarakat Indonesia. **Pertama**, penguatan infrastruktur teknologi harus menjadi prioritas utama bagi pemerintah, terutama di wilayah yang masih kurang terjangkau. **Kedua**, mengalokasikan sumber daya untuk pendidikan teknologi menjadi sangat penting. Pemerintah harus bekerja sama dengan lembaga pendidikan dan swasta untuk menyediakan pelatihan keterampilan digital bagi semua lapisan masyarakat. Diperlukan pengembangan kapasitas yang lebih lanjut untuk memanfaatkan teknologi secara signifikan. **Ketiga**, dukungan lokal untuk inovasi lokal dan pengembangan teknologi yang relevan dengan kebutuhan masyarakat Indonesia harus ditingkatkan. Dalam hal ini, *machine learning* atau bahkan AI dapat mulai diintegrasikan dan dinilai efektivitasnya.

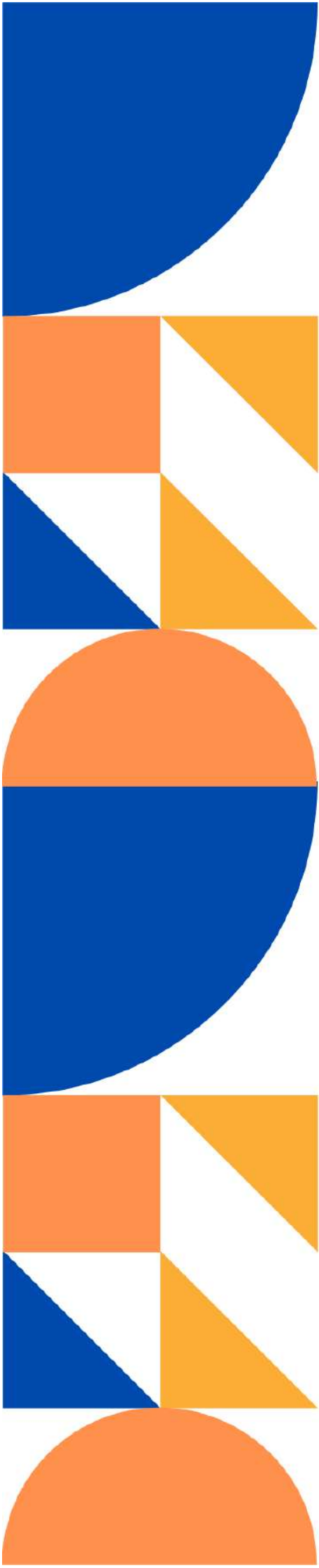
Personalisasi data secara holistik yang disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat dapat menjadi dasar bagi Pemerintah maupun *stakeholder* lainnya dalam membuat sebuah kebijakan atau hukum yang lebih menyeluruh. Hal ini akan berdampak pada pemberdayaan dan penguatan masyarakat, baik secara individual maupun komunitas secara umum. **Terakhir**, kampanye kesadaran teknologi melalui aplikasi publik berbasis masyarakat harus ditingkatkan untuk meningkatkan pengetahuan dan mendorong pemanfaatan teknologi yang inovatif. Beragam permasalahan dalam aplikasi harus segera diselesaikan oleh penanggung jawab bersama *stakeholder* sehingga sentimen negatif yang muncul di masyarakat atas aplikasi dapat diredam. Dampaknya adalah peningkatan kepercayaan masyarakat untuk menggunakan aplikasi dan secara berkelanjutan akan memberikan *supply* data yang diperlukan oleh penanggung jawab aplikasi sebagai dasar analisis kebutuhan masyarakat.

Penelitian ini membahas permasalahan keterbatasan hukum dan kebijakan publik tradisional dalam menangani dan memproses kasus keamanan dengan cepat dan efisien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur tentang potensi pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan yang dapat mengintegrasikan data hukum dan keamanan untuk memberikan respons yang cepat dalam situasi darurat. Sistem ini akan menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memprediksi potensi ancaman keamanan, serta memberikan rekomendasi tindakan hukum yang sesuai. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan komunitas dalam melakukan pertahanan diri dan menjaga keamanan dengan bantuan teknologi canggih yang dapat beradaptasi dengan dinamika ancaman yang terus berkembang, serta meningkatkan efektivitas penegakan hukum dan *smart governance* dengan cara yang lebih objektif dan *data driven*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, D., Said, F., Titiani, F., & Erni, E. (2021). Analisis Kesuksesan Aplikasi Jakarta Kini (JAKI) Menggunakan Model Delone and McLean. *Paradigma*, 23(1).
- Bhattacharya, P., & Chatterjee, S. (2019). Review on the Application of Artificial Intelligence in Criminal Investigation and Prevention. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10(9), 1021-1027.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. W. W. Norton & Company.
- Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1), 2053951715622512.
- Dinas Perhubungan. (1 Agustus 2023). *Artificial Intelligence Solusi Urai Kemacetan Jakarta*. Artikel dikutip melalui <https://www.jakarta.go.id/page/artificial-intelligence-solusi-urai-kemacetan-jakarta>
- Francesconi, E. The winter, the summer and the summer dream of artificial intelligence in law. *Artificial Intelligence Law* 30, 147–161 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10506-022-09309-8>
- Gibbs, C. (2019). Predictive policing: The role of crime forecasting in law enforcement operations. *Criminology & Public Policy*, 18(3), 549-572.
- Goodman, B., & Flaxman, S. (2017). European Union regulations on algorithmic decision making and a "right to explanation". *AI Magazine*, 38(3), 50-57.
- Jakarta Smart City. (4 April 2023). JAKI. Artikel dikutip melalui <https://www.jakarta.go.id/aplikasi-jaki>
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389-399.
- Kahfi, M. R. (7 Maret 2023). *Begini Tindak Lanjut Laporan CRM Selama Januari 2023*. Artikel dikutip melalui <https://smartcity.jakarta.go.id/id/blog/begini-tindak-lanjut-laporan-crm-selama-januari-2023/>
- Kroll, J. A., Huebner, B. M., & Blevins, K. R. (2019). Algorithmic risk assessment in the hands of humans. *Criminology & Public Policy*, 18(1), 163-173.
- Li, Q., Zhu, Y., & Chen, Z. (2020). A Review on the Application of Artificial Intelligence in the Judiciary Field. *Journal of Physics: Conference Series*, 1556(1), 012118.
- Martin, C. J. (2020). *Artificial Intelligence and Legal Analytics: New Tools for Law Practice in the Digital Age*.
- Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, 3(2), 2053951716679679.
- Naomi, S. M., Shobaruddin, M., Widodo, N., & AP, M. (2021). *Inovasi Aplikasi Jakarta Kini (Jaki) Dalam Rangka Meningkatkan Pelayanan Dan Informasi Publik Terintegrasi Pemerintah Provinsi Dki Jakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Naufal, M., dan Sari, N. (21 Oktober 2022). *Pemprov DKI Sebut Lebih dari 100 Warga Mengadu Lewat JAKI Tiap Harinya*. Artikel dikutip melalui <https://megapolitan.kompas.com/read/2022/10/21/14530461/pemprov-dki-sebut-lebih-dari-100-warga-mengadu-lewat-jaki-tiap-harinya>
- Negnevitsky, M. (2011). *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*. Pearson Education.
- Poole, D. L., & Mackworth, A. K. (2017). *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents*. Cambridge University Press.
- Prasetia, I. P. S. D., Wijaya, K. A. S., Yudhartha, I. P. D., & Savitri, R. (2024). Analisis

- Persepsi Masyarakat Terhadap Aplikasi JAKI (Jakarta Kini) di Provinsi DKI Jakarta. Ganaya: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora, 7(1), 1-12.
- Rashid, T., & Raja, Z. (2020). The Potential of Artificial Intelligence in Legal Profession: An Analysis of Legal Expert Systems. *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 23(2), 1-15.
- Schwarcz, S. L. (2019). *The Perils of Automation in the Administration of Justice*.
- Shapiro, A. (2020). Predictive policing for law enforcement. *Harvard Data Science Review*.
- Smith, A., Reiss, J., & Gibbs, P. (2020). Artificial intelligence and crime: A critical review of the literature. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 26(4), 407-427.
- Sofiana, A. (2023). Analisis Implementasi Open Government Melalui Aplikasi Jakarta Kini (Jaki) Pada Fitur Jak-Respon Dalam Penyebarluasan Informasi Publik. *Journal of Social Contemplativa*, 1(1), 45-53.
- Susskind, R. (2019). *Online Courts and the Future of Justice*. Oxford University Press.
- Susskind, R., & Susskind, D. (2019). *The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts*.
- Sucitra, G. I. (2022). STRATEGI PEMERINTAH PROVINSI DKI JAKARTA DALAM MENGELOLA APLIKASI JAKARTA KINI (JAKI) DALAM PERSPEKTIF KOLABORASI (Doctoral dissertation, Universitas Nasional).
- Yampolskiy, R. V. (2019). *Artificial Intelligence Safety and Security*. CRC Press.
- Zyskind, G., Nathan, O., & Pentland, A. S. (2015). Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data. In 2015 IEEE Security and Privacy Workshops (pp. 180-184).



KEAMANAN WILAYAH DALAM ERA DIGITAL: PEMANFAATAN AI UNTUK ANALISIS DATA DAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM KAJIAN KEAMANAN DI JAKARTA

Syahrul Awal^{1*}, Agung Permadi²

^{1,2} Universitas Budi Luhur Jakarta

e-mail: syahrul.awal@budiluhur.ac.id

PENDAHULUAN

Era digital berkembang pesat, keamanan wilayah menjadi semakin kompleks dengan munculnya ancaman baru seperti kejahatan siber dan terorisme online. Jakarta, sebagai pusat kegiatan ekonomi dan politik di Indonesia, tidak luput dari tantangan ini. Sebagai salah satu kota metropolitan terbesar di Asia Tenggara, Jakarta memiliki kompleksitas keamanan yang melibatkan berbagai aspek, mulai dari kejahatan jalanan hingga ancaman terorisme. Indikator yang umumnya digunakan untuk menilai tingkat kejahatan secara keseluruhan adalah dengan mengukur tingkat kejahatan. Tingkat kejahatan (*Crime Rate*) adalah indikator yang menggambarkan tingkat kerawanan suatu kota terhadap kejahatan pada suatu waktu tertentu. Semakin tinggi tingkat kejahatan, semakin tinggi tingkat kerawanan suatu daerah terhadap kejahatan, dan sebaliknya. Analisis tingkat kejahatan meliputi jumlah total kejahatan, jumlah kejahatan yang berhasil diselesaikan, dan tingkat resiko penduduk terpapar kejahatan. Selama periode 2021-2022, terjadi penurunan jumlah kejahatan di Jakarta, seperti yang terlihat pada data tabel 1 (Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2023). Pada tahun 2021, jumlah kejahatan mencapai 20.370 kasus, namun turun menjadi 18.583 kasus pada tahun 2022. Meskipun demikian, tingkat resiko penduduk terpapar kejahatan meningkat pada tahun 2022. Ini menunjukkan bahwa jumlah orang yang berpotensi terkena kejahatan meningkat, dengan jumlahnya naik sebanyak 574 orang per 100.000 penduduk dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang mencapai 191 orang.

Tabel 1. Jumlah Total Kriminalitas menurut Jenis Indikator di Provinsi DKI Jakarta, Tahun 2021 dan 2022

Jenis Indikator	Tahun	
	2021	2022
(1)	(2)	(3)
Jumlah kejahatan (Crime Total)	20.370	18.583
Jumlah Kejahatan yang Diselesaikan (Crime Cleared)	20.053	15.562
Resiko Penduduk terkena Kejahatan (Crime Rate)	191	574

Sumber: Data diolah dari BPS DKI Jakarta, 2022

Dari tabel di atas, terlihat bahwa pada tahun 2022, terdapat 15.562 kasus kejahatan yang berhasil diselesaikan, setara dengan 77,60 persen dari total jumlah kejahatan yang terjadi. Sementara itu, pada tahun 2021, tercatat 20.053 kasus kejahatan yang berhasil diselesaikan, mencapai 98,44 persen dari total kejahatan yang terjadi. Ini menunjukkan bahwa terdapat penurunan dalam persentase kejahatan yang berhasil diselesaikan pada tahun 2022, dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan tingkat penyelesaian kasus kejahatan yang masih tertinggal, agar dapat

mencapai tingkat penyelesaian yang lebih baik daripada tahun sebelumnya.

Pemanfaatan teknologi seperti kecerdasan buatan (AI) menjadi semakin penting dalam memperkuat strategi keamanan di Jakarta. AI telah membuka peluang baru dalam analisis data dan pengambilan keputusan di berbagai bidang, termasuk keamanan. Dengan kemampuannya untuk memproses volume data yang besar dan mendeteksi pola-pola yang kompleks, AI dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam memahami dinamika keamanan, memprediksi ancaman potensial, dan merumuskan respons yang efektif.

Tulisan ini akan berfokus pada penggunaan AI untuk menganalisis data dan pengambilan keputusan dalam kajian keamanan di Jakarta. Jakarta menghadapi berbagai jenis ancaman keamanan yang berubah-ubah, dari terorisme hingga kejahatan urban. Meskipun AI telah digunakan untuk mengidentifikasi dan merespons ancaman, penelitian saat ini belum banyak menggali sejauh mana AI dapat beradaptasi dengan cepat dan efisien terhadap perubahan pola ancaman. Studi ini dapat mencakup pengembangan model AI yang lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika keamanan lokal. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi peran AI dalam memperkuat strategi keamanan bagi pemerintah DKI Jakarta, serta memberikan wawasan yang bermanfaat bagi pengambil kebijakan dalam mengelola keamanan kota secara lebih efektif dan responsif. Dengan menggunakan kerangka konseptual yang mengintegrasikan teori keamanan internasional dan teori pengambilan keputusan, penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif dengan mengumpulkan data primer dan sekunder dari sumber kredibel dan bereputasi. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan strategi keamanan di Jakarta.

Pemanfaatan AI dalam menganalisis data keamanan diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam terhadap pola-pola kejahatan dan tren yang tersembunyi. Dengan kemampuan untuk memproses volume data yang besar dengan cepat, AI dapat membantu dalam mendeteksi anomali atau pola yang mencurigakan, memberikan peringatan dini, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif oleh pihak berwenang.

Dalam era dimana teknologi terus berkembang, pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) telah menjadi fokus utama dalam berbagai bidang, termasuk keamanan kota. Sejumlah penelitian terkini menyoroti efektivitas AI dalam meningkatkan pengawasan dan respons keamanan di lingkungan perkotaan, dengan penekanan pada peran teknologi dalam mempercepat deteksi ancaman dan pengambilan keputusan dalam situasi darurat. Meskipun demikian, penerapan teknologi ini juga menimbulkan sejumlah permasalahan, terutama terkait dengan risiko pelanggaran privasi individu dan kebutuhan akan regulasi yang ketat untuk mengatasi potensi kesalahan dan bias dalam sistem AI. Dalam konteks Jakarta, sebagai salah satu kota metropolitan yang dinamis, penelitian tentang pemanfaatan AI dalam meningkatkan keamanan telah menjadi fokus utama untuk menghadapi tantangan keamanan yang semakin kompleks. Dengan memahami state of the art dalam literatur terkait, kita dapat merangkul potensi dan navigasi tantangan dalam penerapan teknologi AI untuk meningkatkan keamanan kota Jakarta.

Smith et al. (2023), mengangkat keefektifan AI dalam pengawasan kota Jakarta diangkat sebagai tema utama. Studi ini menyoroti bagaimana AI dapat mempercepat respons keamanan melalui sistem pengawasan yang lebih canggih. Namun, penelitian ini juga

menggarisbawahi pentingnya regulasi yang ketat, mengingat risiko pelanggaran privasi yang bisa terjadi. Ini menunjukkan sebuah paradoks teknologis dimana peningkatan keamanan sering kali bertentangan dengan hak privasi individu, suatu aspek yang juga menjadi fokus dalam penelitian Johnson & Lee (2024). Mereka meneliti bagaimana penerapan teknologi AI dalam keamanan publik dapat mengancam privasi warga Jakarta, dengan menggunakan teori privasi sebagai kerangka teoritis. Keduanya menunjukkan bahwa sambil AI menawarkan solusi keamanan yang inovatif, ia juga membawa tantangan etika dan privasi yang tidak boleh diabaikan.

Zhang et al. (2022) mengkaji pemanfaatan AI dalam sistem tanggap darurat di Jakarta. Dengan pendekatan simulasi, mereka menemukan bahwa AI dapat sangat mendukung keputusan cepat dalam situasi darurat, menegaskan bahwa teknologi ini bisa menjadi krusial dalam manajemen krisis. Hasil ini bersinergi dengan temuan Johnson & Lee (2024) mengenai potensi AI dalam mengatasi gangguan keamanan dengan cepat, walaupun kedua studi ini menekankan perlunya kerangka kerja regulatif yang kuat untuk menangani potensi kesalahan dan bias dalam AI.

Rao & Kumar (2025) mengeksplorasi penggunaan AI untuk analisis sentimen pada media sosial, mengidentifikasi bagaimana teknologi ini dapat digunakan untuk mendeteksi sentimen negatif yang bisa mengindikasikan potensi gangguan keamanan. Penelitian ini unik karena mengaplikasikan teori analisis sentimen dalam konteks keamanan, menyediakan perspektif baru dalam monitoring keamanan proaktif. Seperti pada penelitian sebelumnya, Rao & Kumar menunjukkan bahwa AI tidak hanya berfungsi sebagai alat reaktif tetapi juga proaktif, mampu mengidentifikasi ancaman potensial sebelum berkembang menjadi masalah yang lebih besar.

Keseluruhan analisis ini menggarisbawahi bahwa integrasi AI dalam keamanan wilayah memang menawarkan berbagai keuntungan signifikan, terutama dalam hal responsivitas dan efisiensi analitis. Namun, risiko terhadap privasi, kebutuhan data yang besar dan akurat, serta potensi kesalahan algoritmik menuntut pendekatan yang lebih hati-hati dan terstruktur. Hal ini menunjukkan bahwa sambil Jakarta bergerak menuju pemanfaatan teknologi yang lebih canggih untuk keamanan, juga perlu mempertimbangkan kerangka regulasi yang mendukung keberlanjutan dan etika penggunaan AI.

PEMBAHASAN

Pemanfaatan Kecerdasan Buatan (AI) Dalam Analisis Data dan Pengambilan Keputusan Konteks Keamanan Di Jakarta

Konsep dasar AI melibatkan penggunaan teknologi komputer untuk meniru kemampuan manusia dalam memproses data, belajar dari pengalaman, dan membuat keputusan berdasarkan informasi yang diperoleh. Dalam konteks keamanan, AI memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan responsif, dengan memanfaatkan analisis data yang canggih untuk mengidentifikasi pola-pola kejahatan, memprediksi ancaman potensial, dan merumuskan strategi keamanan yang efektif. Definisi istilah kunci seperti "kecerdasan buatan", "analisis data keamanan", dan "pengambilan keputusan berbasis data" akan diberikan untuk memperjelas pembahasan selanjutnya (Levshun & Kotenko, 2022). Selain itu, latar belakang tentang perkembangan AI dalam

konteks keamanan global dan penggunaannya di berbagai sektor juga akan disajikan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pentingnya pemanfaatan AI dalam meningkatkan keamanan di tingkat lokal, seperti di Jakarta.

Kecerdasan Buatan (AI) merujuk pada kemampuan komputer atau mesin untuk meniru perilaku manusia yang cerdas, seperti belajar dari pengalaman, menyesuaikan diri terhadap perubahan, dan membuat keputusan berdasarkan data yang diperoleh. Ada beberapa pendekatan dalam pengembangan AI, termasuk pembelajaran mesin (*machine learning*), jaringan syaraf tiruan (*artificial neural networks*), dan pemrosesan bahasa alami (*natural language processing*). Dalam konteks keamanan, AI dapat digunakan untuk menganalisis data keamanan dari berbagai sumber, seperti rekaman video, data sensor, dan laporan kejahatan, untuk mengidentifikasi pola-pola yang mencurigakan, memprediksi ancaman potensial, dan merumuskan strategi keamanan yang efektif.

Keamanan internasional mencakup studi tentang konflik, ancaman, dan kerjasama antar negara dalam rangka mempertahankan perdamaian dan stabilitas global (Perwita, 2008). Dalam konteks keamanan di Jakarta, keamanan internasional memainkan peran penting karena Jakarta adalah ibu kota negara dan pusat kegiatan politik, ekonomi, dan sosial di Indonesia. Faktor-faktor seperti konflik regional, terorisme global, dan perdagangan ilegal dapat mempengaruhi keamanan domestik (Azizah, 2021), termasuk Jakarta. Oleh karena itu, kebijakan keamanan di Jakarta tidak hanya dipengaruhi oleh faktor-faktor domestik, tetapi juga oleh dinamika keamanan internasional yang lebih luas.

Penerapan AI dalam analisis data keamanan dapat membantu Jakarta dalam menghadapi tantangan keamanan yang kompleks dengan lebih efektif. Dengan menggunakan teknologi AI untuk menganalisis data keamanan dari sumber-sumber yang beragam, Jakarta dapat mengidentifikasi ancaman potensial lebih cepat, merumuskan respons yang lebih tepat waktu, dan meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan keamanan kota. Selain itu, dengan memanfaatkan teknologi AI untuk memantau tren dan perkembangan keamanan internasional, Jakarta dapat mengantisipasi dampak dari peristiwa global yang berpotensi mempengaruhi keamanan di tingkat lokal. Dengan demikian, integrasi antara konsep AI dan keamanan internasional dapat meningkatkan kemampuan Jakarta dalam menjaga keamanan dan stabilitas di wilayahnya.

Aplikasi dan Strategi Praktis Pemanfaatan AI untuk Keamanan di Jakarta

Salah satu contoh aplikasi praktis AI adalah penggunaan sistem pemantauan video berbasis AI untuk mendeteksi perilaku mencurigakan atau kejadian kejahatan di area publik. Misalnya, Jakarta dapat mengimplementasikan teknologi pengenalan wajah secara real-time untuk mengidentifikasi orang-orang yang masuk daftar pencarian atau terlibat dalam kegiatan kriminal. Selain itu, penggunaan algoritma pemrosesan bahasa alami (NLP) dapat membantu pihak berwenang untuk menganalisis dan memahami laporan kejahatan secara lebih efisien. AI dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi kunci dari laporan polisi, pesan sosial media, atau panggilan darurat, sehingga memungkinkan respons yang lebih cepat dan tepat terhadap kejadian kejahatan.

Studi kasus yang relevan mencakup pengalaman kota-kota lain yang telah berhasil menerapkan teknologi AI dalam strategi keamanan mereka. Misalnya, kota-kota seperti New York dan China yang telah berhasil menggunakan sistem pemantauan CCTV berbasis AI untuk mengurangi tingkat kejahatan di area publik dan merespons kejadian kejahatan dengan

lebih cepat.

Pembahasan mengenai keamanan wilayah di era digital menempatkan kecerdasan buatan (AI) menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan efektivitas strategi keamanan. AI memiliki kemampuan untuk memproses data dengan cepat dan akurat, memungkinkan untuk analisis yang lebih mendalam terhadap pola-pola kejahatan dan tren yang mungkin tersembunyi. Di berbagai negara, penerapan AI dalam keamanan telah menghasilkan hasil yang signifikan, mulai dari deteksi dini terhadap ancaman teroris hingga peningkatan efisiensi dalam penegakan hukum dan pemantauan keamanan kota.

Kota besar seperti New York, pada bulan Oktober 2023 kota New York telah meluncurkan kerangka acuan pertama yaitu *Artificial Intelligence (AI) Action Plan*. Rencana ini bertujuan untuk menggunakan AI secara bertanggung jawab dalam pelayanan pemerintah. Rencana ini juga menguraikan cara untuk mengatasi risiko dan mengelola penggunaan alat AI. Pemerintah kota New York telah komitmen untuk mengembangkan teknologi AI untuk meningkatkan kesempatan, meningkatkan keamanan publik, dan meningkatkan fungsi pelayanan pemerintahan di seluruh Kota New York. Untuk mengimplementasikan program ini, Kantor Teknologi dan Inovasi/the Office of Technology and Innovation (OTI) berperan dalam mengimplementasikan solusi AI yang menangani berbagai tantangan yang dihadapi kota (New York City Office of Technology and Innovation, 2023). Seperti inisiatif program Big Apple Connect bertujuan memberikan akses internet cepat ke semua warga New York, serta program LinkNYC yang menawarkan iklan gratis kepada organisasi non profit lokal untuk membantu mereka mencapai audiens yang lebih luas.

Pada bulan Januari 2024, kota New York mendirikan Jaringan Penasihat Kecerdasan Buatan (AI Advisory Network), yang terdiri dari para pemangku kepentingan dari berbagai sektor, untuk mendukung upaya kecerdasan buatan kota secara konsultatif. Jaringan Penasihat ini akan diperbarui seiring dengan perkembangan kebutuhan kota. Langkah ini menunjukkan respons yang proaktif terhadap kemajuan teknologi. Dengan melibatkan pemangku kepentingan dari berbagai sektor, kota berupaya memastikan bahwa pandangan dan masukan yang beragam dapat diperoleh untuk mendukung inisiatif kecerdasan buatan. Pembaruan yang direncanakan terhadap jaringan ini mencerminkan kesadaran akan dinamika yang terus berubah dalam kebutuhan kota terkait teknologi ini. Hal ini menunjukkan keseriusan kota dalam memastikan bahwa penggunaan kecerdasan buatan dapat diintegrasikan secara efektif dalam kebijakan dan praktik kota secara keseluruhan.

Negara seperti Tiongkok telah memanfaatkan teknologi AI untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya keamanan, menganalisis pola-pola kejahatan, dan merumuskan respons yang cepat terhadap situasi darurat. Sistem Kredit Sosial Tiongkok adalah sebuah inisiatif yang mengatur penilaian kredit nasional dan pembentukan daftar hitam di Tiongkok. Tujuannya adalah untuk melacak dan mengevaluasi kepercayaan yang diberikan kepada bisnis, individu, dan lembaga pemerintah. Sejarah sistem ini dapat ditelusuri kembali ke tahun 1980-an, namun secara nyata muncul pada awal tahun 2000-an. Peluncuran Pilot Nasional dilakukan pada tahun 2014, dengan delapan perusahaan penilaian kredit terlibat dalam proses ini. Pengelolaan sistem ini dipegang oleh Komisi Pembangunan dan Reformasi Nasional, Bank Rakyat Tiongkok, serta Mahkamah Agung Rakyat Tiongkok (New York City Office of Technology and Innovation, 2023). Dengan tujuan utama untuk meningkatkan kepercayaan dalam masyarakat dan mengatur bisnis, fokus utama sistem ini adalah pada

bidang keamanan pangan, hak kekayaan intelektual, dan penipuan keuangan. Meskipun demikian, sistem ini tidak lepas dari kontroversi, terutama terkait dengan fragmentasi dan variasi luas dalam penerapannya hingga tahun 2024.

Sistem Kredit Sosial Tiongkok menjadi subjek perdebatan yang intens karena berbagai implikasinya terhadap privasi individu dan kebebasan individu. Meskipun tujuannya adalah untuk meningkatkan kepercayaan dalam masyarakat dan mengatur bisnis, penerapannya telah menimbulkan kontroversi terutama terkait dengan kesenjangan informasi, kesalahan data, dan penggunaan data pribadi secara luas oleh otoritas pemerintah. Meskipun telah berjalan sejak awal 2000-an, sistem ini masih menghadapi tantangan dalam membangun konsistensi dan keadilan dalam penilaiannya (Yang, 2022). Pada tahun 2024, masih ada kekhawatiran tentang sejauh mana sistem ini dapat berkembang dan bagaimana dampaknya pada masyarakat Tiongkok secara keseluruhan.

Di Indonesia sendiri, upaya-upaya telah dilakukan untuk menerapkan teknologi AI dalam keamanan, termasuk di Jakarta, namun masih perlu dilakukan peningkatan dalam penggunaan dan integrasi teknologi ini dalam strategi keamanan yang lebih luas. Dengan terus berkembangnya teknologi AI dan semakin meningkatnya kesadaran akan pentingnya keamanan dalam era digital, penerapan AI dalam konteks keamanan wilayah diharapkan akan terus berkembang dan menjadi semakin penting dalam melindungi kota-kota besar dari berbagai ancaman.

Tantangan dan Potensi Hambatan dalam Pemanfaatan AI untuk Keamanan di Jakarta

Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan infrastruktur teknologi dan sumber daya manusia yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan AI dengan efektif. Jakarta mungkin menghadapi kesulitan dalam membangun infrastruktur yang diperlukan, seperti jaringan sensor yang luas atau pusat pengolahan data yang canggih. Selain itu, pelatihan sumber daya manusia yang memadai untuk mengelola dan menggunakan teknologi AI juga menjadi faktor kunci dalam keberhasilan implementasi.

Selain itu, masalah privasi dan etika juga menjadi perhatian dalam pemanfaatan AI untuk keamanan. Penggunaan teknologi pemantauan yang terlalu invasif atau pengumpulan data yang tidak sah dapat menimbulkan kekhawatiran tentang pelanggaran privasi individu. Jakarta perlu memastikan bahwa penggunaan AI dalam keamanan dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip privasi dan keadilan yang sesuai dengan hukum dan regulasi yang berlaku. Tantangan terkait dengan keandalan dan keamanan sistem AI itu sendiri. Teknologi AI rentan terhadap serangan siber dan manipulasi data yang dapat mengakibatkan kerentanan dalam infrastruktur keamanan. Oleh karena itu, Jakarta perlu mengembangkan sistem keamanan yang kuat dan mengimplementasikan praktik-praktik terbaik dalam mengelola dan melindungi sistem AI dari ancaman tersebut.

Untuk mengatasi tantangan ini, Jakarta dapat mempertimbangkan untuk bermitra dengan perusahaan teknologi dan lembaga riset untuk membangun infrastruktur teknologi yang diperlukan dan memberikan pelatihan kepada sumber daya manusia. Selain itu, pihak berwenang perlu melibatkan masyarakat dan pemangku kepentingan dalam proses pengembangan kebijakan terkait penggunaan AI untuk keamanan, untuk memastikan bahwa implementasi dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan dan kepentingan semua pihak yang terlibat. Dengan mengatasi tantangan ini, Jakarta dapat memaksimalkan potensi AI

dalam meningkatkan keamanan kota secara efektif dan berkelanjutan.

Tren Masa Depan dan Perkembangan dalam Pemanfaatan AI untuk Keamanan di Jakarta

Di Jakarta, sebagai salah satu kota metropolitan terbesar di Asia Tenggara, muncul berbagai ancaman potensial dan dinamika konflik yang memengaruhi stabilitas dan keamanan wilayah. Pertumbuhan pesat populasi dan urbanisasi telah menghadirkan tantangan baru terkait dengan kriminalitas urban, termasuk pencurian, perampokan, dan kejahatan jalanan lainnya yang mengancam ketertiban umum. Selain itu, ketegangan sosial-ekonomi menjadi isu penting dalam konteks keamanan, dengan ketimpangan ekonomi dan ketidaksetaraan sosial yang dapat memicu ketegangan antar kelompok masyarakat. Ketegangan etnis dan agama juga merupakan faktor yang memperumit dinamika sosial di Jakarta, dengan perbedaan identitas dan persepsi yang dapat memicu konflik antarkelompok. Ancaman terorisme juga menjadi perhatian utama, mengingat Jakarta sebagai pusat politik, ekonomi, dan budaya di Indonesia. Serangan teroris dapat terjadi sebagai respons terhadap ketegangan politik atau ideologi, atau sebagai upaya untuk menciptakan ketakutan dan mengganggu stabilitas sosial. Selain itu, Jakarta juga menghadapi tantangan lingkungan yang signifikan, seperti banjir, polusi udara, dan penurunan kualitas air, yang dapat memicu konflik terkait dengan akses sumber daya alam dan dampak kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Pemahaman yang mendalam tentang ancaman potensial dan dinamika konflik ini penting untuk pengembangan strategi keamanan yang efektif dan responsif terhadap kondisi yang terus berubah di Jakarta.

Salah satu tren yang mungkin terjadi adalah peningkatan dalam penggunaan teknologi AI yang terintegrasi dengan *Internet of Things (IoT)*. Dengan memanfaatkan sensor dan perangkat yang terhubung secara online, Jakarta dapat mengembangkan sistem pemantauan keamanan yang lebih canggih dan responsif. Contohnya, penggunaan sensor pintar untuk mendeteksi kebakaran atau intrusi dapat memungkinkan respon yang lebih cepat dan efektif dari pihak berwenang. Selain itu, perkembangan dalam bidang pemrosesan bahasa alami (NLP) dan pengenalan pola (pattern recognition) dapat meningkatkan kemampuan AI dalam menganalisis data keamanan dari berbagai sumber, termasuk teks, suara, dan gambar. Hal ini dapat membantu Jakarta dalam mendeteksi ancaman potensial dengan lebih akurat dan mengambil tindakan pencegahan yang sesuai.

Namun, dengan perkembangan teknologi AI yang pesat juga muncul beberapa dampak yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah masalah keamanan cyber yang semakin kompleks, termasuk ancaman seperti serangan ransomware dan manipulasi data. Jakarta perlu meningkatkan upaya dalam mengamankan sistem AI dan melindungi data keamanan dari serangan siber yang berpotensi merugikan. Pertimbangan etika dan privasi juga akan menjadi perhatian yang semakin besar di masa depan. Jakarta harus memastikan bahwa penggunaan teknologi AI dalam keamanan dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip privasi dan keadilan, serta memastikan bahwa keputusan yang dihasilkan oleh sistem AI tidak diskriminatif atau tidak adil terhadap individu atau kelompok tertentu.

KESIMPULAN

Kehadiran kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI) memiliki peran penting dan memberikan tantangan tersendiri dalam konteks keamanan suatu negara di era digital. Tulisan ini berfokus pada analisis penggunaan AI untuk menganalisis data dan pengambilan keputusan dalam kajian keamanan di Jakarta. Penelitian ini akan mengidentifikasi peran AI dalam memahami dinamika keamanan untuk memperkuat keamanan di wilayah DKI Jakarta. Teori keamanan internasional digunakan untuk menganalisis faktor-faktor keamanan di wilayah Jakarta, termasuk tren kejahatan, ancaman potensial, dan dinamika konflik. Teori pengambilan keputusan digunakan sebagai pisau analisis dalam konteks keamanan dan bagaimana faktor-faktor seperti ancaman, kepentingan, dan respon diintegrasikan. Dengan mengidentifikasi tren dan pola keamanan wilayah di Jakarta, penelitian ini memiliki hipotesis bahwa AI dapat dimaksimalkan untuk menjadi alat dan informasi yang diperlukan bagi pengambil kebijakan untuk mengelola keamanan kota secara lebih efektif, proaktif, dan responsif terhadap perubahan kondisi keamanan. Penelitian ini adalah penelitian kualitatif, data yang digunakan adalah data primer dan sekunder dari sumber kredibel dan bereputasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pertimbangan tambahan bagi pengembangan strategi keamanan di Jakarta.

Pembahasan dalam bab ini mencakup berbagai aspek penting mengenai pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan keamanan di Jakarta. Penelitian ini menyoroti potensi AI dalam mempercepat respons keamanan, meningkatkan efisiensi sistem tanggap darurat, dan mendeteksi potensi ancaman dengan lebih cepat. Namun, diperlukan regulasi yang ketat untuk mengatasi risiko pelanggaran privasi individu dan untuk mengurangi potensi kesalahan serta bias dalam penggunaan teknologi AI. Penting untuk memperhatikan tantangan etika yang terkait dengan penerapan AI dalam keamanan publik, termasuk perlindungan hak asasi manusia dan penanggulangan diskriminasi. Dalam konteks yang lebih luas, topik ini memiliki dampak yang signifikan dalam upaya menjaga stabilitas dan ketertiban di lingkungan perkotaan yang semakin kompleks seperti Jakarta. Pembaca diharapkan dapat mengambil beberapa tindakan penting, antara lain memperkuat regulasi terkait dengan penggunaan AI dalam keamanan, memastikan perlindungan privasi individu, dan mempertimbangkan implikasi etika dalam pengambilan keputusan terkait keamanan publik. Pertanyaan diskusi yang mendorong refleksi lebih lanjut dapat meliputi sejauh mana teknologi AI dapat digunakan secara efektif tanpa mengorbankan privasi individu, bagaimana mengatasi potensi bias dalam algoritma AI, dan bagaimana mengembangkan kerangka regulasi yang sesuai dengan perkembangan teknologi AI di masa depan. Dorongan untuk menganalisis secara kritis konsep-konsep yang disajikan akan membantu pembaca dalam memahami kompleksitas dan dampak penggunaan AI dalam konteks keamanan kota Jakarta, serta dalam mengidentifikasi solusi yang tepat dalam mengatasi tantangan yang dihadapi.

SARAN

Demi Meningkatkan Keamanan Kota Jakarta Melalui Pemanfaatan Teknologi Kecerdasan Buatan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta perlu berupaya menjaga keamanan dan ketertiban di ibu kota. Kami merekomendasikan penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk memperkuat strategi keamanan kota. Pertama, perlu dilakukan investasi dalam infrastruktur teknologi yang memadai, termasuk jaringan sensor, sistem pemrosesan data, dan pusat kontrol keamanan yang terintegrasi. Hal ini akan memungkinkan pengumpulan, analisis, dan tindak lanjut terhadap data keamanan dengan lebih efisien dan responsif.

Kedua, diperlukan kerja sama lintas sektor dan lintas lembaga dalam pengembangan dan implementasi teknologi AI untuk keamanan. Pemerintah Provinsi perlu bermitra dengan pihak swasta, institusi riset, dan lembaga internasional untuk berbagi sumber daya, pengalaman, dan keahlian dalam mengembangkan solusi AI yang sesuai dengan kebutuhan Jakarta.

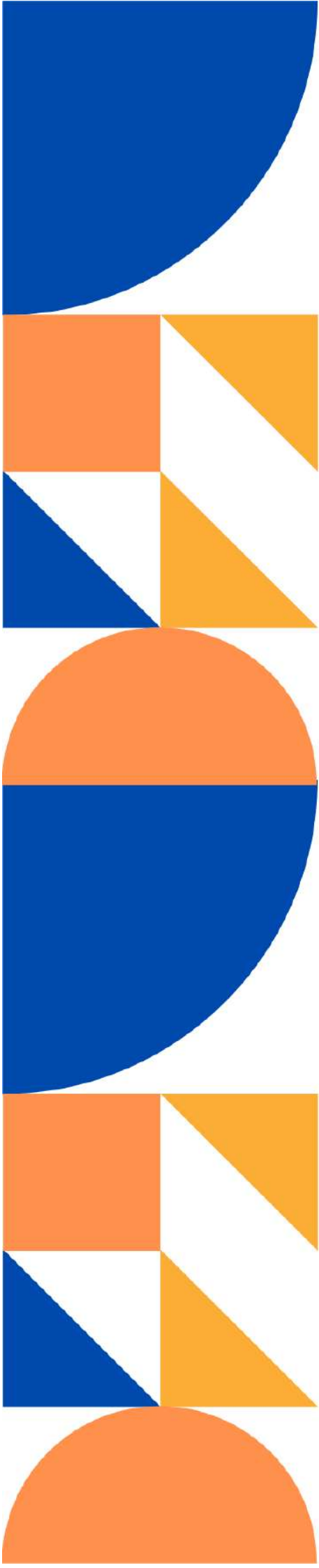
Selanjutnya, penting untuk memperhatikan aspek privasi dan keadilan dalam penggunaan teknologi AI untuk keamanan. Pemerintah Provinsi harus memastikan bahwa pengumpulan dan pengolahan data keamanan dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip privasi individu serta menghindari diskriminasi terhadap kelompok tertentu dalam analisis dan pengambilan keputusan.

Selain itu, diperlukan peningkatan kapasitas sumber daya manusia dalam mengelola dan menggunakan teknologi AI untuk keamanan. Pelatihan dan pendidikan tentang konsep AI, analisis data, dan etika teknologi perlu diselenggarakan secara teratur untuk memastikan bahwa personil yang bertanggung jawab atas keamanan kota memiliki keterampilan yang diperlukan dalam mengoperasikan dan mengelola sistem AI dengan baik.

Terakhir, perlu dilakukan evaluasi dan pemantauan secara berkala terhadap implementasi teknologi AI untuk keamanan di Jakarta. Dengan mengukur efektivitas, keandalan, dan dampaknya terhadap keamanan kota, Pemerintah Provinsi dapat melakukan penyesuaian dan peningkatan yang diperlukan untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi AI memberikan manfaat yang maksimal bagi keamanan dan kesejahteraan warga Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, R. Z. H. (2021). Mendefinisikan Kembali Konsep Keamanan dalam Agenda Kebijakan Negara-Bangsa. *Jurnal Diplomasi Pertahanan*, 6(3). <https://doi.org/10.33172/jdp.v6i3.666>
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2023, September 20). Statistik kriminalitas provinsi DKI Jakarta 2022. Badan Pusat Statistik Provinsi Dki Jakarta. <https://jakarta.beta.bps.go.id/id/publication/2023/09/20/0584f8688e0f27279794c8d2/statistik-kriminalitas-provinsi-dki-jakarta-2022.html>
- Iyer, S. (2024, February 11). China social credit system explained - How it works [2024]. Horizons. <https://joinhorizons.com/china-social-credit-system-explained/>
- Levshun, D., & Kotenko, I. (2022). A survey on artificial intelligence techniques for security event correlation: Models, challenges, and opportunities. Research Square Platform LLC. <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-1975426/v1>
- New York City Office of Technology and Innovation. (2023). NYC Office of Technology and Innovation. OTI. <https://www.nyc.gov/content/oti/pages/artificial-intelligence>
- Perwita, A. A. B. (2008). Dinamika Keamanan Dalam Hubungan Internasional dan Implikasinya Bagi Indonesia. Universitas Katholik Parahyangan.
- Yang, Z. (2022, November 22). China just announced a new social credit law. Here's what it means. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2022/11/22/1063605/china-announced-a-new-social-credit-law-what-does-it-mean/>



PERENCANAAN DAN ZONASI WILAYAH BERKELANJUTAN DENGAN PEMANFAATAN SEGMENTASI SEMANTIK PENUTUP LAHAN BERBASIS DEEP LEARNING

**Herlawati^{1*}, Yaya Heryadi², Haryono Soeparno³,
Rahmadya Trias Handayanto⁴**

¹ Universitas Bhayangkara Jakarta

^{2,3} Bina Nusantara University Jakarta

⁴ Universitas Islam 45 Bekasi

e-mail: herlawati@dsn.ubharajaya.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam penerapannya ilmu pengetahuan dan teknologi saling terkait antara satu bidang ilmu dengan bidang ilmu lainnya. Dalam perencanaan wilayah, ahli di bidang Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) bekerja sama dengan bidang Pengindraan Jarak Jauh dan Sistem Informasi Geografis (PJJ-SIG), dan bidang Ilmu Komputer. Perencanaan yang tepat sangat dibutuhkan untuk wilayah di sekitar kota mengingat kota dipersepsikan sebagai daerah yang paling banyak kontribusinya terhadap kerusakan lingkungan (Brinkhoff, 2017). Dari sisi tata kota sendiri banyak kontroversi apakah penataan wilayah itu harus mengikuti pola tertentu (zonasi) atau bentuk yang lain (Alexander, 1992). Terlepas dari itu semua, sebagian besar ahli tata kota menyetujui konsep *Public Private Partnership (PPP)* karena melibatkan tidak hanya pihak pemerintah melainkan juga swasta (Etten, 2002), walaupun dalam praktiknya banyak juga penyimpangan yang terjadi mengingat agak sulitnya membedakan antara pemerintah dan swasta yang terkadang diwakilkan oleh pihak yang sama. Dalam praktiknya penataan wilayah memerlukan bidang ilmu lain guna menghasilkan rancangan tata kota yang tepat dan memenuhi harapan dari semua pihak.

Untuk menghasilkan rancangan yang tepat diperlukan informasi yang sesuai, salah satunya adalah citra satelit yang saat ini mudah didapat, misalnya citra satelit Landsat yang diunduh dari situs resmi *United States Geological Survey (USGS)*. Penggunaan citra satelit memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah dari sisi objektivitas, mengingat data spasial ini tidak dipengaruhi oleh interpretasi manusia. Namun untuk mengolahnya diperlukan bidang PJJ-SIG agar mampu mengolah data spasial dari sensor satelit menjadi data yang siap pakai mulai dari proses pemilihan tanggal tangkapan satelit, pemilihan kanal spektral, hingga pemotongan citra satelit sesuai dengan area penelitian, untuk studi kasus bab ini dipilih kota Karawang, Jawa Barat, Indonesia yang sedang berkembang pesat. Beberapa aplikasi sudah banyak digunakan mulai dari yang berbayar seperti ArcGis (Fu, 2019), IDRISI (Eastman, 2012), eCognition (Martini & Miller, 2021), hingga yang *open source* seperti Quantum GIS (QGIS) dan bahasa pemrograman Python.

Perkembangan teknologi informasi baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak saat ini sangat cepat. Penerapan *Artificial Intelligence (AI)* saat ini telah merambah segala bidang mulai dari kedokteran, ekonomi, sains, dan bidang-bidang lainnya tidak terkecuali bidang PJJ SIG. Jika sebelumnya pengolahan data spasial hanya memanfaatkan model matematika dan statistik, saat ini sudah mulai memanfaatkan AI yang dipelopori oleh Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan memanfaatkan perkembangan perangkat keras dari sisi *Graphic Processing Unit (GPU)* maupun perangkat lunak berbasis Jaringan Syaraf Tiruan berlapis banyak (*Deep Neural Network*) atau yang dikenal dengan nama *Deep Learning*. Metode ini dalam implementasinya memiliki banyak model sesuai dengan data yang diolah (video, citra, suara, teks, dan sinyal). Untuk bidang PWK data yang dibutuhkan adalah citra, khususnya citra satelit.

Data spasial merupakan data yang melibatkan koordinat wilayah dan informasi terkait wilayah tersebut. Diperlukan pemahaman koordinat lintang dan bujur beserta proyeksi standar yang digunakan. Selain itu bab ini membahas penutup lahan, yakni aspek bio fisik suatu area misalnya hutan, pertanian, pemukiman, air, dan lain-lain (Anderson, Hardy, & Roach, 1976). Untuk menghasilkan peta yang menampilkan informasi penutup lahan diperlukan proses yang cukup panjang dengan melibatkan metode dan alat/aplikasi yang akurat. Peta penutup lahan yang tepat sangat menentukan keberhasilan perencanaan wilayah dan kota. Untuk kota Jakarta dalam perkembangannya sangat dipengaruhi oleh wilayah-wilayah di sekitarnya. Oleh karena itu penelitian yang membahas perencanaan wilayah di sekitar kota Jakarta sangat penting. Pada penelitian ini tersedianya peta penutup lahan dilakukan lewat proses segmentasi cepat berdasarkan tipenya dari citra satelit multispektral.

Dikenal beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan oleh *Deep Learning* antara lain: Klasifikasi, Klasterisasi, dan Optimalisasi. Sementara itu ada beberapa varian dari klasifikasi, mulai dari klasifikasi objek, deteksi objek, dan segmentasi objek. Jenis klasifikasi yang dapat dimanfaatkan oleh perencana wilayah adalah segmentasi dimana satu region yang terdiri dari beberapa piksel harus ditentukan tipe penutup lahannya (klasifikasi berbasis piksel).

Segmentasi semantik yang selama ini dimanfaatkan oleh perencana wilayah dan kota dalam menghasilkan peta penutup lahan adalah dengan melakukan dua tahap proses, antara lain klasterisasi dan klasifikasi. Tahap klasterisasi memanfaatkan kemiripan antara satu piksel dengan piksel lainnya terhadap beberapa kanal spektral citra satelit. Metode terkenal yang digunakan dalam proses klasterisasi citra satelit ini adalah *Iterative Self-Organizing Clustering (ISOCCLUS)* yang tersedia pada aplikasi vertikal, misalnya IDRISI/TerrSet dan eCognition. Aplikasi vertikal adalah kebalikan dari aplikasi umum dimana pada aplikasi vertikal pengguna harus mengetahui terlebih dahulu konsep-konsep yang mendasari pengolahannya. Proses klasterisasi berlangsung secara otomatis dalam beberapa menit tergantung dari ukuran area penelitian. Hasilnya berupa warna-warna berdasarkan tipe penutup lahan, namun hasil pengolahan tidak memberikan informasi apapun apakah satu warna tersebut masuk kategori pertanian, hutan, pemukiman, dan tipe lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan proses lanjutan yang dikenal dengan istilah Klasifikasi Ulang (*Reclassification*) dimana operator perlu mendefinisikan warna-warna tertentu terhadap tipe penutup lahan yang sesuai secara visual. Di sini diperlukan kemahiran pengguna dalam membedakan satu warna dengan warna lainnya. Setelah mendefinisikan warna sesuai dengan tipe penutup lahannya (biasanya beberapa warna digabung karena tipe lahan yang sama) dilakukan proses klasifikasi ulang. Karena adanya unsur keterlibatan operator aplikasi terkadang proses tersebut disebut semi otomatis. Waktu yang diperlukan pun cukup lama dari hitungan menit hingga jam, mengingat beberapa kali terkadang diproses ulang jika secara visual ada yang salah ketika dicek.

Penelitian ini akan memperkenalkan metode terkini (*State of the Art*) yang memproses citra satelit yang sudah diproses awal (dipotong sesuai dengan area penelitian) menjadi peta penutup lahan langsung dengan memanfaatkan metode *Deep Learning* dengan cepat dan akurat. Hal ini sangat membantu praktisi PJJ-SIG dan PWK dalam merencana wilayah

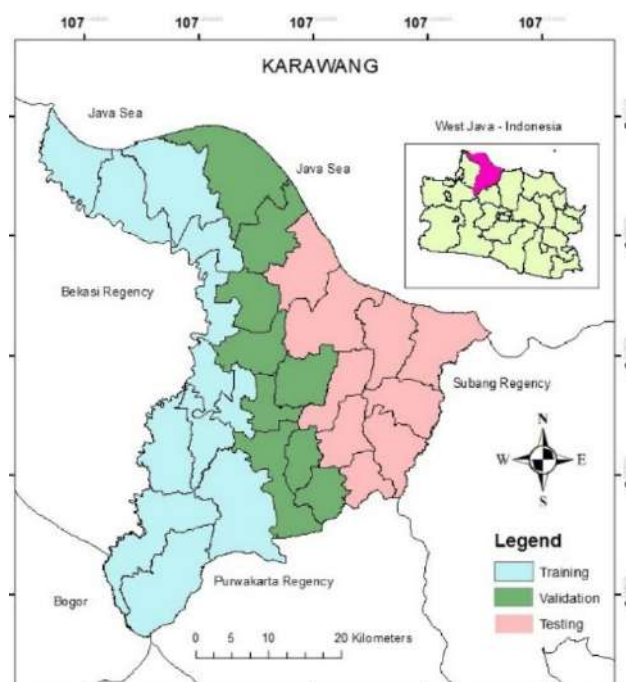
mengingat prosesnya menggabungkan tahap klusterisasi dan klasifikasi menjadi hanya satu kali proses yakni segmentasi semantik. Karena tidak diperlukan proses klasifikasi ulang yang membutuhkan *skill* operator, aplikasi usulan dapat mempermudah proses pembuatan peta penutup lahan, bahkan dapat dilakukan oleh pengguna yang buta warna, dalam waktu tidak sampai satu menit.

Dalam proses segmentasi semantik diperlukan metode-metode yang saat ini banyak dipakai, antara lain U-Net, DeepLab v3+, dan metode-metode segmentasi semantik lainnya. Metode-metode tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan. Untuk itu penelitian ini memperkenalkan metode *State of the Art* yang menggabungkan keunggulan U-Net dan DeepLab v3+. Sebuah *Graphic User Interface* (GUI) yang mempermudah pengguna dalam memanfaatkan aplikasi usulan akan dijelaskan, termasuk penerapannya untuk zonasi wilayah.

PEMBAHASAN

Data dan Metode

Situs USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) menyediakan citra satelit untuk permukaan bumi di seluruh dunia disertai waktu tangkapan. Jenis sensor yang dipilih adalah Landsat 8 dengan waktu tangkapan tahun 2020.

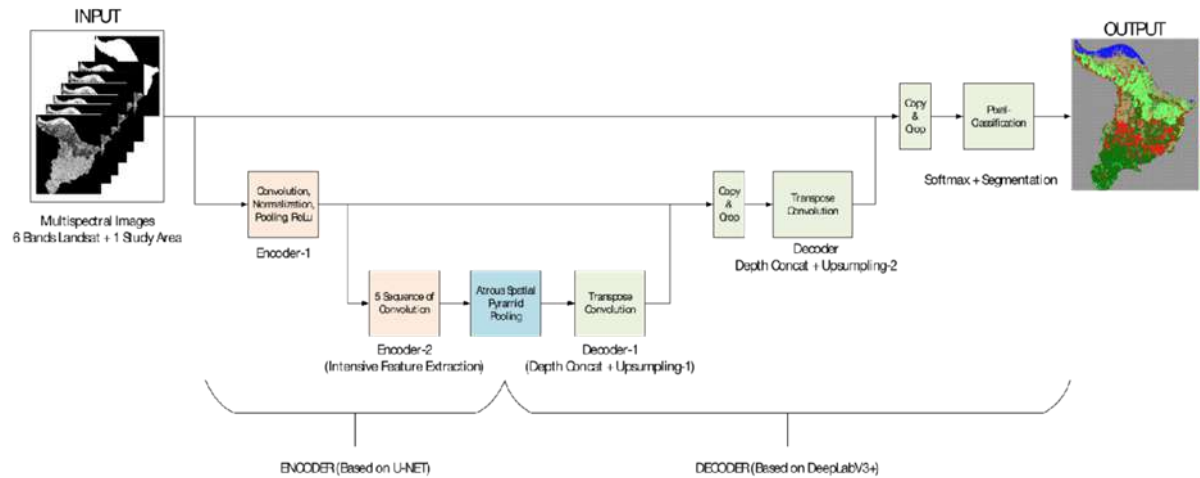


Gambar 1. Area Penelitian

Data *Ground Truth* diperoleh dengan segmentasi secara semi otomatis untuk keperluan *training*, *testing* dan validasi. Selanjutnya data spasial ini dibagi menjadi data *training*, data *testing*, dan data validasi. Pembagian dibuat sedapat mungkin mewakili lima tipe penutup lahan yang akan digunakan (pertanian, hutan, urban, *wetland*, dan perairan).

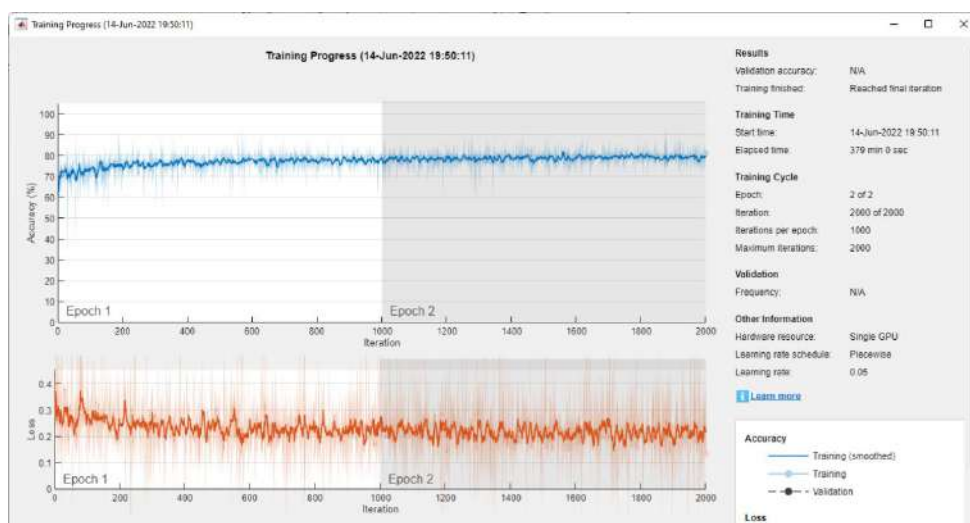
Tiga model disiapkan untuk proses *training*, antara lain U-Net (Ronneberger, Fischer, & Brox, 2015), DeepLabv3+ (L. C. Chen, Papandreou, Kokkinos, Murphy, & Yuille, 2018), dan model

usulan Modified-UNet (Herlawati, Abdurachman, Heryadi, & Soeparno, 2023). Gambar 2 memperlihatkan model Modified-UNet.



Gambar 2. Model Modified-UNet

Model usulan memanfaatkan ketangguhan ekstraksi fitur U-Net yang di sini digabungkan dalam satu modul *intensive feature extraction* dan ketangguhan Atrous Spatial Pyramid Pooling (ASPP) dari DeepLabv3+ yang diletakan di bagian *bottleneck*. ASPP sangat bermanfaat karena dapat mendeteksi objek dengan rentang ukuran yang berbeda, dan dari riset terdahulu ASPP mampu meningkatkan kecepatan proses inferensi (L.-C. Chen, Zhu, Papandreou, Schrof, & Adam, 2018).



Gambar 3. Proses *Training* Modified-UNet

Gambar 3 memperlihatkan proses *training* berlangsung sekitar tujuh jam dengan aplikasi Matlab 2021a. Hasil akurasi ditunjukkan pada Tabel 1 yang menampilkan jumlah parameter, akurasi, ukuran memori, dan kecepatan proses inferensi. Modified-UNet lebih akurat dan cepat dibanding model *benchmark*. U-Net yang memang cocok untuk data citra medis lebih lambat (delapan menit) dibanding model DeepLabv3+ dan Modified-UNet yang sama-sama membutuhkan waktu kurang dari 1 menit (20 detik). Jumlah parameter dan ukuran memori juga menjadi aspek penting untuk implementasi. Aplikasi ini disertakan pula file instalasi sehingga dapat digunakan oleh komputer lain yang tidak memiliki Matlab di dalamnya. Proses

instalasi melibatkan pengunduhan Matlab Runtime yang bebas diunduh dari situs resmi Matlab (www.mathworks.com).

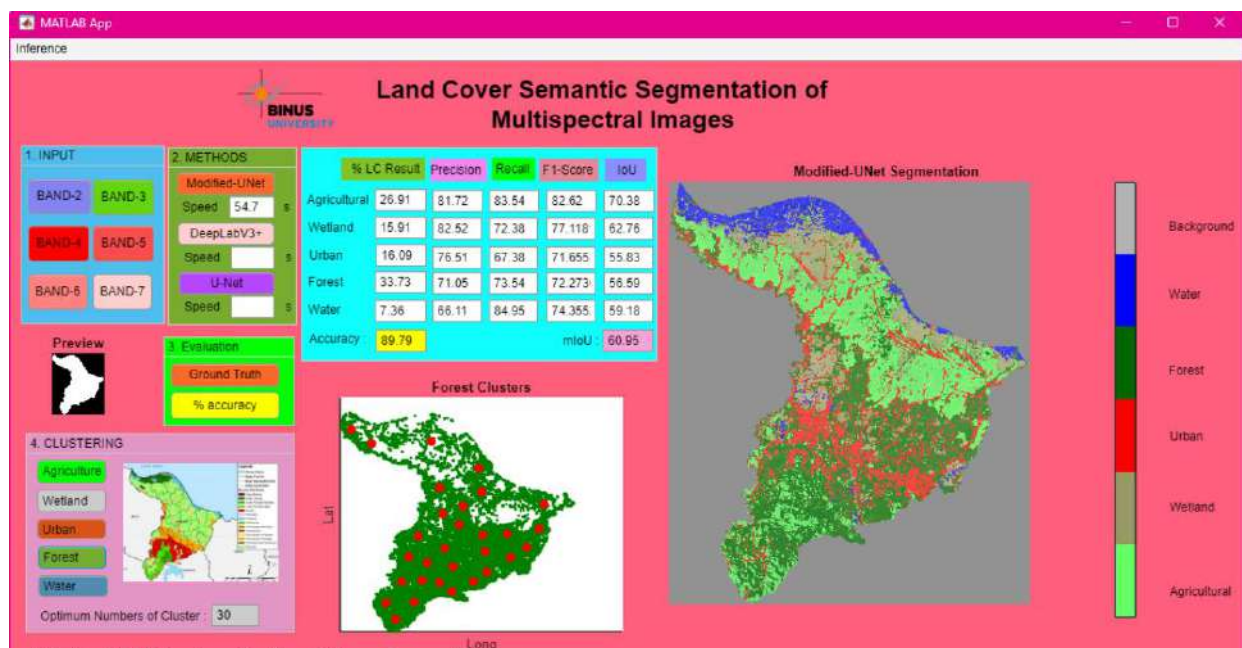
Tabel 1. Performa U-Net, DeepLabV3+, dan Modified-UNet*

Model	# Params	Accuracy (%)	Size in Memory	Inference (second)
U-Net	31.0 M	94.473	110.1 Mb	439.08
DeepLabV3+	20.6 M	95.184	48.4 Mb	20.77
Modified-UNet	20.6 M	95.438	48.4 Mb	20.77

*Tulisan tebal menyatakan hasil terbaik

Aplikasi

Untuk memudahkan penggunaan, sebuah aplikasi berbasis Desktop dengan GUI yang ditunjukkan pada Gambar 3. Masukan kanal spektral (Band) dari Band-2 sampai Band-7 selanjutnya diproses menjadi keluaran berupa peta segmentasi tipe pertanian, *wetland*, urban, hutan dan perairan.

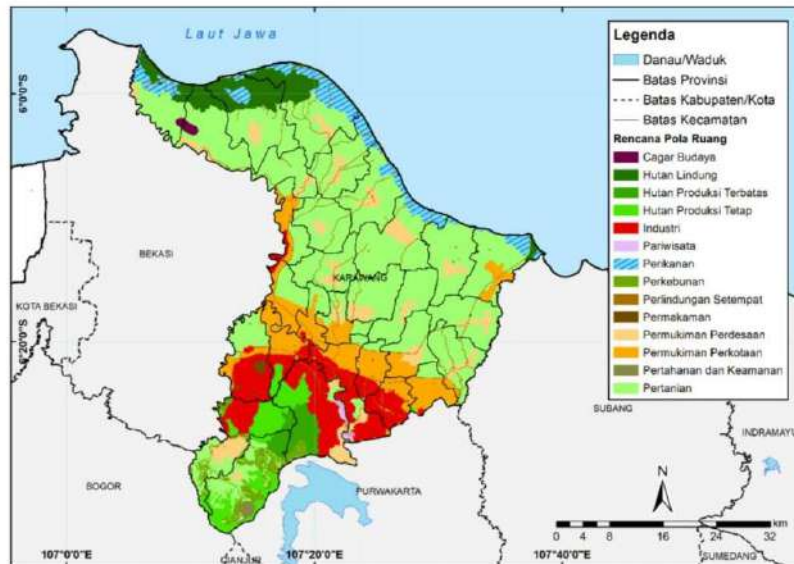


Gambar 3. Aplikasi Segmentasi Penutup Lahan

Bagian klusterisasi bermaksud mencari titik pusat tiap-tiap penutup lahan. Hasilnya dapat dimanfaatkan untuk mengetahui pusat dari tipe lahan tertentu, misalnya untuk wilayah urban dapat digunakan untuk mengetahui lokasi yang tepat untuk zona komersial, pemukiman, atau lokasi bangunan vertikal. Jumlah pusat kluster juga menentukan kepadatan, misalnya untuk wilayah urban menentukan pemukiman padat, sedang atau rendah.

Selain menampilkan hasil segmentasi di GUI, hasilnya juga muncul dalam jendela baru yang dapat disimpan dalam bentuk citra (*.jpg). Hasilnya dapat ditampilkan dalam aplikasi SIG,

misalnya ArcGIS atau QGIS. Persentase tiap-tiap tipe penutup lahan juga tampil dalam GUI tersebut. Akurasi muncul jika citra yang akan disegmen memiliki ground truth, tetapi jika tidak ada *ground truth* yang diunggah di bagian input maka hasilnya hanya berupa peta penutup lahan yang sudah tersegmentasi lengkap beserta persentasenya. Hasil segmentasi wilayah Karawang sesuai dengan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) seperti gambar 4.



Gambar 4. Rencana Tata dan Wilayah Karawang 2011 – 2031

Tantangan dan Hambatan

Indonesia merupakan wilayah beriklim tropis dengan dua musim (musim kemarau dan musim penghujan). Namun demikian tiap daerah memiliki karakteristik sendiri, misalnya di daerah perkotaan mungkin tidak terdapat *wetland* yaitu perairan dengan ekosistem biota lengkap yang ada di dalamnya. Untuk mengatasinya maka untuk memperoleh hasil yang akurat perlu dilakukan proses *training* ulang dari data di wilayah tersebut, atau wilayah lain yang struktur penutup lahannya mirip, misalnya Kalimantan untuk hutan, wilayah NTT untuk padang rumput dan jenis penutup lahan khas tertentu. Termasuk juga jika model ini akan digunakan untuk wilayah lain di luar negeri dengan empat musim maka perlu melakukan *training* ulang agar bisa menyegmen tipe penutup lahan khusus seperti salju dan gurun.

Tantangan lainnya seperti data yang kurang akurat untuk musim penghujan dimana awan menutupi sebagian besar wilayah di tanah air. Namun beberapa aplikasi sudah mampu memisahkan awan. Mengingat jumlah daerah di Indonesia, kecepatan proses sangat diperlukan, sehingga aplikasi ini layak dimanfaatkan untuk wilayah lain, misalnya daerah Bandung (Tarigan et al., 2016) dengan dataran tingginya maupun wilayah lain yang rawan untuk peneliti dari sisi keamanan, misalnya Papua.

Tren Masa Depan

Kota Jakarta yang berulang tahun setiap tanggal 22 Juni sudah berusia hampir 500 tahun. Banyak tantangan yang harus dihadapi, khususnya masalah tata ruang dan wilayah. Salah satu keterbatasan kota ini adalah kurangnya tipe penutup lahan vegetasi yang berdampak

pada kurangnya suplai oksigen serta kualitas udara yang rendah. Keberadaan wilayah penyangga menjadi sangat penting, padahal fenomena *post-suburbanization* dimana wilayah penyangga Jakarta mulai mengalami pertumbuhan pesat yang dikhawatirkan mengalami problem-problem yang sama. Oleh karena itu peran perencanaan wilayah dan kota di tiap-tiap daerah penyangga kian penting. Perlu adanya dukungan berupa sistem yang mempermudah pemantauan peta penutup lahan, salah satunya adalah dengan bantuan *artificial intelligence* dalam hal ini memanfaatkan model *deep learning* dalam proses pembuatan peta sebaran penutup lahan yang diterapkan oleh pemda-pemda di sekitar Daerah Khusus Jakarta yang memanfaatkan citra satelit Landsat.

Salah satu keunggulan citra satelit Landsat adalah tersedianya data dari waktu ke waktu. Perencana wilayah dan kota perlu mengetahui data tersebut agar dapat mengantisipasi dampaknya di masa yang akan datang. Untuk memprediksi kondisi penutup lahan di tahun-tahun yang akan datang diperlukan data *history* yang belum tentu dimiliki oleh tiap daerah. Dengan citra satelit Landsat kita dapat mengetahui secara lengkap tangkapan satelit dari waktu ke waktu dengan model yang dikenal dengan model perubahan lahan (*Land Change Modeler*).

Untuk keberlangsungan kota Jakarta di masa yang akan datang, pemanfaatan Model perubahan lahan sangat penting dimana model ini dapat memprediksi peta sebaran penutup lahan untuk beberapa tahun ke depan dengan beragam skenario yang dipilih. Skenario yang terbaik menghasilkan kebijakan terkait faktor-faktor pendukung (*driving factors*) yang berpengaruh terhadap kualitas hidup penduduk kota Jakarta di masa yang akan datang.

Penelitian ini fokus pada citra satelit Landsat dengan kanal spektral 2 hingga 7 dan dapat dikembangkan untuk kanal spektral yang lain. Untuk problem lainnya misalnya mengetahui kualitas udara beserta suhu dapat memanfaatkan kanal spektral 9 dan 10. Juga untuk mengetahui garis pantai dan perubahannya perlu memanfaatkan kanal spektral 1 yang diperuntukan untuk garis pantai (*coastal area*) yang penting untuk pertahanan dan keamanan regional di wilayah Indonesia khususnya yang berbatasan dengan negara tetangga (Singapura, Malaysia, dan Timor Leste).

KESIMPULAN

Kota-kota kecil di Indonesia, khususnya di pulau Jawa, misalnya Bekasi dan Karawang, merupakan hasil perkembangan dari desa yang terletak di pinggiran kota-kota besar. Dalam penentuan kebijakan penataan wilayah, Indonesia menggunakan prinsip Public Private Partnership (PPP) yang melibatkan masyarakat, pemerintah, dan swasta. Untuk itu diperlukan informasi dari data yang kredibel dan objektif, sehingga keputusan yang diambil tepat dan sesuai sasaran. Salah satu informasi yang kredibel dan objektif adalah dari sisi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang diambil dari citra satelit, salah satunya Landsat yang dapat diakses dari situs United States Geological Survey (USGS) Amerika Serikat. Dengan resolusi yang cukup untuk cakupan tingkat provinsi (30 meter), citra Landsat dapat digunakan untuk mengetahui kelas-kelas segmen lahan, antara lain: bangunan, pertanian, hutan, air, dan sejenisnya yang kemudian dapat dimanfaatkan untuk melakukan zonasi wilayah yang tepat. Segmentasi semantik penutup lahan dari citra satelit saat ini sebagian besar berbasis statistik dan semi otomatis, misalnya Object-Based Image Anaysis (OBIA), Iterative Self-Organizing Clustering (ISOCCLUS), dan sejenisnya. Metode-metode tersebut membutuhkan waktu proses dan keahlian bagi operator sehingga membutuhkan waktu lama ketika diminta melakukan proses segmentasi untuk beberapa tangkapan waktu yang berbeda untuk melihat tren perubahan yang terjadi. Deep learning dengan proses pembelajarannya menghasilkan model cerdas yang dalam implementasinya tidak memerlukan keahlian khusus operator dan prosesnya sangat cepat. Beberapa metode segmentasi semantik yang diulas dalam artikel ini antara lain U-Net, DeepLabv3+ dan Modified-Unet, metode yang merupakan metode penggabungan dari keunggulan masing-masing metode baseline tersebut. Standar pemodelan Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) akan dibahas dimulai dari business understanding, data understanding, modelling, evaluation, hingga deployment berupa aplikasi desktop segmentasi semantik terhadap data satelit Landsat 8 dengan enam kanal frekuensi. Selain segmentasi semantik, artikel ini juga membahas bagaimana segmentasi semantik dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan zonasi wilayah dan dapat juga untuk mengevaluasi perencanaan wilayah yang saat ini berlaku. Mengetahui kondisi di sekitar Jakarta merupakan salah satu strategi untuk menjaga kondisi wilayah Jakarta dari kondisi yang tidak diharapkan di masa depan.

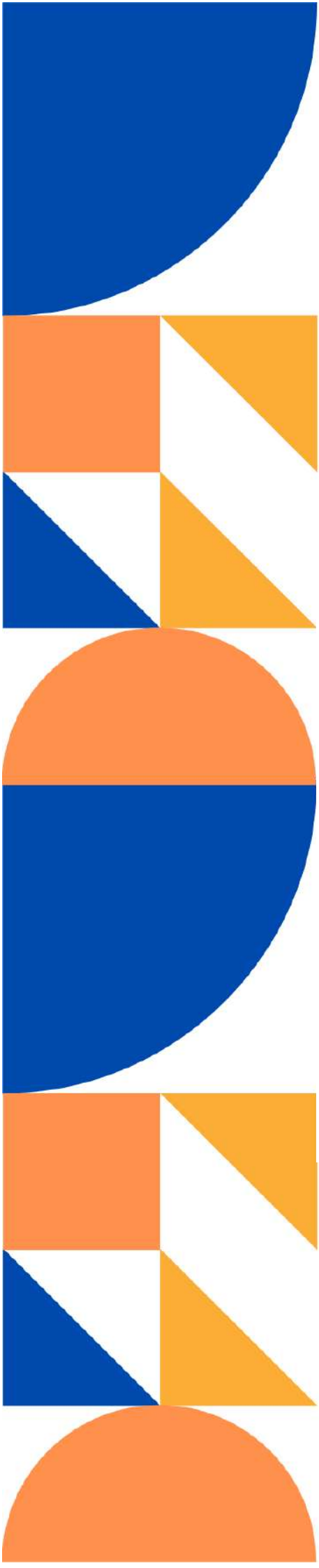
1. Model *Deep Learning* dapat membantu perencanaan wilayah dan kota dalam menghasilkan peta penutup lahan dengan cepat dan akurat disbanding metode sebelumnya yang hanya mengandalkan matematika dan statistika.
2. Model yang dibahas dapat diterapkan di wilayah lain di Indonesia, dan cocok untuk wilayah yang sulit untuk melakukan survey langsung.
3. Model usulan dapat diimplementasikan untuk problem lain selain penutup lahan, misalnya untuk memetakan kualitas udara di wilayah Daerah Khusus Jakarta.
4. Model dapat dilatih untuk mengetahui tipe penggunaan lahan, misalnya untuk wilayah urban bisa dibedakan lagi menjadi pemukiman, sekolah, industri, dan tipe-tipe spesifik lainnya.
5. Dengan mengetahui data citra satelit dari waktu ke waktu, model juga dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu, kualitas udara, hingga kenaikan garis pantai dengan memanfaatkan kanal spektral Landsat 8 dari band 1 hingga 13.

SARAN

Provinsi Daerah Khusus Jakarta merupakan provinsi dengan persentase tipe penutup lahan urban yang besar tetapi tipe vegetasi yang sangat minim. Oleh karena itu daerah penyangga Jakarta perlu dipantau, khususnya kondisi vegetasi yang berperan sebagai paru-paru kota dengan memanfaatkan kanal-kanal spektral Band 4 dan Band 5 untuk citra komposit *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI). Penelitian ini dapat dikembangkan untuk kualitas udara dengan memanfaatkan kanal spektral khusus yakni Band 9 dan Band 10. Selain itu perlu juga mendeteksi kanal spektral khusus vegetasi (NDVI) mengingat vegetasi sangat mempengaruhi kualitas udara. Penelitian terhadap wilayah di sekitar Jakarta sangat bermanfaat mengingat Daerah Khusus Jakarta sangat dipengaruhi oleh kualitas daerah penyangganya seperti Tangerang, Bekasi, Bogor, dan Karawang. Dari sub-urbanisasi di sekitar Jakarta perlu diteliti (Firman & Fahmi, 2017) untuk mengetahui dampaknya terhadap kota Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, C. (1992). A City is Not a Tree. In *The city reader, 1st Edition* (pp. 118– 131). New York: Routledge.
- Anderson, J. T., Hardy, E. E., & Roach, J. T. (1976). *A Land use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensing Data*. United States of America. Retrieved from <https://pubs.usgs.gov/pp/0964/report.pdf>
- Brinkhoff, T. (2017). Major Agglomerations of the World. Retrieved April 27, 2017, from <http://www.citypopulation.de>
- Chen, L.-C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2018). *Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic. Nature*. Switzerland: Springer International Publishing. <http://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2>
- Chen, L. C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K., & Yuille, A. L. (2018). DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40(4), 834–848. <http://doi.org/10.1109/TPAMI.2017.2699184>
- Eastman, J. (2012). IDRISI selva tutorial. Idrisi production. Clark Labs-Clark Universit. Retrieved May 18, 2019, from <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/TerrSet-Tutorial.pdf>
- Etten, J. van. (2002). Public-private and community partnership for urban low-cost housing in Indonesia. In *Governing Cities - New institutional forms in developing countries and transistional economies* (pp. 172–189). ITDG Publishing.
- Firman, T., & Fahmi, F. Z. (2017). The Privatization of Metropolitan Jakarta's (Jabodetabek) Urban Fringes: The Early Stages of "Post-Suburbanization" in Indonesia. *Journal of the American Planning Association*, 83(1), 68–79. <http://doi.org/10.1080/01944363.2016.1249010>
- Fu, P. (2019). *Getting to know web gis, third edition* (Vol. 1). Esri Press.
- Herlawati, H., Abdurachman, E., Heryadi, Y., & Soeparno, H. (2023). Modified u-net for multispectral land cover segmentation. *ICIC Express Letters*, 17(8), 841–848. <http://doi.org/10.24507/icicel.17.08.841>
- Martini, B. F., & Miller, D. A. (2021). Using object-based image analysis to detect laughing gull nests. *GIScience and Remote Sensing*, 58(8), 1497–1517. <http://doi.org/10.1080/15481603.2021.1999376>
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9351(Cvd), 12–20. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4>
- Tarigan, A. K. M., Sagala, S., Samsura, D. A. A., Fiisabiilillah, D. F., Simarmata, H. A., & Nababan, M. (2016). Bandung City, Indonesia. *Cities*, 50, 100–110. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2015.09.005>



PENDETEKSIAN KORUPSI DENGAN MENGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

**Haryono Umar¹, Markonah Markonah^{2*},
Annathasia Puji Erasashanti³, dan Hikmah
Abdul Rachman³**

^{1,2,3,4} Perbanas Institute Jakarta

e-mail: markonah@perbanas.id

PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negara merdeka pada 17 Agustus 1945, terus melakukan pembangunan disegala bidang untuk mewujudkan tujuan Nasional “masyarakat adil dan makmur”. Dalam RPJP tahun 2025-2045 disebutkan bahwa terdapat empat hal yang akan dicapai yakni stabilitas kebangsaan, keberlanjutan, kesinambungan, dan kualitas sumber daya manusia. Secara kongkrit disebutkan bahwa pada tahun 2045, seratus tahun Indonesia Merdeka, Indonesia akan mencapai “Indonesia Emas” yang maju, berdaulat, dan memiliki daya saing yang unggul. Kondisi saat itu jumlah penduduk usia produktif sangat besar, maka perlu ditingkatkan kualitasnya bukan hanya terkait dengan kompetensi pengetahuan dan keterampilan, juga perilaku yang berkarakter dan berintegritas. Oleh karena itu Indonesia memerlukan sumber daya manusia yang berkualitas dan memiliki semangat juang yang tinggi untuk membangun negara serta dapat bersaing secara internasional.

Negara Republik Indonesia bertujuan untuk: “(1) melindungi segenap bangsa dan seluruh tumpah darah Indonesia, (2) memajukan kesejahteraan umum, (3) mencerdaskan kehidupan bangsa, dan (4) ikut menciptakan ketertiban dunia berdasarkan kemerdekaan, perdamaian abadi, dan keadilan sosial.” Oleh karena itu, tujuan dari pembentukan Negara Kesatuan Republik Indonesia adalah untuk memenuhi kebutuhan semua rakyat Indonesia untuk kehidupan yang adil dan makmur. Diharapkan masyarakat dapat mandiri untuk memenuhi kebutuhan dasar hidupnya, termasuk pendidikan, kesehatan, lapangan pekerjaan, dan kehidupan sosial.

Cita-cita tersebut bukanlah hal yang mustahil untuk diwujudkan, mengingat berbagai kondisi yang sangat mendukung telah disediakan oleh Tuhan Yang Maha Esa bagi kita semua meliputi:

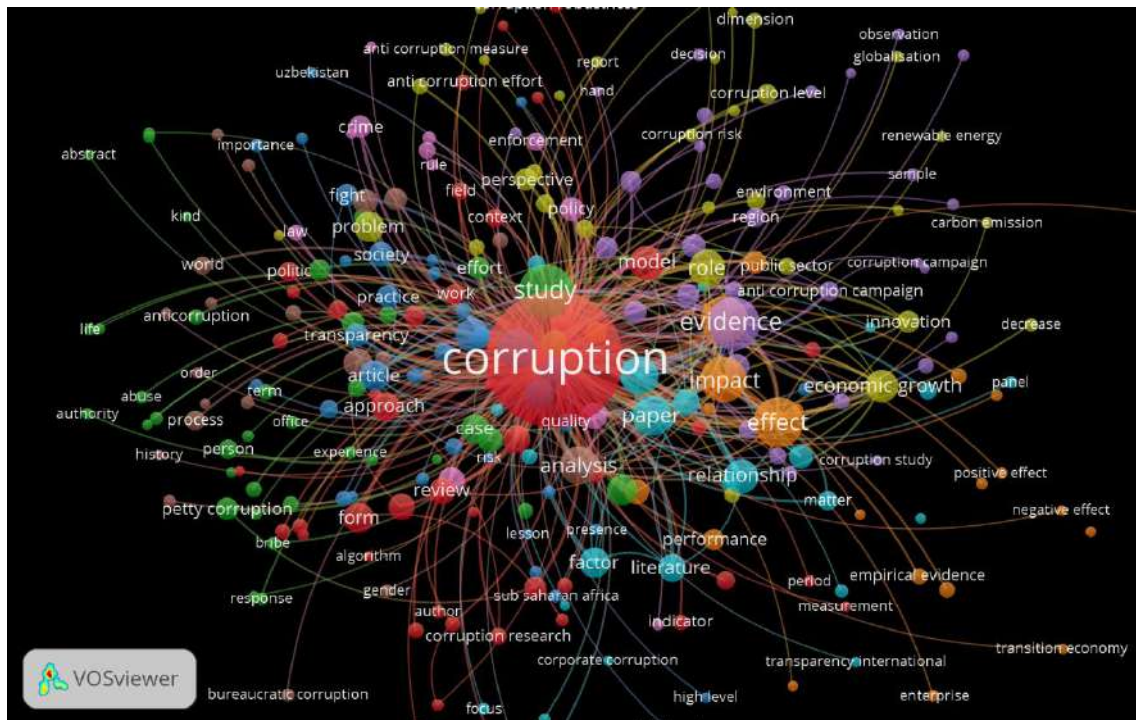
1. *United Nation Convention on Land and sea (UNCLOS)* 1982 menyatakan bahwa negara Indonesia merupakan kesatuan antara 17 ribu pulau-pulau dan perairan yang menyatukannya. Dengan konvensi tersebut menjadikan Indonesia sebagai benua keenam dunia, “Benua Maritim Indonesia”.
2. Posisi di khatulistiwa menjadikan Indonesia sangat strategis. Selain itu, itu adalah negara kepulauan dengan lebih dari 17.480 pulau yang tersebar di seluas 1.922.570 km² dari Sabang hingga Merauke. 69% dari pulau-pulau ini tetap hijau disetiap tahun sehingga menjadi bagian dari paru-paru dunia. Sekitar 90% perdagangan dunia ditunjang dengan transportasi laut, dan Sebagian besar kapal-kapal tersebut harus melalui perairan Indonesia untuk menghemat biaya dan waktu. Hal ini menimbulkan potensi risiko yang besar seperti pencurian maupun tindakan kriminal lainnya seperti perdagangan narkoba, terorisme, penyelundupan, dan lain-lain.
3. Kekayaan alam yang belum dieksploitasi lebih lanjut oleh manusia, seperti gas alam, minyak, batu bara, timah, tembaga, nikel, emas, uranium, bauksit, panas bumi, dan hasil tambang, perkebunan, dan kekayaan laut. Setelah penemuan minyak pertama di Pennsylvania, Amerika Serikat, pada tahun 1829, Indonesia sekarang dianggap sebagai negara penemu minyak yang kedua di dunia. Indonesia adalah penghasil gas dan minyak terbesar di dunia bagian Timur pada masa perang dunia kedua.
4. Jumlah populasi yang sangat produktif, Indonesia diharapkan dapat menghasilkan potensi konsumsi dan produksi. Dari tahun 2010 hingga 2045, Indonesia akan mendapat manfaat dari *devident* demografis karena populasinya yang sangat usia produktif akan menjadi kekuatan yang kuat untuk bersaing dengan negara-negara lain di dunia.

5. Warisan turun menurun atas kebudayaan Indonesia yang kaya akan berbagai etnik, suku, ras, dan bahasa.

Dengan melihat kondisi tersebut, sangatlah mungkin Indonesia menjadi negara berkembang yang terus mengalami kemajuan dan menjadi negara besar, maju, dan bermartabat dalam percaturan dunia. Tujuan pembangunan nasional yang ditetapkan dalam RPJP 2025-2045 tersebut memang layak untuk dicapai oleh Indonesia. Sejarah telah membuktikan bahwa Indonesia memang sudah banyak diincar oleh negara asing mulai dari Zengish Khan, Portugis, Perancis, Inggris, Belanda, bahkan Jepang. Mereka mengeksploitasi kekayaan yang dimiliki Indonesia mulai dari rempah-rempah, hasil hutan, hasil tambang dan berbagai kekayaan lainnya. Apalagi dengan perkembangan saat ini bahwa dunia membutuhkan energi baik yang terbarukan maupun tidak terbarukan. Indonesia menjadi tempat berkumpulnya energi seperti minyak, gas, panas bumi, nikel, uranium, dan lain sebagainya. Sesuai pasal 33 ayat 3 Undang Undang Dasar RI disebutkan bahwa bumi dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya adalah milik negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat. Modal pembangunan yang dianugerahkan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa harus dikelola dengan sebaik-baiknya sehingga memberikan kebermanfaatan yang maksimal untuk pencapaian tujuan nasional.

Seluruh proses pembangunan harus dilakukan untuk kepentingan masyarakat yang adil dan makmur. Mulai dari penetapan kebijakan, penjabaran kebijakan, dan pelaksanaannya, serta pengawasan dan pengendalian pembangunan nasional harus selalu dilakukan dalam kebaikan bersama. Pengelolaan sumber daya daerah juga dilakukan dengan akuntabel dan transparan sehingga dapat memaksimalkan peran serta masyarakat sebagai pelaku pembangunan, bukan sebagai objek pembangunan tersebut. Artinya, sumber daya daerah harus diupayakan untuk kesejahteraan masyarakat melalui pengelolaan yang *good governance*.

Selanjutnya, keterbaruan buku ini adalah yang dirangkum dalam lima tahun terakhir menggunakan *software* Harzing's Publish or Perish kemudian diolah menggunakan *software* VOSviewer dengan kata kunci *Corruptions* dengan periode lima tahun terakhir (2019-2024), maka diperoleh analisis bibliometrik pada gambar dibawah ini



Sumber: Penelitian terdahulu menggunakan *software* Harzing's Publish or Perish, kemudian diolah menggunakan *software* VOSviewer selama periode tahun 2019-2024.

Gambar 1. Analisis Bibliometerik

Hasil analisis bibliometrik penelitian terdahulu selama 5 tahun terakhir (2019-2024) terkait topik korupsi dapat dilihat semakin jauh variabel dari kata *Corruption*, maka akan semakin jarang penelitian terdahulu menggunakan variabel tersebut. Semakin dekat variabel dari kata *corruption* maka semakin sering variabel ataupun topik yang digunakan oleh penelitian terdahulu. Dalam analisis bibliometrik pada gambar 2, variabel ada beberapa variabel seperti, *evidence*, *bureaucratic corruption*, *anti corruption measurement*, *model* ataupun *corruption prevention* (sangat kecil terlihat, kecuali harus diperbesar menggunakan aplikasi VOSViewer), artinya bahwa sedikit sekali yang meneliti ataupun membahas mengenai hal tersebut. Buku ini membahas mengenai implementasi HU-Model dengan menggunakan *machine learning* yaitu algoritma *Artificial Neural Network (ANN)* sebagai mesin pendeteksi korupsi.

sejumlah kasus korupsi besar yang mengakibatkan kerugian negara sebesar triliunan rupiah. Beberapa contohnya adalah kasus e-KTP, kasus Pelindo, kasus Jiwaseraya, kasus ASABRI, kasus Kementerian Sosial, hingga kasus Timah, di mana banyak pelaku terlibat.

Korupsi dianggap sebagai kejahatan masif, dan sejak tahun 1999, Indonesia berjanji untuk memberantas habis tindak pidana korupsi dengan mengatakan bahwa itu adalah kejahatan luar biasa yang perlu ditangani secara luar biasa pula. Akibatnya, Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) dibentuk pada tahun 2003 untuk mempercepat tindakan preventif dan represif dalam memerangi korupsi. Ratusan kasus besar, baik di pusat maupun di daerah, telah diselesaikan dengan hukuman penjara bagi mereka yang melakukan korupsi. Selain itu, upaya pencegahan telah berhasil menyelamatkan aset negara dan keuangan negara senilai lebih dari Rp 156 trilyun. Namun, korupsi tampaknya terus terjadi bahkan saat mulai menyebar ke kalangan generasi muda. Hasil survei *Transparency International* menunjukkan bahwa Indeks Persepsi Korupsi (IPK) Indonesia adalah 34 dan berada di posisi 115 dari 180 negara; nilai IPK yang lebih rendah menunjukkan bahwa negara lebih bersih.

Pengadaan barang dan jasa pemerintah adalah bisnis yang paling banyak terkait dengan kasus korupsi, menurut data yang dikumpulkan oleh Komisi Korupsi selama sepuluh tahun terakhir. Sekitar 70% kasus korupsi terjadi di bidang pengadaan barang dan jasa, atau proyek, dalam istilah awam. Banyak operasi pelaksanaan pemerintah, baik besar maupun kecil, digunakan untuk keuntungan dan kepentingan individu atau kelompok tertentu. Karena banyaknya lobi-lobi dan nepotisme, kelompok tertentu dapat mencoba mendapatkan akses khusus ke pusat kekuasaan. Ini adalah awal dari korupsi. Pemerintah, sebagai pihak yang memegang kekuasaan, kadang-kadang membuat aturan yang tidak cocok untuk mencegah dan memerangi korupsi. Bahkan aturan diterbitkan untuk melindungi tindakan mereka yang korup. Menteri, gubernur, bupati, walikota, dan pejabat lainnya dari pemerintah daerah dan pusat pada masa lalu dapat memperoleh upah pungut dari potongan 5% dari penerimaan pajak daerah. Pendapatan pajak tidak seharusnya digunakan untuk memperkaya para pemangku kebijakan yang sudah mendapatkan gaji dari negara, tetapi sebaliknya untuk membantu masyarakat dan pembangunan nasional. Ini adalah tempat ketidakadilan terlihat jelas: peraturan yang korup membuat pejabat memperkaya diri mereka sendiri dan kelompok mereka dengan mengeksploitasi dana pajak untuk kepentingan masyarakat. Untuk melindungi negara dari berbagai bentuk korupsi, peraturan dan perundangan harus dibuat oleh pemerintah sebagai bagian dari sistem.

Berbagai kasus dalam pengelolaan sumber daya daerah terlihat dengan banyaknya kepala daerah yang tersangkut korupsi yang diolah dari Viva.co.id sebagai berikut (**VIVA.co.id** (Selasa, 19 September 2017 | 16:59 WIB, dan **Tim Okezone**, Jurnalis · **Sabtu 23 September 2017, 11:44 WIB**, serta [Ronna Nirmala](#)-Beritagar.id | 07:08 WIB - Rabu, 27 September 2017):

Tabel 1. Kasus Korupsi oleh Kepala Daerah di Indonesia

NO	KEPALA DAERAH	KASUS
1	AP, mantan Gubernur Nanggroe Aceh Darussalam (NAD)	"Pengadaan pesawat Helikopter Mi-2 milik Pemerintah Provinsi NAD. Penetapan tersangkanya kali pertama diumumkan pada 29 Juni 2004."
2	SAF, mantan Gubernur Kalimantan Timur (Kaltim)	"Pelaksanaan program pembangunan perkebunan kelapa sawit sejuta hektar di Kalimantan Timur yang diikuti dengan Penerbitan Ijin Pemanfaatan Kayu Th 1999-2002. Ia ditahan KPK pada 19 Juni 2008."
3	AA, mantan Bupati Dompu	"Pengeluaran atau penggunaan dana yang tidak sesuai dengan peruntukannya pada dana tak tersangka APBD

NO	KEPALA DAERAH	KASUS
22	HDR, (mantan) Bupati Natuna	"Penyalahgunaan APBD Kabupaten Natuna TA 2004 yang tak sesuai peruntukannya dan pengeluaran kas tidak disertai bukti yang lengkap dan sah"
23	HR, (mantan) Bupati Natuna	"Penyalahgunaan APBD Kabupaten Natuna tahun 2004, yang tidak sesuai peruntukannya dan pengeluaran kas tidak disertai bukti yang lengkap dan sah."
24	AAS, (mantan) Bupati Siak	"Penerbitan ijin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu pada hutan tanaman tahun 2001-2003 di wilayah kabupaten Siak kepada sejumlah perusahaan yang tak sesuai dengan ketentuan berlaku. Atas kasus itu, ia dikenakan hukuman 5 tahun penjara."
25	IA, mantan Gubernur Kepulauan Riau	"Pengadaan mobil pemadam kebakaran merk Morita tahun anggaran 2004 dan 2005 di Otorita Pengembangan Daerah Industri Pulau Batam"
26	IK, (mantan) Bupati Brebes	"Pengadaan tanah untuk pasar pada pemerintah kabupaten Brebes TA 2003."
27	YY, (mantan) Bupati Boven Digoel	"Menyalahgunakan dana APBD dan OTSUS Pemda Kab Boven Digoel Provinsi Papua TA 2006-2007"
28	SA, mantan Gubernur Sumatera Utara	"Penyalahgunaan wewenang dan korupsi pengelolaan kas daerah kabupaten Langkat serta penyalahgunaan penggunaan APBD Kabupaten Langkat pada tahun 2000-2007"
29	JSMR, mantan Walikota Tomohon	"Penggunaan APBD Pemkot Tomohon TA 2006-2008"
30	MM, mantan Walikota Bekasi	"Pengelolaan dan pertanggungjawaban keuangan APBD Pemkot Bekasi."
31	BBB, (mantan) Bupati Nias	"Pengelolaan dana penanggulangan bencana alam Nias Tahun 2007."
32	RES, mantan Walikota Pematang Siantar	"Pengelolaan dana bansos sekda dan dana rehabilitasi dan atau pemeliharaan Dinas Pekerjaan Umum APBD Kota Pematang Siantar TA 2007"
33	FL, (mantan) Bupati Nias Selatan	"Suap kepada pegawai negeri atau penyelenggara negara dengan maksud agar pegawai negeri atau penyelenggara negara itu berbuat atau tak berbuat sesuatu dalam jabatannya yang bertentangan dengan kewajibannya."
34	ME, (mantan) Bupati Seluma	"Penyalahgunaan anggaran dan suap kepada anggota DPRD"
35	SH, mantan Walikota Semarang	"Pemberian sesuatu kepada Pegawai Negeri atau Penyelenggara Negara bersama sama dengan Sekda Kota Semarang"
36	AB, (mantan) Bupati Buol	"Menerima suap terkait proses pengurusan Hak Guna Usaha (HGU) Perkebunan atas nama PT Cipta Cakra Murdaya dan atau PT Hardaya Inti Plantation yang terletak di Kecamatan Bukal Kab. Buol Sulawesi Tengah. Kasus ini juga menjerat pengusaha ternama, Hartati Murdaya"
37	MHB, (mantan) Bupati Mandailing Natal	"Suap alokasi Dana Bantuan Daerah (DBD) tahun 2013"
38	DR, mantan Walikota Bandung	"Suap penanganan perkara Tindak Pidana Korupsi mengenai penyimpangan dana bantuan sosial Pemkot Bandung dan Pengadilan Tinggi Jabar."
39	HB, (mantan) Bupati Gunung Mas	"Suap kepada hakim MK berkaitan penanganan perkara sengketa Pilkada Kabupaten Gunung Mas Propinsi Kalimantan Tengah"

NO	KEPALA DAERAH	KASUS
40	RZ, mantan Gubernur Riau	"Korupsi atas pemberian pengesahan Bagan Kerja Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu Hutan Tanaman (BKUPHHKHT) pada areal hutan alam dalam kawasan Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu Hutan Tanaman (IUPHHKHT) di Kabupaten Pelalawan dan Kab Siak tahun 2004."
41	RAC, mantan Gubernur Banten	"Suap hakim MK atas penanganan perkara sengketa Pilkada Kabupaten Lebak, Banten tahun 2013. Politikus Partai Golkar itu kembali dijerat KPK pada 2014 atas pengadaan Alkes di Banten, serta perkara suap dan pemerasan."
42	IJ, mantan Walikota Tegal	"Korupsi terkait pelaksanaan tukar guling tanah, antara Pemkot Tegal dg pihak swasta tahun 2012"
43	IAS, mantan Walikota Makassar	"Korupsi pekerjaan kerjasama rehabilitasi, kelola dan transfer untuk instalasi pengolahan air antara PDAM Makassar dengan pihak swasta, periode tahun 2006 - 2011"
44	RY, (mantan) Bupati Bogor	"Suap rekomendasi tukar menukar kawasan hutan di kabupaten bogor atas nama PT. Bukit Jonggol Asri."
45	RH, mantan Walikota Palembang	"Suap hakim MK terkait penanganan perkara sengketa Pilkada Palembang 2013. Pada kasus ini, KPK juga menjerat istri Romi Herton dan bekas Ketua MK, Akil Mochtar."
46	YS, (mantan) Bupati Biak Numfor	"Suap proyek penanggulangan bencana pada Kementerian Pembangunan Daerah Tertinggal."
47	AS, (mantan) Bupati Karawang	"Menyalahgunakan kekuasaannya memaksa orang memberikan sesuatu terkait pengurusan izin SPPR atas nama PT. Tatar Kertabumi di Kab Karawang."
48	RBS, (mantan) Bupati Tapanuli Tengah	"Dugaan penyusupan terhadap mantan Ketua Mahkamah Konstitusi (MK) Akil Mochtar. Pemberian suap itu berkaitan sengketa Pilkada Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara"
49	AH, (mantan) Wakil Bupati Lebak	"Penyusupan terhadap mantan Ketua MK Akil Mochtar. suap terkait sengketa Pilkada Lebak"
50	ZA, (mantan) Bupati Lombok Barat	"Proses izin pengembangan kawasan Wisata di Lombok Barat Tahun 2010-2012."
51	FA, (mantan) Bupati Bangkalan	"Suap jual beli gas alam untuk pembangkit listrik di Gresik dan Gili Timur Bangkalan Madura, Jawa Timur dan perbuatan penerimaan lainnya. Selain itu, Fuad juga dijerat kasus pencucian uang."
52	AM, mantan Gubernur Riau	"Ditangkap KPK 25 September 2014, terkait suap alih fungsi Hutan di Provinsi Riau."
53	BS, mantan Gubernur Papua	"Korupsi kegiatan detail engineering design PLTA sungai Memberamo dan Sungai Urumuka tahun 2009 dan 2010 di Propinsi Papua."
54	MDT, (mantan) Bupati Abu Raijua	"Penyalahgunaan kewenangan dalam menggunakan Dana Pendidikan Luar Sekolah pada Sub Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi NTT TA 2007"
55	BAA, (mantan) Bupati Empat Lawang	"Suap hakim Akil Mochtar terkait sengketa pemilihan kepala daerah kabupaten empat lawang di Mahkamah Konstitusi tahun 2013"
56	RS, (mantan) Bupati Pulau Morotai	"Suap sengketa Pilkada Kabupaten Pulau Morotai di Mahkamah Konstitusi tahun 2011"
57	GPN, mantan Gubernur Sumatera Utara	"Suap kepada majelis hakim dan panitera PTUN Medan, Sumatera Utara. Pada perkara tersebut, KPK juga menangkap pengacara OC Kaligis"

NO	KEPALA DAERAH	KASUS
58	OS, (mantan) Bupati Subang	"Ditahan KPK, pada Selasa, 12 April 2016. ia, ditetapkan dijerat KPK karena menyuap Jaksa Penuntut Umum yang menangani kasus korupsi anggaran BPJS Kabupaten Subang tahun 2014. Dia dijerat kasus gratifikasi dan pencucian uang."
59	Su, (mantan), Bupati Rokan Hulu	"Ditahan KPK pada 7 Juni 2016 terkait kasus suap pembahasan R-APBD tahun 2014 dan 2015"
60	NA, Mantan Gubernur Sulawesi Tenggara	"Salah gunakan wewenang dalam pemberian izin tambang nikel di dua kabupaten di Sultra, selama 2009 hingga 2014"
61	YA, (mantan) Bupati Banyuasin	"Ditangkap KPK, Minggu 4 September 2016. Yan Anton ditangkap KPK setelah diduga menerima suap terkait ijon proyek di Dinas Pendidikan dan dinas lain di Kabupaten Banyuasin"
62	BI, (mantan) Wali Kota Madiun	"Gratifikasi saat menjabat sebagai Wali Kota pada periode 2009-2014."
63	BK, (mantan) Bupati Tanggamus	"Penyuapan sejumlah anggota DPRD Kabupaten Tanggamus atas pengesahan APBD 2016."
64	SUAS, Mantan Bupati Buton	"Suap kepada mantan Ketua MK Akil Mochtar atas penanganan sengketa Pilkada Buton tahun 2011"
65	AS, Mantan Wali Kota Cimahi	"Dididik KPK bersama suaminya M Itoc Tochija, dan ditetapkan tersangka kasus suap pembangunan tahap dua Pasar Atas Baru Cimahi"
66	Ta, Mantan Bupati Nganjuk	"Korupsi lima proyek pembangunan infrastruktur di Kabupaten Nganjuk pada tahun 2009. Selain itu, ia juga disangka menerima gratifikasi sejak tahun 2008. Namun sangkaan KPK patah di Praperadilan Pengadilan Negeri Jakarta Selatan, dan kini berkas perkaranya dikembalikan ke Kejaksaan Agung selaku lembaga penegak hukum yang kali pertama tangani kasus ini."
67	RM, Mantan Gubernur Bengkulu	"Dicokok oleh petugas KPK setelah mengamankan isterinya yakni, Lily Martiani Maddari, pada 20 Juni 2017. Ridwan diduga ikut terlibat praktik penyuapan proyek pembangunan jalan di Provinsi Bengkulu tahun anggaran 2017."
68	AS, Mantan Bupati Pamekasan	"Ditangkap petugas KPK atas kasus suap Kepala Kejaksaan Negeri Pamekasan Rudy Indra Prasetya, berkaitan pemuluan perkara penyelewengan pengelolaan dana Desa Dasok. Besarnya Rp 250 juta"
69	SMS, Mantan Wali Kota Tegal	"Ditangkap KPK pada 29 Agustus 2017 di Tegal. Selain Siti Masitha, KPK mencokok pengusaha Amir Mirza Hutagalung dan Wakil Direktur RSUD Kardinah Tegal Cahyo Supriadi. Mereka ditangkap berkaitan dengan korupsi pengelolaan jasa keuangan di RSUD Kardinah"
70	OAZ, Mantan Bupati Batubara	"Diringkus KPK dan dijeart sebagai tersangka 14 September 2017. Ia dijerat kasus suap pengerjaan pembangunan infrastruktur Kab Batubara th 2017."
71	ER, Mantan Wali Kota Batu Malang	"Ia dicokok pada Minggu 18 September 2017, terkait kasus suap proyek belanda modal dan mesin pengadaan meubelair di Pemkot Batu"
72	TIA, Mantan Wali Kota Cilegon	"Wali Kota Cilegon TB Imam Ariyadi ditangkap KPK bersama sembilan orang lainnya dalam OTT di Banten, Jumat 22 September 2017 hingga tengah malam tadi. KPK menyita uang diduga barang bukti suap senilai ratusan juta rupiah. Suap itu diduga terkait proses perizinan kawasan industri di Cilegon"

NO	KEPALA DAERAH	KASUS
73	RW, Bupati Kutai Karta Negara	"Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) menetapkan Bupati Kutai Kartanegara Rita Widyasari sebagai tersangka dugaan penerimaan gratifikasi, Selasa (26/9/2017). Ia menjadi KDH ketujuh yg ditetapkan KPK sbg tersangka dugaan korupsi sepanjang 2017"
74	Ta, Bupati Nganjuk	"Diduga menerima suap sebesar Rp 298 juta terkait jual beli jabatan di lingkungan Pem Kab Nganjuk."
75	Dirut Waskita Karya	"Kasus ini menyebabkan kerugian negara sebesar Rp 2.546.645.987.644. Selain itu, terkait kasus ini, penyidik juga melakukan penyitaan terhadap aset tanah, bangunan, dan uang"
76	NA, Gubernur Sulsel	"Gubernur Sulawesi Selatan (Sulsel) nonaktif Nurdin Abdullah divonis 5 tahun penjara dan denda Rp 500 juta atas kasus suap dan gratifikasi."
77	Kasus Jiwasraya	"Nilai kerugian negara dalam kasus megakorupsi Jiwasraya Rp 16,807 triliun"
78	Kasus ASABRI	"Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) RI mencatat nilai kerugian negara dalam kasus korupsi pengelolaan dana investasi dan keuangan PT Asabri (Persero) mencapai Rp 22,78 triliun."
79	HM, Kasus Timah	"Penghitungan kerugian atas korupsi Timah Rp 271 T dilakukan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 7 Tahun 2014 tentang Kerugian Lingkungan Hidup akibat Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup."
80	Kasus Tower BTS	"Ahli dari Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan (BPKP), Dedy Nurmawan Susilo, sebagai saksi sidang kasus korupsi BTS 4G. Dedy membeberkan kerugian keuangan negara akibat proyek BTS mencapai Rp 8 triliun."
81	Kasus Kemensos	"Pada saat pandemik Covid 19 terjadi penyuapan kepada pihak kemensos sebesar 14,7 trilyun rupiah dan pengadaan bansos untuk masyarakat yang terdampak Covid 19."
82	Kasus suap Anggota BPK	"Seorang anggota BPK dengan inisial AK telah menerima suap sebesar 40 trilyun rupiah dari kasus BTS kominfo"

Sumber: VIVA.co.id, Tim Okezone dan Ronna Nirmala-Beritagar.id"

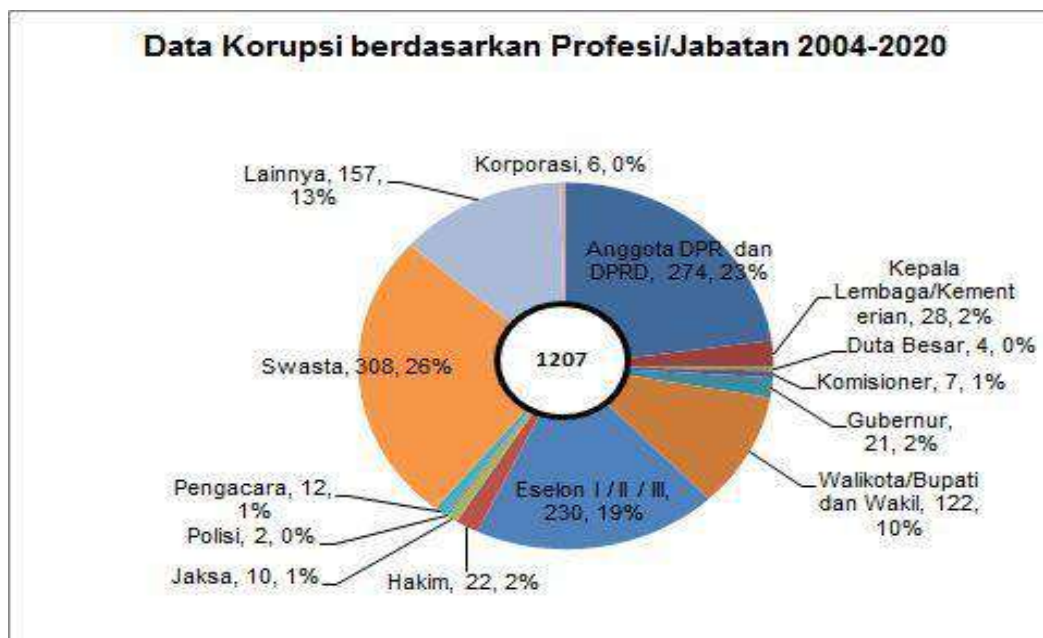
Korupsi, bersama dengan terorisme dan narkoba, dianggap sebagai kejahatan yang luar biasa menurut undang-undang. Korupsi memengaruhi pencapaian tujuan nasional yang adil dan makmur, seperti yang dinyatakan dalam UU KPK: "Tindak pidana korupsi yang meluas dan sistematis merupakan pelanggaran terhadap hak-hak sosial dan hak-hak ekonomi masyarakat, dan karena itu semua, maka tindak pidana korupsi tidak lagi dapat digolongkan sebagai kejahatan biasa melainkan telah menjadi suatu kejahatan luar biasa." Karena keinginan rakyat untuk membuat undang-undang yang menetapkan korupsi sebagai kejahatan yang luar biasa, penanganan korupsi harus dilakukan dengan cara yang luar biasa, tetapi tetap dalam batas-batas undang-undang yang berlaku. Dari sudut pandang ekonomi, korupsi memiliki beberapa efek negatif. Pertama, itu menyebabkan inefisiensi organisasi dan perekonomian, yang mengurangi daya saing. Kedua, itu menyebabkan kesenjangan sosial karena sumber daya nasional tidak didistribusikan secara merata, dan ketiga, itu menyebabkan tidak adanya insentif untuk berproduktivitas karena keuntungan yang tinggi hanya dapat diperoleh melalui metode yang tidak masuk akal. Keempat, akan menurunkan kredibilitas penguasa di mata masyarakat, sehingga setiap program yang diajukan oleh penguasa tidak akan mendapatkan dukungan dari masyarakat.

Korupsi dapat menurunkan pendapatan dan meningkatkan pembelanjaan pemerintah untuk sektor publik. Selain itu, korupsi juga bisa menyebabkan defisit fiskal yang besar dan ketidaksamaan pendapatan lebih tinggi karena menguntungkan seseorang atas aktivitas pemerintahan yang menjadi tanggungan masyarakat, mengubah mekanisme pasar, dan mengatur alokasi sumber daya.

Korupsi merupakan tindak pidana yang berhubungan langsung dengan elemen institusi dan administrasi, manusia, dan sosial budaya. Faktor pendorong korupsi termasuk tekanan, pembenaran, dan kesempatan. Sifat ini sekaligus menempatkan kerentanan sistem organisasi dan moralitas orang yang terlibat di dalamnya pada risiko korupsi. Korupsi adalah masalah yang sangat parah di Indonesia yang dapat mengancam perekonomian dan moralitas.

Pemerintah telah berusaha keras untuk mengatasi korupsi dengan membentuk berbagai Tim Anti Korupsi karena korupsi berdampak buruk pada kesejahteraan masyarakat. Beberapa tim anti korupsi telah dibentuk dari tahun 1967 hingga 2000, antara lain: (a) Tim Pemberantasan Korupsi (Keppres No. 288/1967), (b) Komisi Empat (Keppres No. 12/1970), (c) Komite Anti Korupsi, (d) Operasi Penertiban (Inpres No. 9/1977), (e) Tim Pemberantasan Korupsi (1982), dan (f) Tim Gabungan Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi (UU No. 31/1999 dan PP No. 19/2000). Karena belum ada kemajuan yang signifikan dalam pemberantasan korupsi di Indonesia sampai tahun 2002, Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) dibentuk sejak tahun 2003.

Upaya pemberantasan sangat sulit karena korupsi terus meningkat. Contoh berikut menunjukkan bahwa berbagai profesi dan jabatan telah melakukan korupsi:



Sumber: <https://www.kompasiana.com/iwayanbagiarta1025/5fc4fd21bb448644ce1fb312/korupsi-pejabat-di-indonesia-tembus-angka-1207-orang-dari-sejak-kpk-berdiri>

Gambar 3. Korupsi Pejabat di Indonesia Periode 2004-2020

Korupsi, telah membuat bangsa Indonesia masuk ke dalam jebakan ketertinggalan yang

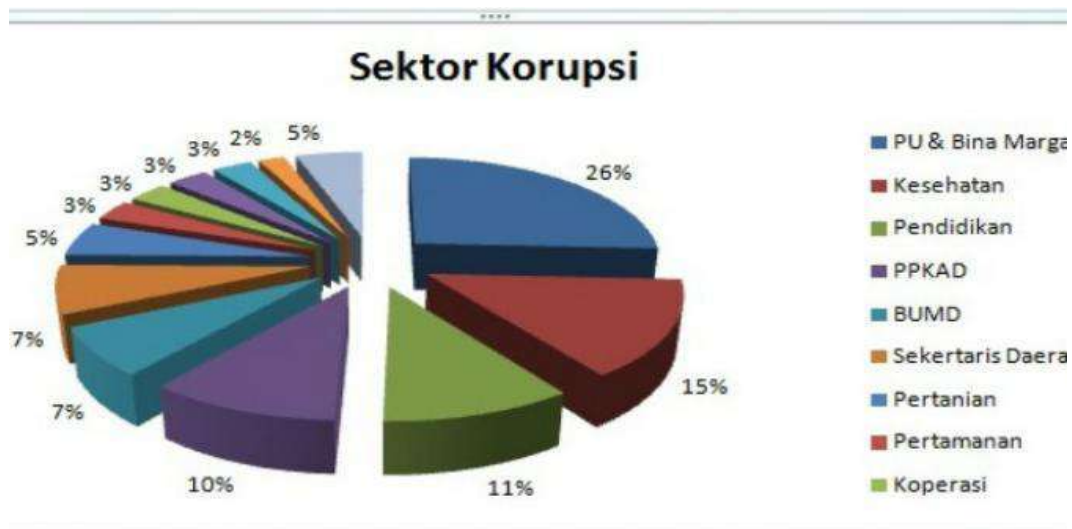
berkelanjutan sehingga memberikan stigma sebagai negara korup dari tahun ke tahun. Stigma sebagai negara korup menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki ekonomi biaya tinggi (*high cost economy*). Akibatnya, Indonesia hanya dijadikan pasar bagi produk impor, sedangkan pabriknya berada pada negara-negara tetangga (asia tenggara). Stigma sebagai negara korup, harus segera dibersihkan melalui komitmen bersama, kerja keras bersama, semangat yang sama, dan tidak ada pihak-pihak yang bermain di air keruh. Hal inilah yang perlu diterapkan sebagai upaya penanganan korupsi dengan cara yang luar biasa untuk menangani pemberantasan dan pencegahan korupsi secara luar biasa.

Selanjutnya, dikutip dalam halaman *Indonesian Corruption Watch* (ICW, 2016), selama tahun 2016 terdapat 482 kasus korupsi dengan 1101 tersangka kasus korupsi yang mengakibatkan kerugian negara sebesar 1,47 triliun dan nilai suap sebesar 31 miliar. Kejadian ini dapat dilihat dari temuan BPK di mana BUMN masih banyak yang melakukan *fraud*. Seperti halnya dengan temuan KPK atas sejumlah kasus pidana korporasi dari perusahaan-perusahaan BUMN, yang perlu diungkap semuanya, supaya tidak ada lagi penyalahgunaan wewenang yang akhirnya akan membuat kerugian bagi negara.

KPK juga menangani kasus korupsi e-ktip yang melibatkan pejabat dan mantan pejabat perusahaan BUMN, termasuk PT. Adhi Karya, yang menyebabkan kerugian negara sebesar 706 miliar rupiah (Tribun News, 2017). Tiga BUMN, PT. PNRI, PT. LEN Industri, dan PT. Sucofindo, termasuk dalam kasus yang ditangani KPK (detikNews, 2017). PT Waskita Karya, PT Utama Karya (persero) Tbk, PT Adhi Karya (persero) Tbk, PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) II, dan PT Garuda Indonesia (persero) Tbk.

Salah satu contoh penyalahgunaan aset yang dipublikasikan adalah penerapan subkontraktor fiktif pada empat belas proyek infrastruktur yang dikerjakan oleh PT. Waskita Karya (persero) Tbk. Proyek-proyek tersebut meliputi jalan tol, jembatan, bandara, bendungan, normalisasi, dan bendungan di wilayah Sumatera Utara, Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, Bali, Kalimantan Timur, dan Papua. Kementerian BUMN menganggap kasus dugaan korupsi di 14 proyek infrastruktur PT Waskita Karya sebagai teguran keras karena proyek infrastruktur, termasuk yang dimiliki oleh perusahaan BUMN, sangat rentan terhadap kecurangan.

Korupsi sudah memasuki berbagai sektor kehidupan sebagaimana dijelaskan dengan gambar berikut ini:



Gambar 4. Sektor Pelaku Korupsi di Indonesia

Sumber: <https://www.liputan6.com/regional/read/2691210/pelaku-korupsi-didominasi-pns>

Secara represif merupakan kegiatan memerangi korupsi setelah korupsi terjadi, yang bersifat **paradoksial**. Korupsi merupakan kejadian yang tidak dikehendaki oleh masyarakat, walaupun sudah banyak dideteksi dan ditindaklanjuti secara represif, Masyarakat menginginkan kehidupan yang sejahtera yang dapat diwujudkan jika tidak ada korupsi.

Selain itu secara empiris ditunjukkan oleh data sebagai berikut:

- Jika tindakan hukum baru dilakukan setelah korupsi terjadi, hal itu menciptakan peluang untuk korupsi berikutnya (seperti misalokasi sumber daya, kerugian keuangan negara, dan sebagainya).
- Waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi korupsi rata-rata delapan belas bulan, dan hasilnya kemudian diaudit secara menyeluruh dan diproses secara hukum. Lamanya waktu ini menyebabkan biaya pengungkapan kegiatan semakin meningkat.
- Aktivitas korupsi merupakan suatu tindakan kejahatan yang tersembunyi, waktu yang lebih singkat antara upaya pengungkapan korupsi dan hasilnya lebih besar.
- Aktivitas korupsi merupakan kejahatan yang tersembunyi, semakin lama upaya pengungkapan korupsi tidak terungkap, semakin banyak peluang bagi pelaku korupsi untuk menutupi tindakannya dengan kecurangan lain.

Pemberantasan korupsi yang efektif adalah mencegah korupsi sebelum muncul. Untuk menerapkan gagasan memerangi korupsi yang sistematis dan konkrit seperti yang disebutkan di atas, peran pengawasan harus dianggap lebih dari sekadar pengawasan *post factum*.

Penyebab Korupsi – *Fraud Star*

Dalam 10 tahun terakhir berbagai kasus korupsi terungkap dan diproses hingga diputus di pengadilan dengan jumlah kerugian negara yang juga tidak sedikit. Salah satu contoh adalah seorang hakim dan pegawai di bidang yudikatif yang tertangkap tangan atas operasi tangkap tangan (OTT) yang dilakukan oleh KPK. Diakui sebagai wakil Tuhan dimuka bumi, ternyata seorang hakim masih juga tergoda melakukan korupsi sehingga ditangkap KPK. Oleh karena

itu, dibutuhkan fungsi pengawasan dengan sistem pengendalian intern pemerintah yang dilakukan oleh para auditor. Peranan auditor sangat dibutuhkan untuk meminimalisir terjadinya penyuapan. Auditor harus mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi pendorong terjadinya *fraud* (kecurangan). Faktor-faktornya adalah *pressure* (tekanan), kesempatan dan rasionalisasi.

Menurut Aksa (2018) *Fraud Triangle* adalah model penyebab *fraud* yang dipopulerkan oleh Cressey (1950) dan telah dibukukan dengan judul *Other People's Money: A Study in the Social Psychology of Embezzlement*. Hasil penelitian yang dilakukan terhadap 200 narapidana yang disebabkan kecurangan, didapatkan kesimpulan bahwa penyebab *fraud* adalah *pressure*, kesempatan dan rasionalisasi.

1. **Pressure (Tekanan)**

Pressure (tekanan) menurut kamus besar Bahasa Indonesia adalah keadaan (hasil) kekuatan menekan, paksaan dan desakan yang kuat (www.kbbi.web.id). Menurut Aksa (2018), Tekanan (*pressure*) merupakan suatu keadaan yang dirasakan oleh seseorang yang berasal dari diri sendiri maupun dari luar. untuk melakukan kecurangan yaitu korupsi. Faktor utama dari tekanan ialah tekanan yang menghimpit (seperti uang) dimana hal itu tidak dapat dibagi kepada orang lain, hal ini disebut. *perceived financial needs cannot be shared*.

Albrecht (2012) dalam Aksa (2018) menyatakan bahwa ada empat bentuk *pressure* yang menyebabkan terjadinya kecurangan, adalah:

- a. *Financial pressures* bisa berupa: serakah, gaya hidup yang mewah, banyak utang dan tagihan, kerugian keuangan, kredit yang jatuh tempo pada tanggal pembayarannya dan kebutuhan yang tidak terduga.
- b. *Vice pressures*, memiliki kebiasaan yang buruk, seperti berjudi, minum-minuman beralkohol, obat-obatan.
- c. *Work-related pressures*, keadaan yang dialami seseorang dalam hal pekerjaannya dan melakukan pembalasan terhadap tekanan tersebut. Contohnya adalah: rekan kerja yang tidak dapat bekerjasama, tidak diperhatikan pimpinan, gaji rendah, merasa takut kehilangan dan iri dengan rekan kerja yang mendapat jabatan
- d. *Other pressures*, tekanan yang lainnya dimana dirasakan seseorang yang dapat melakukan *fraud*, seperti: melakukan suatu tindakan demi sebuah pengakuan baik dari tunangan, teman atau istri.

Menurut Umar (2016) mengatakan bahwa *pressure* berasal dari dalam diri sendiri dikarenakan kebutuhan keuangan yang mendesak, sedangkan hasil keuangan berupa gaji atau pun simpanan yang dimiliki tidak dapat membantu menyelesaikan permasalahan kebutuhan tersebut. Kebutuhan tersebut berupa sandang, pangan, papan, pendidikan, kesehatan dan pinjaman utang yang harus dibayar karena sudah jatuh tempo.

2. **Kesempatan (Opportunity)**

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia, kesempatan adalah waktu, keluasaan, peluang yang dimiliki oleh seseorang. Menurut Aksa (2018), kesempatan adalah suatu keadaan yang menyebabkan terjadinya *fraud*. Terjadinya kesempatan dikarenakan sistem pengendalian internal yang sangat lemah baik itu dari pimpinan maupun teman

sejawat, lemahnya pengawasan atau adanya penyalahgunaan kewenangan yang dimiliki.

Menurut Umar (2016) bahwa kesempatan itu ada dikarenakan niat yang timbul di dalam hati sehingga korupsi itu terjadi. Mungkin jika tidak ada niat dari awal, maka walaupun ada kesempatan maka korupsi tidak akan terjadi. Berarti hal ini dapat disimpulkan bahwa semua tergantung dari niat seseorang terhadap suatu keadaan/kondisi yang akan terjadi. Sebagai contoh, seorang staf administrasi yang tidak memiliki kewenangan dalam menentukan suatu perkara, berarti ia tidak memiliki kesempatan untuk melakukan korupsi perkara tersebut. Sedangkan panitera atau panitera pengganti yang memiliki wewenang dalam menjalankan perkara, ia memiliki kesempatan jika ingin melakukan korupsi, yaitu dengan membuat jalannya perkara tersebut mejadi lama, sehingga terdakwa mencari tahu kenapa perkaranya lama dan mencari jalan pintas agar perkara tersebut dibuat cepat prosesnya.

3. Rasionalisasi

Menurut Umar (2016), rasionalisasi adalah suatu sikap sesuai dengan aturan yang berlaku bukan berdasarkan logika sendiri. Sebagai contoh, seorang pegawai yang menerima uang dari yang berperkara sebagai rasa ucapan terima kasih karena telah membantu dicarikan perkaranya di suatu website. Hal ini sebenarnya sesuai peraturan perundangan-undangan yang berlaku adalah salah tetapi karena dianggap rasa terima kasih, lalu pegawai tersebut menerima uang yang diberikan kepadanya.

Dari hal yang kecil seperti ini saja sudah dianggap rasional, bagaimana jika dalam kasus besar. Inilah mengapa korupsi mempunyai dampak buruk yang sangat besar bagi perekonomian negara. Investor tidak akan percaya lagi terhadap negara kita jika uang yang mereka investasi di negara kita diambil untuk kepentingan dirinya sendiri atau kelompoknya.

Umar (2016), rasionalisasi adalah suatu tindakan yang dianggap wajar, yang mana oleh masyarakat umum dapat diterima secara normal. Cressey (1950), pembenaran adalah tindakan yang dilakukan pada saat akan melakukan kejahatan, jika sudah melakukan kejahatan maka pembenaran tersebut ditinggalkan.

Tuanakotta (2010), rasionalisasi adalah naluriah manusia yang merupakan bagian pendukung untuk melakukan kejahatan. Di awal melakukan kejahatan, rasa takut itu muncul dengan cepat tetapi jika sudah melakukan kedua kalinya, rasa takut itu berkurang dan bahkan bisa hilang, karena dianggap sudah biasa dilakukan.

Fraud saat ini berkembang dengan pesat disesuaikan dengan perkembangan ekonomi, teknologi, sosial dan ilmu pengetahuan sehingga membuat kasus korupsi pun semakin canggih dan terselubung serta sulit di deteksi. Oleh karena itu untuk membuat para koruptor sulit melakukan korupsi membutuhkan satu faktor tambahan yaitu kemampuan. *Fraud diamond* pertama kali dikembangkan oleh Wolfe and Hermason (2004) dengan menambah faktor kemampuan, dimana pengembangan dari penelitian sebelumnya yaitu oleh Cressey (1950) yang hanya memiliki tiga faktor pendorong terjadinya *fraud*.

Wolfe and Hermason (2004), menyatakan bahwa:

- a. Seseorang yang berada dalam organisasi diberikan kemampuan dalam membuat atau mengeksplor yang tidak dapat dilakukan oleh orang lain. Misalnya, seorang hakim dalam memutuskan suatu perkara apakah perkara tersebut dapat dilanjutkan atau tidak dilanjutkan.
- b. Seseorang yang melakukan kecurangan adalah termasuk orang yang cukup pintar dan mengetahui kelemahan dari internal kontrol di organisasi tersebut sehingga dapat menggunakan fungsi atau posisi dirinya dalam mencari keuntungan.
- c. Seseorang yang memiliki kemampuan dan kekuatan serta percaya diri tinggi sehingga orang lain percaya terhadap dirinya.
- d. Seseorang yang memiliki kemampuan untuk mengatasi stres secara efektif dikarenakan adanya risiko tertangkap dan melakukan kecurangan dalam waktu yang lama.

Umar (2016), kemampuan adalah sesuatu yang dimiliki seseorang dikarenakan orang tersebut memiliki kekuasaan atau kewenangan dan memiliki kesempatan untuk melakukan korupsi. Sebagai contoh, seorang hakim memiliki kekuasaan atau kemampuan dalam mengatur perkara yang sedang dipegangnya serta memiliki kewenangan dalam memutuskan suatu perkara.

Penyimpangan korupsi dilakukan karena adanya kemampuan yaitu penyalahgunaan kewenangan atau kekuasaan yang dijalankan tidak sesuai dengan amanah yang diberikan. Mereka yang melakukan korupsi tidak hanya dikarenakan oleh *pressure*, kesempatan yang ada, rasionalisasi dan kemampuan yang dimiliki tetapi juga karena tidak adanya integritas dalam diri pelaku (kehilangan pegangan dalam bertindak dan berpikir. Sehingga dalam melakukan tugas yang menjadi amanahnya disalahgunakan, rasa jujur dan profesional di dalam diri pelaku korupsi telah hilang. Oleh karena itu, faktor tambahan yang menjadi pendorong seseorang melakukan korupsi adalah integritas.

Moroney (2007) dalam Fitria (2014), Integritas merupakan suatu sikap jujur, berani, bijak dan bertanggung jawab terhadap kewajiban dan tanggung jawab yang dimilikinya. Integritas seseorang memiliki acuan terhadap kode etik dari setiap individu. Bemardi dan Guptill (2008) dalam Kaukab dan Damayanti (2015) mendapatkan kesimpulan bahwa level moral individu bertambah tinggi maka rasa sensitifitas terhadap etika pun tajam.

Selain itu juga dalam buku Umar (2017) yang berjudul *Corruption the Devil*, integritas adalah suatu sikap profesional dan jujur, dimana dalam menjalankan tugas dan kewajiban yang diamanahkan kepadanya memiliki pendirian teguh dalam dirinya baik tugas yang dikerjakannya diawasi ataupun tidak diawasi. Seorang pegawai yang memiliki integritas yang tinggi, dalam keadaan apapun dia siap untuk menghadapinya dan juga tetap menjunjung rasa takut didalam dirinya jika ia melakukan perbuatan melanggar hukum. Jika seorang yang memiliki kekuasaan atau kewenangan, integritas menjadi taruhannya, dimana disaat ia menerima suap dari pengusaha atau pihak ketiga, maka saat itu juga ia kehilangan integritasnya.



Sumber : Umar, dkk (2018)

Gambar 5. Fraud Star

Deteksi Korupsi

Pengelolaan keuangan negara dan daerah, pengadaan barang atau jasa pemerintah, dan pengelolaan sumber daya negara oleh BUMN dan BUMD adalah topik yang sering terjadi kasus korupsi. Dalam beberapa tahun terakhir, lebih dari 70% kasus korupsi telah ditangani oleh lembaga penegak hukum seperti KPK, Kejaksaan, dan Kepolisian (Handayani, 2013). Namun, kuantitas masih belum menurun secara signifikan. Bahkan sekarang, dengan dana desa yang disediakan oleh pemerintah Indonesia, kasus korupsi mulai muncul di desa-desa (Aswari dan Djanggih, 2018).

Deteksi Korupsi menggunakan HU Model

Menurut teori *triangle fraud*, penipuan disebabkan oleh tiga faktor: tekanan, kesempatan, dan rasionalisasi. Dilanjutkan dengan teori *fraud diamod*, dikembangkan oleh Wolfe & Hermanson (2004), yang merupakan perluasan dari teori *fraud triangle* dengan menambah kemampuan, yang merupakan faktor yang mendorong seseorang untuk melakukan tindakan *fraud*. Umar (2016) kemudian memperkenalkan teori *fraud star*, yang mencakup hal-hal berikut: kurangnya integritas (*lack of integrity*), adanya kesempatan (*opportunity*), tekanan (*pressure*), kemampuan (*capability*), dan rasionalitas. Karena kompleksitas tindak pidana korupsi, sangat sulit untuk menemukan korupsi kecurangan laporan keuangan. Untuk mengatasi kompleksitas ini, alat deteksi harus dikembangkan, dan untuk tujuan ini, HU-Model telah digunakan.

HU-Model

$$Y = -0,709 + 0,177X_1 + 0,089X_2 + 0,038 X_3 + 0,017X_4 + 0,821X_5$$

Dimana ;

Y = Deteksi Korupsi (*Corruption Detection*)

X₁ = Tekanan (*Pressure*)

X₂ = Kesempatan (*Opportunity*)

X₃ = Pembetulan (*Rationalization*)

X₄ = Kemampuan (*Capability*)

X_5 = Kehilangan Integritas (*Lack Of Integrity*)

Penjelasan:

- a. **Konstanta (a)** ; ini berarti jika semua variabel bebas memiliki nilai nol (0), maka variabel terikat sebesar -0,709
- b. **Tekanan atau *Pressure* (X_1) terhadap Deteksi Korupsi atau *Corruption Detection* (Y)** dengan nilai X_1 adalah sebesar 0,177 dengan nilai positif, ini menunjukkan bahwa Tekanan (*Pressure*) mempunyai hubungan yang sejalan dengan Deteksi Korupsi (*Corruption Detection*) akan naik sebesar 0,177 dengan asumsi bahwa setiap variabel independen yang lain adalah tetap.
- c. **Kesempatan atau *Opportunity* (X_2) terhadap Deteksi Korupsi atau *Corruption Detection* (Y)** dengan nilai X_2 sebesar 0,089, ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan Kesempatan (*Opportunity*) satu satuan, maka variabel Deteksi Korupsi (*Corruption Detection*) akan naik sebesar 0,089 dengan asumsi bahwa setiap variabel independen yang lain adalah tetap.
- d. **Pembenaran atau *Rationalization* (X_3) terhadap Deteksi Korupsi atau *Corruption Detection* (Y)** dengan nilai X_3 sebesar 0,038 dan bernilai positif, ini menunjukkan bahwa Pembenaran (*Rationalization*) mempunyai hubungan yang searah. Hal ini mengandung arti bahwa setiap kenaikan Pembenaran (*Rationalization*) satu satuan, maka variabel Deteksi Korupsi (*Corruption Detection*) akan naik sebesar 0,038 dengan asumsi bahwa setiap variabel independen yang lain adalah tetap.
- e. **Kemampuan atau *Capability* (X_4) terhadap Deteksi Korupsi atau *Corruption Detection* (Y)** dengan nilai X_4 sebesar 0,017, ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan Kemampuan (*Capability*) satu satuan, maka variabel Deteksi Korupsi (*Corruption Detection*) akan naik sebesar 0,017 dengan asumsi bahwa setiap variabel independen yang lain adalah tetap.
- f. **Kehilangan Integritas atau *Lack of Integrity* (X_5) terhadap Deteksi Korupsi atau *Corruption Detection* (Y)** dengan nilai X_5 sebesar 0,821, ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan Kehilangan Integritas (*Lack of Integrity*) satu satuan, maka variabel Deteksi Korupsi (*Corruption Detection*) akan naik sebesar 0,821 dengan asumsi bahwa setiap variabel independen yang lain adalah tetap.

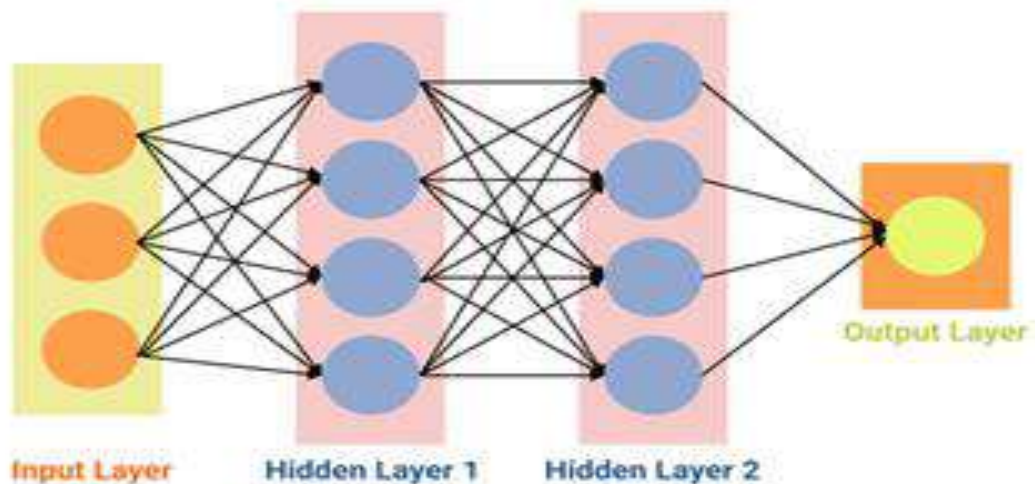
HU-Model deteksi korupsi tersebut selanjutnya akan digunakan untuk mengetahui ada atau tidak indikasi korupsi pada obyek yang dideteksi. Untuk itu, perlu dirinci sampai pada ukuran (indikator) terkecilnya sehingga dapat dilakukan pengumpulan informasi yang akan diregresikan dalam **HU-Model** tersebut. Untuk melakukan pengukuran atas data yang dikumpulkan terkait dengan HU-Model, dibutuhkan suatu sistem aplikasi yang sesuai, yakni *Artificial Neural Network* (ANN).

Pemanfaatan *Artificial Neural Network* (ANN) dalam Deteksi Korupsi

Dengan semakin canggihnya perkembangan digitalisasi, hampir semua aspek terdampak dan harus transform mengikuti perkembangan teknologi ini. Salah satu perkembangan awal dalam digitalisasi tugas-tugas di organisasi adalah *Artificial Neural Network* atau ANN. Sistem ini dibangun sebagai suatu model yang canggih sehingga dapat digunakan untuk perencanaan ke depan melalui aktivitas mendeteksi suatu reaksi atas suatu aksi yang dihadapinya. Sistem ini mengadopsi aktivitas sel saraf dan otak manusia dalam memprogram respons terhadap setiap informasi yang ditangkap oleh pancaindera. Dengan mengacu pada struktur otak manusia, maka model ini juga mengikuti kompleksitas hubungan *neuron* yang saling

terhubung satu sama lain secara kompleks dan eksponensial.

Berdasarkan system saraf *neuron* manusia yang terdiri dari 3 bagian seperti *dendrites*, *cell body*, dan *axon*. Dengan mengacu pada system di tubuh manusia tersebut dibangunlah ANN yang memiliki 3 bagian yakni *layer* masukan (*input*) dan *layer* keluar (*output*), dan *layer* tersembunyi. *Hidden layer* memproses informasi dari *layer input* menjadi *output*. *Layer* tersembunyi menghasilkan *activation* atau *node value* sebagaimana tergambar berikut ini:



Sumber: medium.com

Gambar 6. Struktur ANN

Korupsi merupakan kegiatan yang kompleks dengan melibatkan banyak orang, secara tersembunyi (*concealment*) dan memanfaatkan berbagai pelanggaran untuk mendapatkan kekayaan yang bukan haknya. Tidak seperti pencurian yang biasanya cukup sederhana, korupsi membutuhkan upaya keras dan lama untuk membuktikannya. Oleh karena itu, korupsi tidak kasat mata. *Artificial Neural Network* dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi indikasi tindakan korupsi mengingat ANN memiliki kemampuan besar dalam mengumpulkan dan mengolah informasi dari data yang rumit atau tidak tepat untuk menggambarkan suatu indikasi korupsi. Korupsi memiliki empat unsur yakni ada pelakunya; menguntungkan diri sendiri, orang lain atau korporasi; melanggar hukum; mengakibatkan kerugian negara. Sedemikian rumitnya unsur-unsur tersebut tentunya sulit untuk diketahui dengan cara-cara yang konvensional. Oleh karena itu ANN yang canggih dalam perhitungan secara bersamaan secara lebih cepat, akurat baik dalam membangun kasusnya (*building the case*) maupun perhitungan kerugian negara.

Pemahaman *Artificial Neural Network* (ANN)

Dengan perkembangan digitalisasi dan *exponential growth* (Diamendis), maka sistem yang menduplikasi keterampilan dan tindakan organisme hidup terus dikembangkan. ANN yang dipicu oleh perkembangan teknologi melalui pembangunan jaringan saraf tiruan. Jaringan saraf tiruan dibangun sebagai konfigurasi sel-sel jaringan saraf (*neuron*). Jaringan saraf tiruan menjadi populer dan disukai karena berguna bagi pengembangan pengolahan data untuk memprediksi masa depan dengan kapasitasnya untuk mempelajari komputasi paralel, kapasitasnya untuk memodelkan proses non-linier, dan sifat toleransi yang buruk (Kusumadewi, 2003).

Pola operasional jaringan saraf tiruan mengikuti tahapan pengelompokan, pemisahan data, layaknya jaringan saraf manusia. Bagian utama dari sistem ini adalah struktur sistem pemrosesan informasi inovatif. Jaringan saraf tiruan ini dibangun untuk menangani pekerjaan spesifik, seperti pengenalan pola atau kategorisasi (Puspitaningrum, 2006). Pembangunan jaringan ini memperhatikan penentuan metode atau metode pembelajaran di samping memperhatikan struktur interaksi antara *input node* dan *output node*. Pada dasarnya, jaringan saraf tiruan dibangun dari sejumlah *neuron* sebagai dasar operasi untuk melaksanakan tanggung jawab atau tugasnya (Ripley, 1996). Secara umum disimpulkan bahwa semua fungsi yang dapat dihitung secara teoritis dapat dihitung oleh jaringan syaraf tiruan. Demikian juga, hal-hal yang dapat dicapai oleh komputer digital konvensional, akan lebih mudah dijalankan dengan jaringan syaraf tiruan. Implementasi jaringan saraf tiruan dapat dilakukan pada berbagai hal terutama untuk memprediksi kedepan melalui klasifikasi permasalahan yang terjadi, membuat polanya sehingga dapat ditentukan bagaimana yang akan terjadi sebagai akibatnya. Berdasarkan sistem saraf *neuron* manusia yang terdiri dari 3 bagian seperti *dendrites*, *cell body*, dan *axon*. Dengan mengacu pada system di tubuh manusia tersebut dibangunlah ANN yang memiliki 3 bagian yang yakni *layer* masukan (*input*) dan *layer* keluar (*output*), dan *layer* tersembunyi. *Hidden layer* memproses informasi dari *layer input* menjadi *output*. Sistem kerjanya dihubungkan dengan *neuron* pada setiap lapisan. Setiap lapisan memiliki sejumlah *neuron*, dan *neuron* tersebut terhubung dengan *neuron* di lapisan di bawahnya (Ripley, 1996).

Jaringan saraf tiruan terdiri dari berbagai pola dan memberikan manfaat yang banyak bagi organisasi dalam menjalankan kegiatannya terutama untuk melakukan *forecasting*, seperti:

- a) Jaringan saraf tiruan nonlinier, Jaringan ini cocok untuk sistem dengan masalah yang rumit.
- b) Jaringan saraf tiruan adaptif, Jaringan ini dapat menghasilkan perincian (pemetaan asosiasi) antara input dan outputnya berdasarkan olahan dari data yang diberikan padanya.
- c) Jaringan saraf tiruan tahan kesalahan, ketahanan jaringan saraf tiruan dapat saja mengalami malfungsi atau kerusakan, namun demikian jaringan secara keseluruhan tetap dapat berfungsi.
- d) Generalisasi jaringan saraf tiruan, jaringan dapat memproses data yang belum pernah dilatihkan padanya.

Upaya penting yang perlu dipersiapkan dalam rangka menjadikan Indonesia yang bersih dan bebas dari korupsi adalah melalui upaya pemberantasan korupsi dengan dua strategi utama yakni penindakan (*represif*) dan pencegahan (*preventif*) korupsi. Mengingat korupsi terjadi karena adanya dua unsur yakni niat dan kesempatan, maka upaya pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan membangun sistem yang efektif untuk menekan kesempatan orang melakukan korupsi. ANN yang kompleks dapat mengatasi kelemahan dalam mendeteksi Tindakan korupsi yang tersembunyi dan terbungkus sistem canggih dan kerjasama diantara para pelaku korupsi.

Widianto (<https://binus.ac.id/bandung/2021/04/deteksi-penipuan-kartu-kredit-menggunakan-jaringan-syaraf-tiruan-dan-backpropagation/>) melakukan penelitian dengan hasilnya bahwa : Prediksi dan Deteksi *Fraud* dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan *Self-Organizing Maps* “mengusulkan agar penggunaan SOM yang akan memplot serta merepresentasikan berbagai status transaksi. Mekanisme *clustering* SOM digunakan untuk mendeteksi kegiatan

pemerasan kartu kredit. model dievaluasi menggunakan matriks konfusi. Standar *confusions matrix* ditunjukkan di bawah ini.

		Predicted Class	
Actual Class		True Positive (TP)	False Negative (FN)
		False Positive (FP)	True Negative (TN)

Gambar 7. Standar *Confusions matrix*

Selanjutnya digunakan metode *Backpropagation* berhasil menunjukkan akurasi tinggi dan hampir mendekati sempurna 100%. Teknik *Backpropagation* merupakan bagian dari *Artificial Intelligence*. Model ini dapat mendeteksi transaksi secara *real-time* sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi kecurangan dan menghentikan transaksi kecurangan yang sedang berlangsung. Dengan demikian, perusahaan dapat membantu korban kecurangan dengan memberikan informasi mengenai kecurangan, pola kecurangan, dan pelaku yang mengakibatkan kerugian.

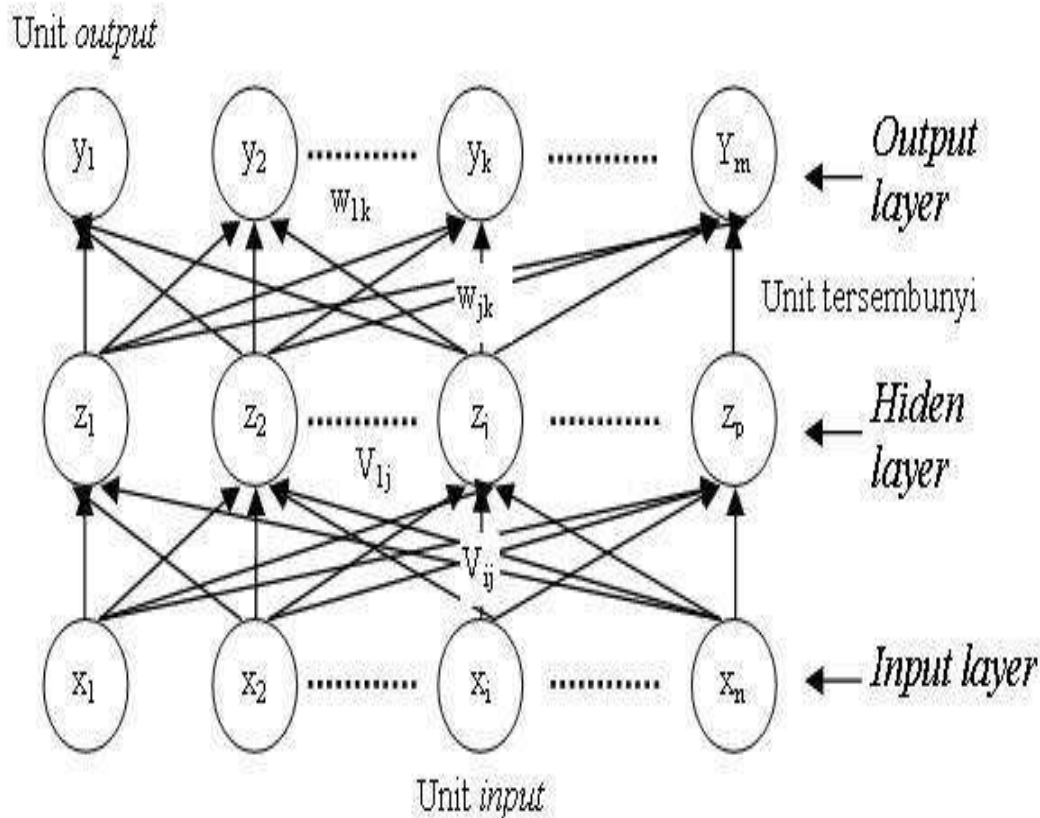
Jaringan saraf tiruan, seperti yang disebutkan sebelumnya, meniru otak manusia dalam dua cara, salah satunya adalah pengetahuan yang diperoleh jaringan melalui proses pembelajaran. Impuls listrik berjalan di sepanjang *dendrit* setiap *neuron* di otak manusia saat mereka membawa informasi dari satu ke yang berikutnya. Jika suatu *neuron* menerima suatu stimulus, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan sinyal ke semua *neuron* lain dalam jaringannya hingga informasi tersebut mencapai sasarannya, yaitu terjadinya suatu reaksi. Keluaran yang dihasilkan oleh sel tidak akan bereaksi jika rangsangannya terlalu halus. Oleh karena itu, sangat menantang untuk memahami bagaimana otak manusia dapat belajar. Bobot penghubung *neuron* berfluktuasi secara signifikan selama proses pembelajaran. Sel akan merespon dengan cepat jika ada rangsangan yang sama dengan rangsangan yang diterimanya. Namun, jika stimulus selanjutnya berbeda dari yang sudah dialami *neuron*, sel akan dengan cepat menyesuaikan diri untuk memberikan respons yang diinginkan (Kusumadewi, 2003)

Jaringan syaraf tiruan akan berusaha meniru kapasitas belajar di otak manusia. *neuron* dan *dendrit* juga merupakan komponen jaringan saraf tiruan. Jaringan saraf tiruan berbeda dari model biologis karena dibentuk oleh sejumlah besar *neuron*, memiliki struktur yang tidak dapat diubah, dan mengandung nilai spesifik yang mewakili kekuatan koneksi antar *neuron* (yang

dikenal sebagai bobot). Nilai bobot berubah sebagai hasil dari proses pembelajaran. Jika informasi yang diberikan oleh *neuron* yang bersangkutan ditransmisikan, maka nilai bobotnya akan naik; sebaliknya, jika informasi tidak ditransmisikan oleh *neuron* yang bersangkutan ke neuron lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan turun. Nilai bobot akan berfluktuasi secara dinamis seiring dengan pembelajaran yang dilakukan pada berbagai *input* hingga mencapai angka yang cukup seimbang. Bila nilai ini tercapai, berarti setiap masukan berkorelasi dengan hasil yang diharapkan (Kusumadewi, 2003).

Pembelajaran terawasi atau teknik pelatihan yang paling populer adalah *backpropagation*, sering dikenal sebagai *backpropagation*. Pendekatan ini sangat efektif dalam mengatasi tantangan dalam mengidentifikasi pola yang kompleks. Setiap unit di lapisan *input* terhubung ke setiap unit di lapisan *output* di jaringan propagasi balik ini. Ada banyak lapisan dalam jaringan ini. Ketika pola *input* disajikan ke jaringan sebagai pola pelatihan, unit lapisan tersembunyi meneruskan pola tersebut ke unit lapisan *output*. Unit-unit *output layer* kemudian akan bereaksi sebagai *output* dari jaringan syaraf tiruan. Ketika hasil keluaran tidak sesuai dengan harapan, maka keluaran akan disebarkan mundur ke lapisan tersembunyi kemudian dari lapisan tersembunyi ke lapisan masukan (Puspitaningrum, 2006).

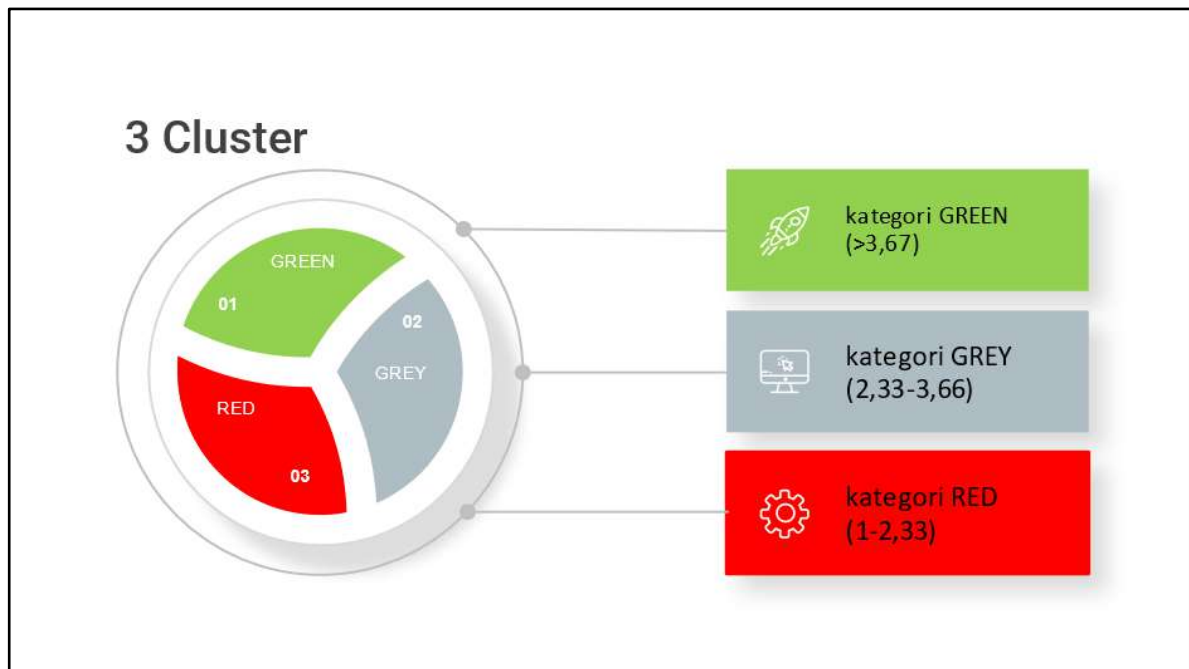
Kesalahan keluaran digunakan oleh algoritma *backpropagation* untuk memindahkan nilai bobot mundur. Tahap propagasi maju harus diselesaikan terlebih dahulu untuk mendapatkan kesalahan ini. Fungsi aktivasi *sigmoid* atau *sigmoid biner* digunakan untuk mengaktifkan *neuron* selama propagasi maju.



Gambar 8. Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

Hasil Deteksi Korupsi

Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga kluster instansi terkait dengan tindak pidana korupsi yakni:

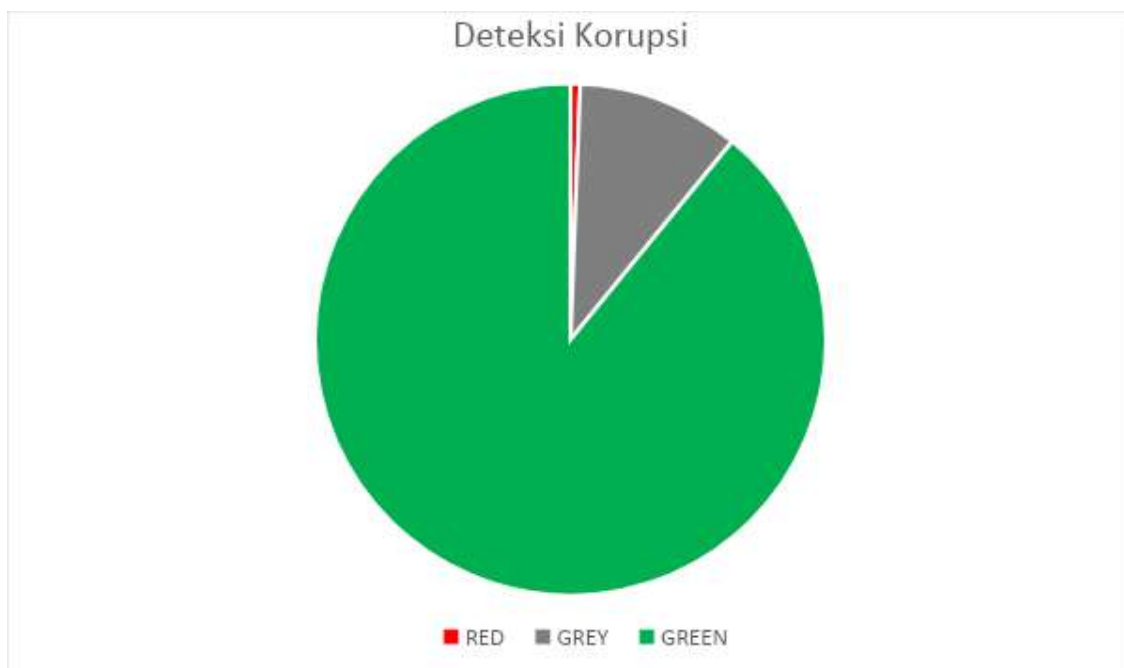


Sumber: hasil olahan CART dan STATCAL

Gambar 9. Klasterisasi Korupsi Instansi

Pada gambar 9 terlihat dalam setiap instansi yang dideteksi, dijelaskan berikut ini:

- Klaster tidak terindikasi korupsi (*green*) jika nilai hasil deteksi korupsinya $> 3,66$
- Klaster abu-abu (*grey*) jika nilai hasil deteksi korupsinya antara $2,33 < X < 3,66$
- Klaster terindikasi korupsi (*red*) jika nilai hasil deteksi korupsinya $< 2,33$



Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 10. Hasil Klasterisasi

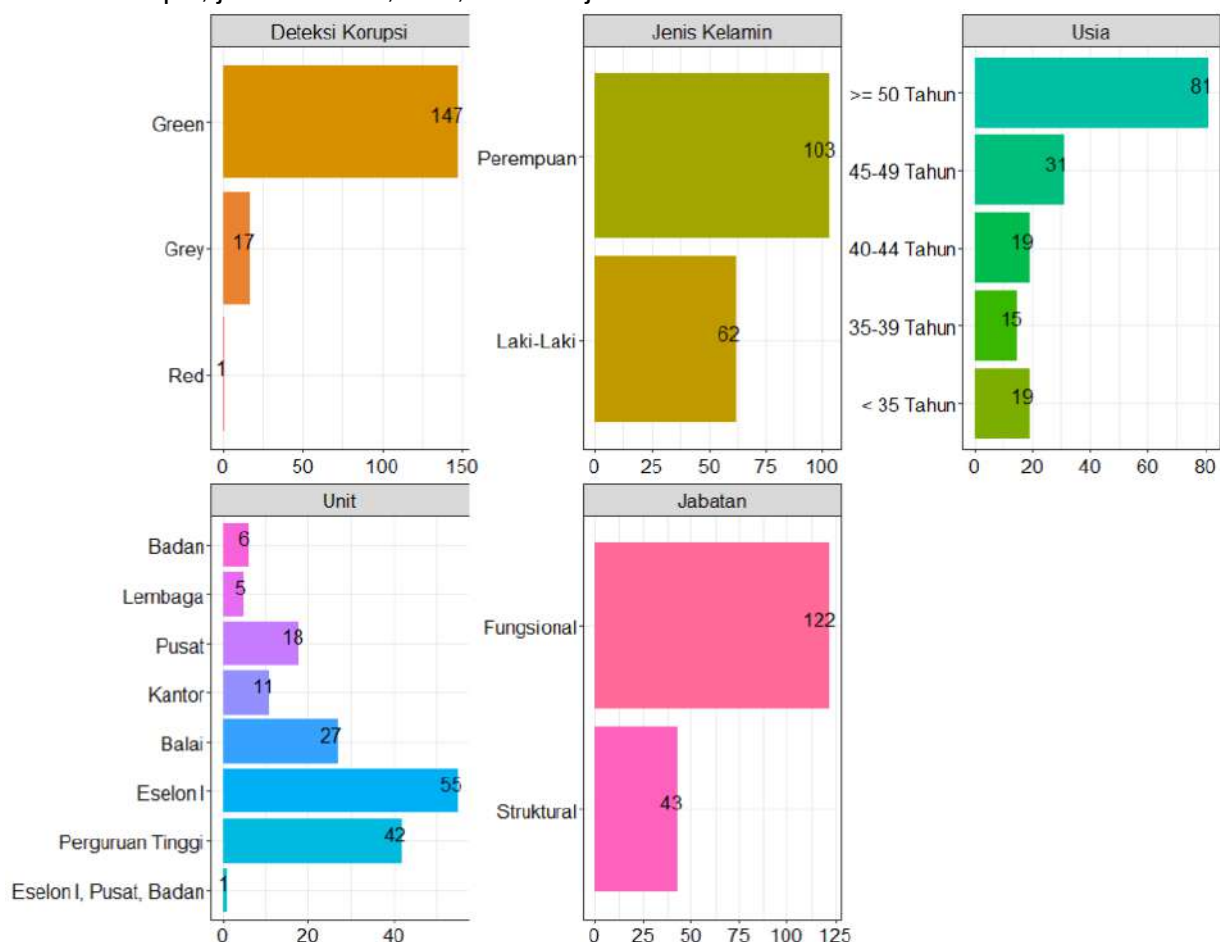
Hasil penelitian terhadap unit-unit di lingkungan Kemdikbud Ristek dilakukan terhadap 165 responden yang menjawab kuesioner penelitian dapat digambarkan berikut ini :

- terdapat 147 unit di lingkungan kemdikbud Ristek yang tidak terindikasi korupsi atau masuk dalam klaster *green*.
- Terdapat 17 unit di lingkungan kemdikbud Ristek yang abu-abu atau masuk dalam klaster *grey*.
- Terdapat 1 unit di lingkungan kemdikbud Ristek yang terindikasi korupsi atau masuk dalam klaster *red*.

HU-Model ini cukup efektif untuk membantu auditor dalam mendeteksi korupsi sehingga dapat mencapai kualitas audit yang tinggi. Dengan diketahui 3 klaster tersebut, auditor dapat menentukan *scope* auditnya dan selanjutnya bermanfaat untuk upaya pencegahan korupsi.

Statistik Deskriptif

Pada bagian statistik deskriptif, disajikan grafik batang frekuensi dan rata-rata berdasarkan variabel yang diteliti. Gambar 11 disajikan grafik batang frekuensi berdasarkan variabel deteksi korupsi, jenis kelamin, usia, unit dan jabatan.

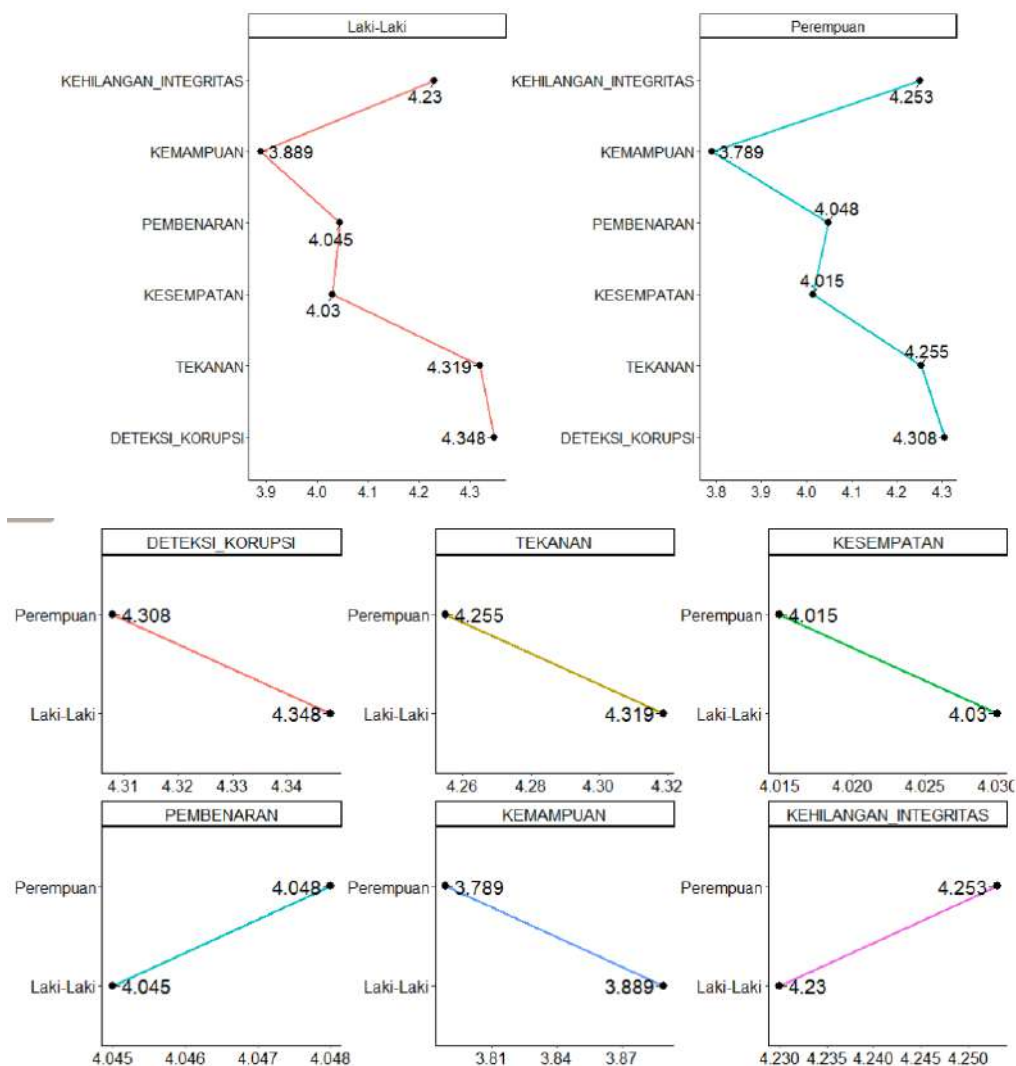


Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 11

Grafik Batang Frekuensi berdasarkan Variabel Deteksi Korupsi, Jenis Kelamin, Usia, Unit dan Jabatan

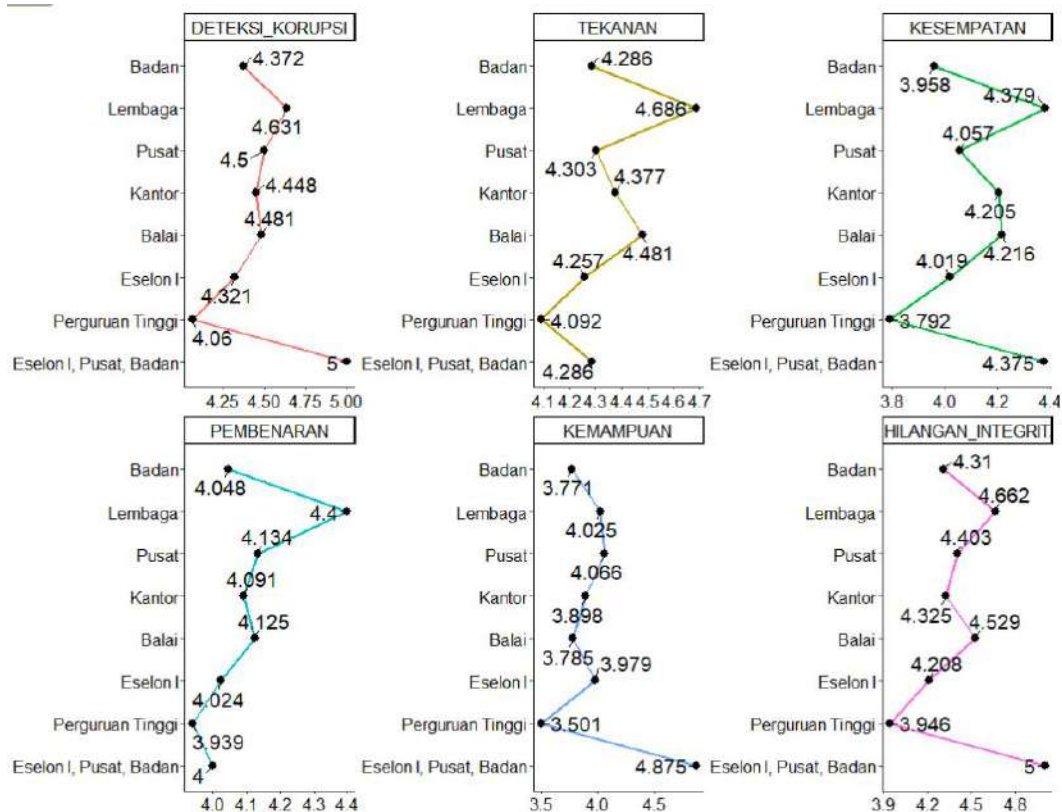
Diketahui pada variabel deteksi korupsi, yang masuk ke dalam kategori *GREEN* sebanyak 147, kategori *GREY* sebanyak 17 dan kategori *RED* sebanyak 1. Pada variabel jenis kelamin, mayoritas responden dengan jenis kelamin perempuan, yakni sebanyak 103. Sementara usia paling banyak berusia ≥ 50 tahun, yakni sebanyak 81. Unit paling banyak adalah Eselon I dan jabatan paling banyak adalah fungsional.



Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 12. Grafik Batang Rata-Rata berdasarkan Jenis Kelamin

Pada gambar 12 disajikan rata-rata kehilangan integritas, kemampuan, pembenaran, kesempatan, tekanan dan deteksi korupsi berdasarkan jenis kelamin. Dilihat dari deteksi korupsi, secara rata-rata lebih tinggi laki-laki, dengan rata-rata 4,348. Variabel tekanan, kesempatan, kemampuan, secara rata-rata lebih tinggi laki-laki, sementara pembenaran dan kehilangan integritas lebih tinggi pada perempuan.



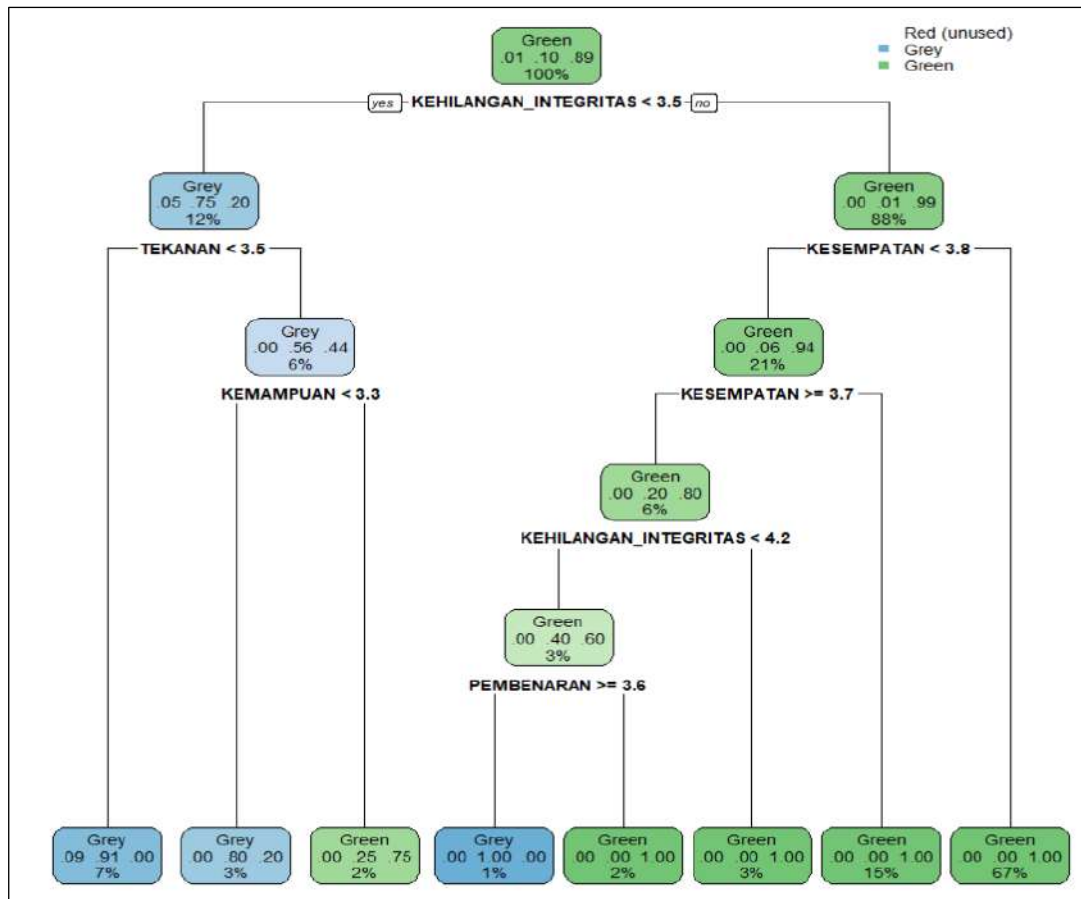
Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 13. Grafik Batang Rata-Rata berdasarkan Unit

Pada gambar 13 disajikan rata-rata kehilangan integritas, kemampuan, pembenaran, kesempatan, tekanan dan deteksi korupsi berdasarkan unit. Secara rata-rata, pada deteksi korupsi lebih tinggi pada Eselon I, Pusat dan Badan. Pada variabel tekanan, lebih tinggi pada unit Lembaga. Pada variabel Kesempatan, Kemampuan dan Kehilangan Integritas, secara rata-rata paling tinggi pada Eselon I, Pusat, Badan.

Prediksi Klasifikasi Deteksi Korupsi

Penelitian ini melihat tekanan, kesempatan, pembenaran, kemampuan, kehilangan integritas, dan deteksi korupsi. *Classification and Regression Tree* (CART) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data. Untuk menentukan model prediksi klasifikasi untuk deteksi korupsi, teknik CART digunakan. Ada tiga area untuk variabel deteksi korupsi: merah, hitam, dan hijau. Hasil dari model prediksi klasifikasi deteksi korupsi ditunjukkan pada Gambar 14. Kemudian Gambar 15 menunjukkan hasil akurasi prediksi klasifikasi.



Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 14. Model Prediksi Klasifikasi Deteksi Korupsi

Prediksi klasterisasi pada gambar 8 memiliki akurasi sebesar 98,16% artinya cukup tinggi tingkat akurasi sehingga dapat digunakan sebagai rujukan untuk tahapan selanjutnya.

Accuracy

Show entries

Search:

	nama_akurasi	akurasi
1	Accuracy (%)	98.16

Showing 1 to 1 of 1 entries

Previous Next

Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 15. Hasil Akurasi Prediksi Klasifikasi

Berikut ini merupakan Gambar 16, menunjukkan hasil dari model prediksi klasifikasi deteksi korupsi:

Deteksi Korupsi: HU-Model



Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 16. Variabel Penyebab Korupsi

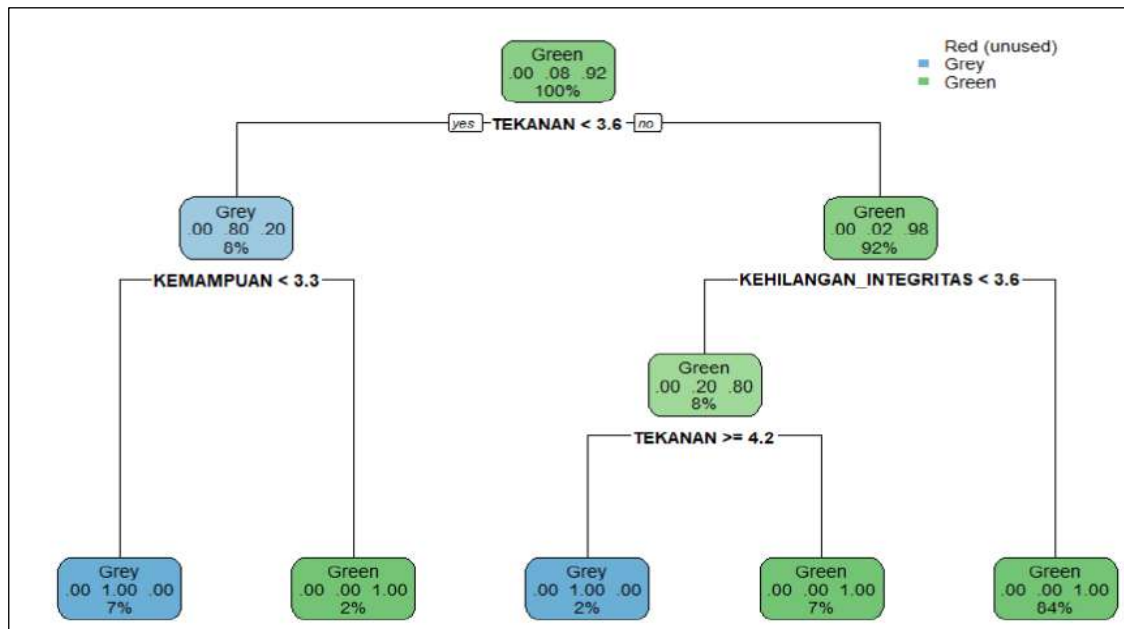
Kehilangan integritas adalah elemen utama dalam deteksi korupsi. Orang-orang ini korup dengan rekayasa, menerima tawaran suap, manipulasi, *mark-up*, *mark-down*, dan fiktif karena mereka berada dalam kondisi integritas yang menurun. Faktor kedua yang mempengaruhi kasus deteksi korupsi adalah tekanan dan kesempatan. Faktor ketiga adalah kemampuan. Faktor keempat adalah adanya pembenaran. Ada banyak pembenaran, seperti gaji yang rendah; orang lain juga melakukannya, sekali saja, dan sebagainya. Para pegawai yang bekerja di kantor pemerintah mungkin dibenarkan untuk menerima gratifikasi, pemerasan, atau suap sebagai tanggapan atas gaji yang tidak mencukupi.

Hasil dari pengolahan dengan menggunakan metode CART diketahui bahwa :

- Seorang responden dengan rata-rata kehilangan integritas < 3.5 , dengan demikian maka diperkirakan akan masuk ke dalam area **GREY**, dengan akurasi ketepatan prediksi 75%. Namun apabila rata-rata kehilangan integritas ≥ 3.5 , maka diperkirakan akan masuk ke dalam area **GREEN**, dengan akurasi ketepatan prediksi 99%.
- Apabila seorang responden dengan rata-rata kehilangan integritas ≥ 3.5 dan rata-rata kesempatan ≥ 38 , maka diprediksi masuk ke dalam area **GREEN**, dengan akurasi ketepatan prediksi sebesar 100%.
- Apabila seorang responden dengan rata-rata kehilangan integritas < 3.5 dan rata-rata tekanan < 3.5 , maka diprediksi masuk ke dalam area **GREY**, dengan akurasi ketepatan prediksi sebesar 91%.
- Apabila seorang responden dengan rata-rata kehilangan integritas < 3.5 , rata-rata tekanan > 3.5 dan rata-rata kemampuan < 3.3 , maka diprediksi masuk ke dalam area **GREY**, dengan akurasi ketepatan prediksi sebesar 80%.

- e) Secara keseluruhan, model pada Gambar 4 memiliki ketepatan prediksi klasifikasi secara keseluruhan sebesar 98,16%.

Dilihat dari gender pelaku korupsi, bisa dibandingkan antara pelaku perempuan dan laki-laki sebagaimana terlihat dalam gambar 11 dan 13. Pada gambar 11 dijelaskan mengenai klasifikasi penyebab korupsi pada perempuan sebagai berikut:



Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 17. Model Prediksi Klasifikasi Deteksi Korupsi pada Perempuan

Accuracy

Show entries

Search:

	nama_akurasi	akurasi
1	Accuracy (%)	100

Showing 1 to 1 of 1 entries

Previous Next

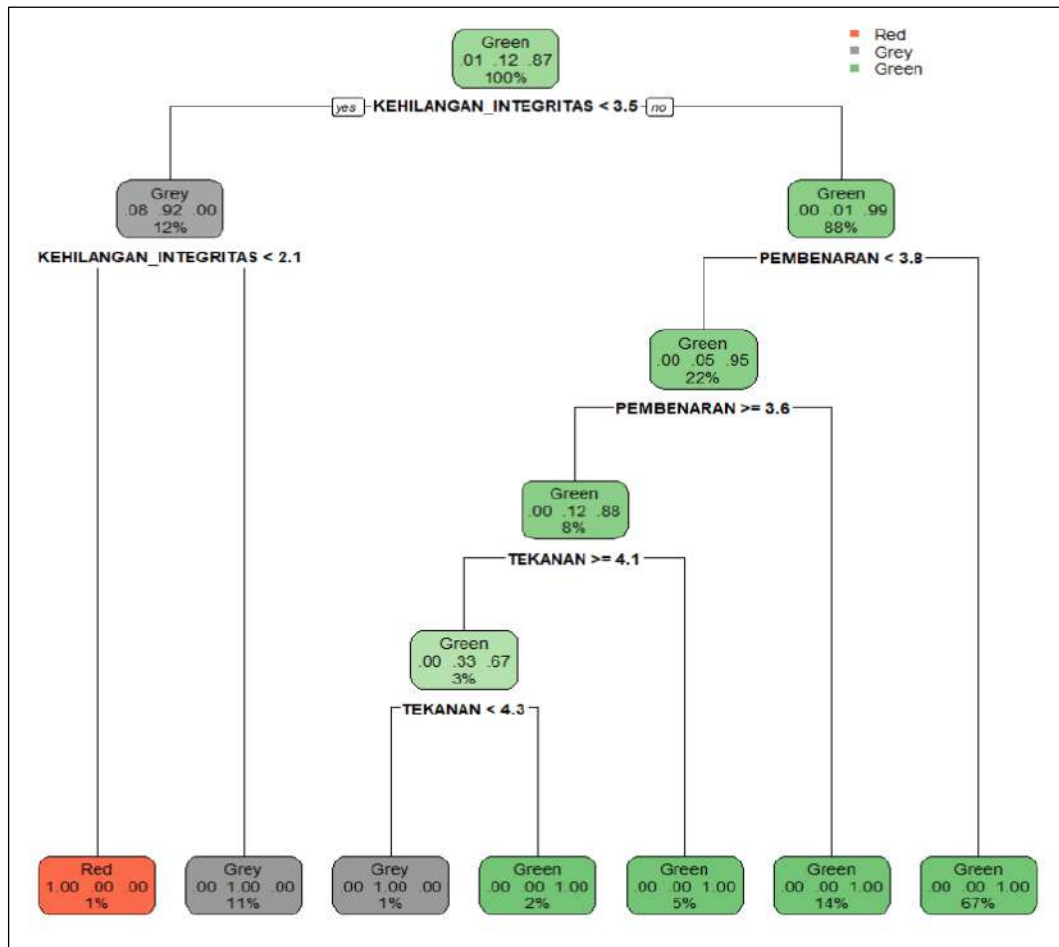
Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 18. Hasil Akurasi Prediksi Klasifikasi pada Perempuan

Pada Gambar 19 disajikan hasil akurasi prediksi klasifikasi. Terlihat bahwa dalam kasus deteksi korupsi, tekanan adalah faktor paling penting. Kemampuan dan kehilangan integritas adalah faktor kedua yang paling penting.

Dengan metode CART diperoleh hasil bahwa seorang responden dengan rata-rata tekanan < 3.6, maka diprediksi akan masuk ke dalam **GREY** area, dengan akurasi ketepatan prediksi 80%. Namun apabila rata-rata tekanan ≥ 3.6 , maka diprediksi akan masuk ke dalam **GREEN** area, dengan akurasi ketepatan prediksi 92%. Secara keseluruhan, model pada Gambar 20 memiliki ketepatan prediksi klasifikasi secara keseluruhan sebesar 100%.

Selanjutnya gambar 13 menjelaskan klasifikasi penyebab korupsi pada laki-laki:



Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 19. Model Prediksi Klasifikasi Deteksi Korupsi pada Laki-Laki

Accuracy

Show entries

Search:

	nama_akurasi	akurasi
1	Accuracy (%)	100

Showing 1 to 1 of 1 entries

Previous Next

Sumber: hasil pengolahan data dengan CART dan STATCAL

Gambar 20. Hasil Akurasi Prediksi Klasifikasi pada Laki-Laki

Gambar 20 disajikan hasil model prediksi klasifikasi deteksi korupsi pada laki-laki. Gambar 19 disajikan hasil akurasi prediksi klasifikasi. Terlihat bahwa:

- Komponen utama yang paling menentukan terhadap kejadian deteksi korupsi adalah kehilangan integritas.

b) Komponen kedua yang menentukan terhadap kejadian deteksi korupsi adalah pembenaran.

Berdasarkan hasil CART seorang responden dengan rata-rata kehilangan integritas < 3.5 , maka diprediksi akan masuk ke dalam **GREY** area, dengan akurasi ketepatan prediksi 92%.

Namun apabila rata-rata kehilangan integritas ≥ 3.5 , maka diprediksi akan masuk ke dalam **GREEN** area, dengan akurasi ketepatan prediksi 88%.

Secara keseluruhan, model pada Gambar 8 memiliki ketepatan prediksi klasifikasi secara keseluruhan sebesar 100%.

Dampak terhadap Pencegahan Korupsi

Dalam pemberantasan korupsi, strategi penindakan korupsi termasuk pencegahan, monitoring, supervisi, dan koordinasi. Perlu dilakukan upaya tambahan yang lebih luas dan efektif untuk mencegah kejahatan korupsi ini terulang. Kita juga harus memperhatikan penyebab utama masalah ini dan memperbaiki sistem sebagai cara pencegahan. Reformasi birokrasi dan penerapan prinsip-prinsip *good governance* adalah langkah pencegahan. Oleh karena itu, sistem pencegahan korupsi harus dibuat yang mencakup hal-hal berikut:

- 1) Organisasi pemerintahan harus mampu mencegah, menangkal, dan dapat dengan mudah mendeteksi korupsi melalui kegiatan pencegahan korupsi;
- 2) Instansi pemerintahan juga harus mampu menyiapkan sistem yang memungkinkan mereka untuk mendeteksi, mengungkapkan fakta korupsi, dan menindaklanjutinya sesuai dengan undang-undang, atau lebih sering disebut sebagai kegiatan investigasi.
- 3) Setiap organisasi pemerintahan harus mampu melakukan pendidikan dan pemahaman yang lebih baik tentang cara mendorong semangat anti korupsi.

Upaya pencegahan korupsi pada dasarnya adalah mencegah faktor-faktor yang menyebabkan tindak pidana korupsi terjadi. Ada berbagai alasan untuk korupsi, termasuk tekanan (*pressure*), kesempatan (*opportunities*), dan pembenaran (*rationalization*). Selain itu, ada empat faktor yang mendorong penyimpangan atau penipuan diamond. (Wolfe, D. T. and Hermanson, D. R. 2004) otoritas. Dari hasil penelitian ini ditunjukkan bahwa pemicu utama terjadinya korupsi yaitu **kehilangan integritas (*lack of integrity*)**. Hal ini didukung oleh Umar, (2016).

KESIMPULAN

Korupsi merupakan suatu aktivitas seseorang untuk memperkaya diri sendiri dengan menyalahgunakan posisi atau kekuasaan mereka. Korupsi telah menyebar ke berbagai tingkatan pemerintahan, termasuk pemerintah pusat, provinsi, daerah, kabupaten kota, kecamatan, dan desa. Menurut model fraud star, penyebab korupsi terdiri dari kesempatan, tekanan, pembenaran, kewenangan, dan kehilangan integritas (Umar, 2016). Di Indonesia, ada karakteristik korupsi yang sangat kompleks di kalangan pemerintahan, perusahaan swasta, BUMN/D, dan pejabat publik dari pusat hingga daerah. Strategi pemberantasan korupsi, yang terdiri dari penindakan, pencegahan, monitoring, koordinasi, supervisi, dan eksekusi (UU no 19 tahun 2019), harus lebih dikongkretkan melalui upaya pencegahan dini karena tingkat korupsi yang semakin tinggi dan kompleks. Artikel ini membahas penggunaan HU-Model dengan mesin pendeteksi korupsi yang menggunakan pembelajaran mesin, yaitu ANN (Umar et al., 2018). Dalam algoritma klasifikasi, ANN dapat mengklasifikasikan data

input dan menghasilkan output yang menjelaskan apakah seseorang melakukan tindakan korupsi dengan benar atau tidak. Selain itu, penggunaan pembelajaran mesin mungkin bermanfaat bagi organisasi anti korupsi yang beroperasi di Indonesia dari tahun 1967 hingga 2000, termasuk Tim Pemberantasan Korupsi, Komisi Anti Korupsi, Komisi Empat, Operasi Pengendalian, Tim Pemberantasan Korupsi 1982, Gabungan Tim Pemberantasan Korupsi, dan Komisi Pemberantasan Korupsi. Dengan hadirnya machine learning, diharapkan dapat menjadi salah satu alat untuk mengontrol penerapan pemerintahan yang baik (good governance) di era digitalisasi saat ini, khususnya di Pemprov DKI Jakarta, untuk mewujudkan pemerintahan yang bersih.

Strategi untuk memerangi korupsi, tidak cukup hanya melakukan tindakan represif seperti penyelidikan, penyidikan, dan penuntutan. Sebaliknya, perlu diterapkan berbagai pendekatan tambahan untuk memerangi korupsi di Indonesia, seperti:

- 1) Preventif. Setiap lembaga pemerintah harus memiliki kemampuan untuk mencegah, menangkal, dan mendeteksi tindakan korupsi.
- 2) Represif. Jika lembaga pemerintah tidak dapat mencegah tindakan korupsi, setiap organisasi harus diminta untuk mengambil langkah-langkah yang meningkatkan kesadaran orang-orang di dalam dan di luar organisasi untuk memerangi korupsi sesuai dengan kemampuan mereka.
- 3) Preemptif/edukatif: Meningkatkan kesadaran orang-orang di dalam dan di luar organisasi untuk memerangi korupsi sesuai dengan kemampuan mereka.

Strategi represif digunakan secara luas untuk melaksanakan program pemberantasan korupsi selama delapan tahun terakhir. Namun, untuk menimbulkan efek jera, diperlukan tindakan represif; namun, hal ini membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tinggi (ACFE Manual, 2007). Karena itu, sistem pencegahan dan pemberantasan korupsi diperlukan untuk mencegah, menangkal, dan mendeteksi korupsi secara cepat.

Korupsi merupakan sesuatu yang disembunyikan. Tanda-tandanya termasuk kebijakan yang terintegrasi, struktur pertanggungjawaban, kepedulian pegawai, kepedulian pelanggan dan masyarakat, analisis risiko kejadian korupsi, sistem pelaporan kejadian korupsi, pengungkapan yang dilindungi, pemberitahuan kepada pihak eksternal, standar investigasi, dan standar perilaku dan disiplin (BPKP dan EY, 2002; Komisi Korupsi dan Kesalahan, 2005).

Korupsi perlu dideteksi sejak dini, mengingat berbagai kasus korupsi telah dimulai rekayasa sebelum anggaran ditetapkan dan disetujui oleh legislatif dan eksekutif. Untuk mendeteksi korupsi diperlukan suatu model yang dapat menggambarkan adanya suatu indikasi kejadian korupsi terutama pada suatu organisasi (instansi pemerintah, BUMN/BUMD, pemerintah daerah, Lembaga, dll) HU-Model yang dikembangkan oleh Umar (2020) merupakan jawaban atas kebutuhan akan alat untuk mendeteksi korupsi. HU-Model ini diharapkan dapat membantu para auditor didalam menjalankan tugas auditnya untuk meningkatkan kualitas auditnya melalui suatu upaya deteksi korupsi yang efektif dan akurat. Oleh karena itu, auditor perlu mengumpulkan dan menganalisis bukti-bukti terkait indikasi korupsi dengan mengimplementasikan HU-Model. bukti yang perlu dikumpulkan oleh detektor dari unit yang sedang dideteksi berupa : (a) Tekanan dapat berasal dari luar (dari atasan, kebijakan pimpinan, atau pihak lain) atau dari dalam (dari keinginan dan keserakahan) pegawai yang korup. Tekanan ini tidak selalu terkait dengan uang, tetapi juga bukan faktor non-keuangan. Tekanan yang bukan terkait dengan masalah finansial dapat berasal dari kebiasaan buruk

seseorang selama hidupnya, seperti berjudi atau keserakahan, (b) kesempatan yang mendukung terlaksananya perbuatan pidana korupsi dapat berasal dari kelemahan sistem yang memungkinkan, lemahnya pengawasan, atau kondisi lainnya yang memungkinkan mereka yang sudah memiliki rencana jahat untuk melakukan korupsi untuk dirobos dan disalah gunakan, dan (c) pembenaran dapat menjadi sarana untuk memperbaiki keadaan di mana hampir semua orang yang terlibat dalam operasi tangkap tangan (OTT) yang dilakukan oleh KPK adalah pejabat penting, seperti menteri, gubernur, bupati, walikota, anggota DPR/DPD, ketua MK, Ketua DPD, dan berbagai pejabat penting dari berbagai profesi yang secara logika memiliki kapasitas ekonomi dan keuangan yang cukup.

Deteksi korupsi menggunakan HU model yang dikembangkan dari penyebab korupsi yakni *fraud star*. HU model dapat menemukan pelanggaran korupsi yang kompleks dan rumit. Auditor dapat meningkatkan mutu dan hasil audit dengan menerapkan model ini karena dapat memberikan informasi tentang indikasi korupsi dipihak yang diaudit. Kurang integritas (*lack of integrity*), kesempatan (*opportunity*), tekanan (*pressure*), rasionalisasi (*rationalization*), dan kemampuan (*capability*).

Model deteksi bermanfaat bagi manajemen untuk melakukan upaya pencegahan. Dengan telah diketahui adanya indikasi korupsi, maka upaya pencegahan akan dapat dilakukan secara efisien dan efektif. Upaya pencegahan sebelumnya, termasuk sosialisasi, pengawasan, dan pembangunan sistem, belum berkonsentrasi pada indikasi korupsi yang berpotensi terjadi. Oleh karena itu, untuk membangun organisasi yang akuntabel, transparan, dan bersih, penerapan HU Model sangat penting. Lebih lanjut, organisasi akan dapat membangun *good governance* untuk keberlangsungan organisasi tersebut.

Model HU memungkinkan *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mendeteksi korupsi pada kumpulan data yang besar dan memberikan hasil yang lebih akurat dan lebih baik daripada metode atau algoritma lainnya. Meskipun kerugian yang disebabkan oleh korupsi semakin meningkat mencapai ratusan triliun rupiah, korupsi yang semakin kompleks dan canggih semakin sulit untuk dihilangkan. Teknik/metode JST yang menggunakan *backpropagation gradient descent* dan beroperasi secara otomatis dan memberikan hasil yang lebih baik dengan sendirinya.

Pertanyaan Diskusi:

1. Menurut pendapat Anda strategi apa yang sebaiknya diterapkan untuk mencegah dan mengurangi tingkat korupsi di Indonesia?
2. Apakah Anda pernah mendapatkan sosialisasi atau pengarahan mengenai pencegahan korupsi di Indonesia? Jika sudah apakah saran Anda untuk perbaikan ke depannya? Jika belum pernah, saran kongkrit apa yang Anda sampaikan?
3. Apa saran Anda agar kurikulum Sekolah dan Perguruan Tinggi terkait anti korupsi berjalan dengan baik?
4. Apa saran Anda tentang upaya pendeteksian korupsi dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN)?

SARAN

Berdasarkan penjelasan HU-Model dan ANN, perlu dipersiapkan:

1. Pemerintah menyiapkan strategi baru dalam pemberantasan korupsi khususnya terkait dengan strategi pencegahan korupsi agar lebih efektif dan efisien menurunkan kuantitas dan kualitas korupsi di Indonesia.
2. Strategi baru pencegahan korupsi berupa kebijakan implementasi deteksi korupsi HU-Model dengan dukungan dari ANN.
3. Perlu dilakukan diseminasi secara menyeluruh deteksi korupsi HU-Model dengan dukungan ANN secara terstruktur agar dapat efektif dan efisien diimplementasikan dalam organisasi.
4. Dibuatkan juga kebijakan yang mewajibkan pengawas internal melakukan deteksi korupsi sehingga dapat memberikan rekomendasi perbaikan dan pencegahan tindak pidana korupsi di lingkungan organisasi.
5. Dukungan manajemen agar pencegahan korupsi dapat berjalan sukses menurunkan tindak pidana korupsi di Indonesia dengan melakukan pemantauan atas implementasi HU-Model dengan dukungan ANN

DAFTAR PUSTAKA

- Albrecht, W. S. (2012). *Fraud Examination* (4th ed.). USA: South-Western.
- Bernardi, R. dan Guptill, S., 2008. Social Desirability Response Bias, Gender and Factors Influencing Organizational Commitment: An International Study. *Journal of Business Ethics*.
- Cressey, D. R. (1950). "The criminal violation of financial trust". *American Sociological Review*, Retrieved from www.JSTOR.org, <https://doi.org/10.2307/2086606>
- Damayanti, F., dan Susanto, T. 2015. Pengaruh Komite Audit, Kualitas Audit, Kepemilikan Institusional, Risiko Perusahaan Dan Return On Assets Terhadap Tax Avoidance. *Jurnal Bisnis Dan Manajemen*, 5(2), 187–206.
- Fitria, D. 2014. *Buku Pintar Akuntansi untuk Orang Awam & Pemula*. Jakarta Timur: Laskar Aksara
- hasil olahan CART dan STATCAL
- <https://binus.ac.id/bandung/2021/04/deteksi-penipuan-kartu-kredit-menggunakan-jaringan-syaraf-tiruan-dan-backpropagation/>
- <https://medium.com/@ilhamfauziernanda046/kecerdasan-buatan>
- <https://www.kompasiana.com/iwayanbagiarta1025/5fc4fd21bb448644ce1fb312/korupsi-pejabat-di-indonesia-tembus-angka-1207-orang-dari-sejak-kpk-berdiri>
- <https://www.liputan6.com/regional/read/2691210/pelaku-korupsi-didominasi-pns>
- <https://www.liputan6.com/regional/read/2691210/pelaku-korupsi-didominasi-pns>
- Indonesian Corruption Watch. 2016. Laporan pemantauan ICW terhadap tren penanganan kasus korupsi. 2016. Jakarta: ICW.
- Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Marten, B, Aswari, A. dan Djanggih, H., 2018, Konsepsi Penyelamatan Dana Desa dari Perbuatan Korupsi, *HORLEV*, Vol. 2 (2), Hal. 448-459
- Purba, B. P. 2015. *Fraud dan Korupsi, Pencegahan, Pendeteksian, dan Pemberantasannya*. Jakarta: Lestari Kiranatama.
- Puspitaningrum, D., 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta : Andi.
- Ripley, B.D. 1996. *Pattern Recognition and Neural Networks*. Cambridge University Press, Cambridge.
- software* Harzing's Publish or Perish, kemudian diolah menggunakan *software* VOSviewer selama periode tahun 2019-2024.
- Tuanakota, T. M., (2010). *Akuntansi forensic auditing investigative*. Jakarta: Salembaempat
- VIVA.co.id** (Selasa, 19 September 2017 | 16:59 WIB, dan **Tim Okezone**, *Jurnalis · Sabtu 23 September 2017, 11:44 WIB, serta Ronna Nirmala*-Beritagar.id | 07:08 WIB - Rabu, 27 September 2017):
- Singleton, T., Singleton, A., Bologna, J., & Lindquist, R. (2006). *Fraud Auditing and Forensic Accounting*.
- Umar, H., Usman, S., & Purba, R. B. R. (2018). The influence of internal control and competence of human resources on village fund management and the implications on the quality of village financial reports. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7).
- Umar, H.. (2012). *Pengawasan Untuk Pemberantasan Korupsi*. *Jurnal Akuntansi & Auditing*.
- Umar, H. (2016). *Corruption The Devil*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.
- Umar, H. (2020). *Detecting Corruption, HU-Model*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.
- Umar, H. , & Purba, R. B. (2019). *Audit Forensic Lawan Korupsi*. Jakarta: Penerbit Universitas

Trisakti.

Wolfe, B. D. T., & Hermanson, D. R. (2004). *The Fraud Diamond: Considering the Four Elements of Fraud*, 2.



BUNGA RAMPAI: FUTURE JAKARTA

Sekapur Sirih



Dr. James T. Riady
Founder & Chairman Yayasan
Pendidikan Pelita Harapan

Buku ini memberikan batu penjurus bagi pembangunan Jakarta *Smart City* semenjak dicanangkan pada Jakarta Fair 2015. Mengumpulkan hasil riset terkini disertai analisis dari peneliti dan ahli yang kompeten dibidang *Artificial Intelligence (AI)*, buku ini memberi acuan arah rekomendasi kebijakan prioritas strategis dan inovatif yang lebih pasti bagi para pengambil keputusan untuk **smarter future Jakarta**.

Metropolitan Jakarta dengan penduduk 10,7 juta jiwa dan PDB 3.442,87 triliun (BPS DKI Jakarta 2023) menghadapi tantangan yang kompleks. Terlebih Jakarta merupakan sentral dari aktivitas 30,2 juta jiwa penduduk megapolitan Jabodetabek. Pengelolaan dan perencanaan ekosistem kota menjadi agenda yang sangat krusial.

Teknologi *Artificial Intelligence (AI)* menjadi salah satu kunci menghadapi tantangan tersebut. Kemampuan algoritma AI menganalisis *big data* dari berbagai sumber seperti sensor, kamera dan koneksi perangkat lainnya dapat mengidentifikasi pola dan trend yang berkembang dan memungkinkan adaptasi dan optimalisasi operasi bahkan secara real time, serta menjadi sumber informasi yang akurat bagi pengambilan keputusan kebijakan dan *stake holder*.

Meskipun masih terfokus pada pemanfaatan AI dalam menghadapi permasalahan utama yang dihadapi Jakarta saat ini, yakni aspek lalu lintas dan transportasi, secara bersamaan buku ini membuka peranan AI yang lebih luas di berbagai sektor yang lebih menyentuh komunitas penduduknya. Baik itu sektor pelayanan publik, kesehatan, pendidikan, regulasi dan kegiatan ekonomi yang lebih produktif. Guna mewujudkan 6 (enam) indikator Jakarta *smart city* yakni *smart governance, smart environment, smart economy, smart mobility, smart living, dan smart people*.



Dr. Ninok Leksono
Senior Jurnalis – Rektor UMN

Oleh desakan urbanisasi yang sudah diprediksi oleh pengamat dan ahli perkotaan, Jakarta pun tidak imun terhadap trend di atas. Kita pun sulit membahas Jakarta secara mandiri, karena ia menyatu dengan wilayah sekeliling, sehingga umum kita menyebutnya Jabodetabek. Hal ini menghasilkan pertumbuhan bagi Jakarta, tetapi sekaligus juga beban tambahan. Beban tambahan ini bukan saja penyediaan perumahan, lapangan kerja, dan transportasi untuk mendukung mobilitas. Terasa bahwa meski Pemerintah Provinsi sudah bekerja keras, namun problema klasik tersebut tak teratasi benar. Kemacetan dan berbagai masalah sosial terus menghantui Jakarta.

Dengan itu wacana Jakarta akan tenggelam, menjadi semakin realistis. Dewasa ini muncul berbagai teknologi baru, dengan kecerdasan buatan (AI) yang paling diwacanakan. Tapi sejauh alam pikir birokrasi tidak menjangkau soal ini, bahwa AI akan membantu mengatasi masalah maka teknologi hanya akan berhenti senagai wacana akademis. Mengurangi beban Jakarta dengan memindahkan Ibukota ke tempat lain, mungkin akan mengurangi sejumlah beban. Tetapi daya tarik Jakarta sampai kapan pun akan tetap besar, mengundang pendatang untuk memulai hidup baru dan mengadu nasib di "Ibukota Lama".

Buku ini lahir dari kesadaran akan pentingnya peran teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam membangun masa depan Jakarta sebagai kota pintar yang inovatif, efisien, dan berkelanjutan. Buku ini merupakan hasil kerja keras dan kolaborasi dari berbagai pihak, mulai dari akademisi, praktisi, hingga pembuat kebijakan yang memiliki komitmen kuat untuk memajukan Jakarta menuju era digital yang cerdas. Di dalamnya, pembaca akan menemukan berbagai aplikasi AI yang telah dan akan diterapkan di Jakarta, meliputi sistem transportasi cerdas, pengelolaan lingkungan, pelayanan publik berbasis digital, serta keamanan kota yang didukung teknologi mutakhir.



ISBN 978-623-10-7181-1 (no. jil. lengkap)

ISBN 978-623-10-7182-8 (jil. 1 PDF)



9

786231

071828

