STUDI LITERATUR REVIEW : PERAN TEKNOLOGI DIGITAL SEBAGAI PENDUKUNG AI DALAM PEMBANGUNAN SMART CITY DI INDONESIA

M.Riski Perdana[1], Evans Fuad[2], Harun Mukhtar[3], Desti Mualfah[4]

[1,2,3,4]*Universitas Muhammadiyah Riau*
E-mail : [1]220401178@student.umri.ac.id, [2]evansfuad@umri.ac.id, [3]harunmukhtar@umri.ac.id, [4]destimualfah@umri.ac.id

ABSTRACT

The rapid advancement of digital technology has driven major transformations in modern urban governance through the Smart City concept. This study aims to systematically examine the role of digital technology as supporting infrastructure for Artificial Intelligence (AI) in Smart City development, particularly within the Indonesian context. The research employs a Systematic Literature Review (SLR) approach using the PRISMA protocol, covering 21 scientific articles from Google Scholar, SINTA, and Scopus databases spanning 2022– 2025. The findings reveal that Internet of Things (IoT), Big Data, and Machine Learning are the three core digital technologies that work synergistically as the operational foundation for AI in Smart City ecosystems. Implementation in Indonesia shows tangible progress, with Jakarta, Bandung, and Surakarta serving as replicable models. However, uniform implementation remai ns hindered by limited digital infrastructure, low technological literacy, an insufficiently comprehensive regulatory framework, and constrained regional budgets. This study recommends a triple helix collaboration approach among government, academia, and the private sector to address these challenges in a systematic and sustainable manner.

Keywords : *Smart City, Artificial Intelligence, Digital Technology, Indonesia*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital yang pesat telah mendorong transformasi tata kelola kota modern melalui konsep Smart City. Penelitian ini bertujuan mengkaji secara sistematis peran teknologi digital sebagai pendukung infrastruktur Kecerdasan Buatan (AI) dalam pembangunan Smart City, khususnya dalam konteks Indonesia. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan protokol PRISMA, mencakup 17 artikel ilmiah dari basis data Google Scholar, SINTA, dan Scopus dalam rentang tahun 2022– 2025. Hasil kajian menemukan bahwa Internet of Things (IoT), Big Data, dan Machine Learning merupakan tiga teknologi digital utama yang bekerja secara sinergis sebagai fondasi operasional AI dalam ekosistem Smart City. Implementasi di Indonesia menunjukkan kemajuan nyata, dengan Jakarta, Bandung, dan Surakarta sebagai model yang dapat direplikasi. Namun, implementasi secara merata masih terhambat oleh keterbatasan infrastruktur digital, rendahnya literasi teknologi, kerangka regulasi yang belum komprehensif, dan keterbatasan anggaran daerah. Penelitian ini merekomendasikan pendekatan kolaborasi triple helix antara pemerintah, akademisi, dan sektor swasta untuk mengatasi tantangan tersebut secara sistematis dan berkelanjutan.

Kata Kunci : *Smart City, Kecerdasan Buatan, Teknologi Digital, Indonesia*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang pesat telah mendorong transformasi besar dalam tata kelola kota modern. Konsep Smart City hadir sebagai solusi inovatif untuk mengatasi berbagai permasalahan perkotaan seperti kemacetan, pemborosan energi, inefisiensi layanan publik, dan pengelolaan lingkungan yang buruk. Inti dari Smart City adalah pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi secara terpadu untuk meningkatkan kualitas hidup warga, efisiensi operasional kota, serta keberlanjutan lingkungan [1]

Kecerdasan Buatan (AI) menjadi komponen teknologi yang paling signifikan dalam ekosistem Smart City. AI memungkinkan kota memproses data dalam jumlah besar, mengidentifikasi pola, dan membuat keputusan secara otomatis dan real-time. Namun, implementasi AI membutuhkan fondasi teknologi digital yang kuat, termasuk Internet of Things (IoT) sebagai pengumpul data, Big Data sebagai infrastruktur penyimpanan dan pemrosesan, serta jaringan komunikasi berkecepatan tinggi [1][2]

Di Indonesia, upaya pembangunan Smart City terus digalakkan melalui program Gerakan Menuju 100 Smart City yang telah dicanangkan sejak 2017 oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika. Hingga saat ini, lebih dari 100 kabupaten/kota telah bergabung dalam program tersebut, namun implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan mulai dari keterbatasan infrastruktur teknologi, kesenjangan literasi digital, rendahnya kapasitas anggaran daerah, hingga kurangnya koordinasi antar pemangku kepentingan [3]. Di sisi lain, belum banyak kajian sistematis yang secara khusus mengkaji peran teknologi digital sebagai pendukung infrastruktur AI dalam konteks Indonesia yang memiliki karakteristik unik mulai dari disparitas geografis, keragaman kapasitas daerah, hingga dinamika kebijakan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, kajian sistematis mengenai peran teknologi digital sebagai pendukung AI dalam konteks Smart City Indonesia menjadi sangat relevan dan mendesak, terutama untuk memberikan landasan berbasis bukti (evidence-based) bagi pengambil kebijakan dan praktisi.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi teknologi digital pendukung AI dalam Smart City (Q1); (2) menganalisis implementasi Smart City berbasis AI di Indonesia (Q2); (3) mengidentifikasi tantangan serta solusi integrasi teknologi digital dan AI untuk Smart City Indonesia (Q3); (4) menganalisis arsitektur sistem dan pola integrasi data yang mendukung implementasi AI pada infrastruktur Smart City (Q4); serta (5) mengidentifikasi algoritma atau model AI yang paling banyak diterapkan pada pengembangan sistem Smart City beserta efektivitasnya (Q5).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang mengacu pada protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Pendekatan SLR dipilih karena mampu menghasilkan sintesis pengetahuan yang terstruktur, transparan, dan dapat direplikasi, sehingga meminimalkan bias dalam proses seleksi dan interpretasi literatur. Keseluruhan proses penelitian dilaksanakan melalui empat tahapan utama: (1) perumusan Research Questions, (2) pencarian dan seleksi literatur, (3) ekstraksi data, serta (4) analisis tematik dan sintesis.

Research Questions

Langkah pertama dalam SLR adalah merumuskan pertanyaan penelitian yang spesifik, terukur, dan relevan. Research Questions (RQ) berfungsi sebagai panduan dalam menentukan kriteria inklusi-eksklusi serta arah analisis tematik. Penelitian ini menetapkan lima RQ sebagai berikut:

RQ1: Teknologi digital apa saja yang berperan sebagai infrastruktur pendukung utama Kecerdasan Buatan (AI) dalam pembangunan Smart City?

RQ2: Bagaimana implementasi teknologi digital berbasis AI telah diterapkan dalam konteks pembangunan Smart City di Indonesia?

RQ3: Apa saja tantangan dan solusi yang relevan dalam mengintegrasikan teknologi digital dan AI guna mewujudkan Smart City yang efisien dan berkelanjutan di Indonesia?

RQ4: Bagaimana arsitektur sistem dan pola integrasi data dirancang untuk mendukung implementasi AI pada infrastruktur Smart City?

RQ5: Algoritma atau model AI (machine learning) apa yang paling banyak diterapkan dalam pengembangan sistem Smart City, dan bagaimana efektivitasnya?

Kelima RQ tersebut disusun secara hierarkis: RQ1 membangun pemahaman fondasi teknologi, RQ2 mengkontekstualisasikannya dalam realitas Indonesia, RQ3 mengidentifikasi hambatan serta rekomendasi solusi yang bersifat actionable bagi para pemangku kepentingan, sedangkan RQ4 dan RQ5 mendalami perspektif teknis Teknik Informatika terkait arsitektur sistem dan algoritma AI yang diterapkan.

Strategi Pencarian Literatur

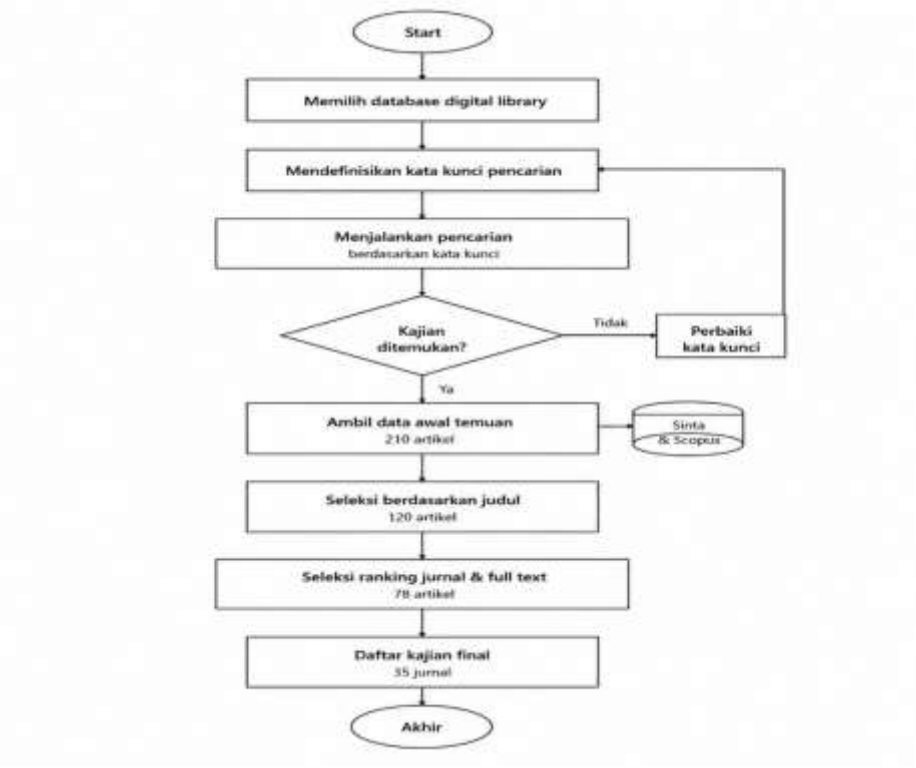
Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada tiga basis data terpercaya, yaitu Google Scholar, SINTA (Science and Technology Index), dan Scopus. Ketiga basis data ini dipilih karena masingmasing memiliki keunggulan komplementer: Google Scholar menyediakan cakupan luas termasuk literatur abu-abu (grey literature) berbahasa Indonesia; SINTA menjamin kualitas publikasi nasional yang terindeks; sementara Scopus menjamin standar internasional melalui proses peerreview yang ketat. Kata kunci pencarian dirancang menggunakan kombinasi operator Boolean (AND, OR) untuk memaksimalkan relevansi hasil. String pencarian yang digunakan adalah sebagai berikut: ("Smart City" OR "Kota Pintar") AND ("Artificial Intelligence" OR "Kecerdasan Buatan" OR "AI") AND ("Internet of Things" OR "IoT" OR "Big Data" OR "Machine Learning" OR "Teknologi Digital") AND ("Indonesia" OR "Urban" OR "Perkotaan"). Pencarian dibatasi pada rentang tahun 2022–2025 guna memastikan kebaruan dan relevansi temuan.

Proses Seleksi Literatur

Proses seleksi literatur dilakukan secara bertahap mengikuti alur sistematis sebagaimana digambarkan pada Gambar 1. Pencarian dimulai dengan pemilihan database digital library yang relevan, dilanjutkan dengan pendefinisian kata kunci pencarian. Apabila kajian tidak ditemukan pada pencarian awal, kata kunci diperbaiki dan pencarian diulang hingga diperoleh hasil yang sesuai. Dari pencarian pada basis data Google Scholar, SINTA, dan Scopus, diperoleh 210 artikel sebagai data awal temuan. Selanjutnya dilakukan seleksi berdasarkan judul dan abstrak sehingga tersisa 120 artikel, kemudian diseleksi kembali berdasarkan ranking jurnal dan ketersediaan teks lengkap (full text) menghasilkan 78 artikel. Setelah dilakukan kajian mendalam terhadap isi, relevansi, dan kualitas

Tabel Literature Review

Metodologi, diperoleh 35 artikel sebagai daftar kajian final yang menjadi korpus analisis dalam penelitian ini



Gambar 1. Alur Proses Seleksi Literatur

Ekstraksi Data

Setelah 35 artikel ditetapkan sebagai korpus final, dilakukan ekstraksi data secara terstruktur. Setiap artikel diekstraksi informasinya meliputi: (a) identitas publikasi (penulis, tahun, judul, nama jurnal, volume, nomor, dan DOI); (b) metodologi penelitian yang digunakan; (c) fokus dan ruang lingkup kajian; (d) teknologi digital yang dibahas; (e) konteks implementasi (negara/kota); serta (f) temuan dan kesimpulan utama. Data hasil ekstraksi disusun secara sistematis dalam matriks literatur (Tabel 1) yang memudahkan proses perbandingan dan sintesis lintas artikel.

Analisis Tematik dan Sintesis

Data hasil ekstraksi kemudian dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik (thematic analysis). Proses ini dilakukan dalam tiga langkah: pertama, pengkodean terbuka (open coding) untuk mengidentifikasi konsep-konsep kunci dari setiap artikel; kedua, pengelompokan kode ke dalam kategori atau tema yang lebih luas; dan ketiga, sintesis lintas artikel untuk menemukan pola, konsensus, maupun kontradiksi yang muncul dalam literatur. Hasil analisis tematik selanjutnya disusun sebagai jawaban atas ketiga Research Questions yang telah ditetapkan, sehingga menghasilkan gambaran holistik mengenai peran teknologi digital dalam ekosistem Smart City berbasis AI di Indonesia.

Tabel 1 merangkum 35 jurnal referensi yang digunakan dalam studi literatur review ini.

Tabel 1. Literature Review Peran Teknologi Digital sebagai Pendukung AI dalam Smart City Indonesia

No	Penulis/Tahun	Judul	Nama Jurnal	Metode	Temuan / Hasil Utama
1	Sharif & Pokharel (2022)	Smart City Dimensions and Associated Risks: Review	Sustainable Cities and Society, 77	Literature Review	Smart City menghadapi risiko multidimensi (teknis, sosial, hukum); kerangka regulasi komprehensif mencakup keamanan siber dan mekanisme audit AI sangat dibutuhkan
2	Zakiansyah et al. (2025)	IoT dan AI bekerja sinergis di Indonesia; implementasi terkendala infrastruktur tidak merata dan kesenjangan literasi digital antardaerah	Jurnal Sains Student Research, 3(2)	Literature Review	Tantangan utama Smart City Indonesia: infrastruktur belum merata, aparatur pemerintah daerah kekurangan kompetensi digital, dan lemahnya koordinasi lintas sektor
3	Made & Mahayani (2023)	Evaluasi Implementasi Smart City di Indonesia	GOVERNANCE	Evaluasi Deskriptif	Hambatan implementasi Smart City Indonesia bersifat sistemik: infrastruktur terbatas, SDM rendah, regulasi tidak

					komprehensif, dan anggaran daerah tidak memadai
4	Alahi et al. (2023)	Integration of IoT-Enabled Technologies and AI for Smart City Scenario	Sensors (MDPI), 23(11)	Literature Review	Integrasi IoT-AI meningkatkan efisiensi operasional kota secara signifikan; IoT sebagai pengumpul data realtime yang terhubung langsung dengan sistem AI
5	M. Reffy Adrian (2025)	Analisis Pengaruh Teknologi IoT terhadap Efisiensi Smart City	Merkurius, 3(2)	Analisis Deskriptif	IoT terbukti meningkatkan efisiensi Smart City secara terukur; nilai IoT baru optimal ketika data sensor diintegrasikan langsung dengan sistem analitik AI
6	Dharma Yudha et al. (2024)	Analisis Dampak Teknologi IoT dalam Smart City	Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, 2(7)	Analisis Deskriptif	IoT memberikan dampak positif terukur pada 3 aspek: efisiensi layanan publik, peningkatan keamanan, dan kecepatan respons pemerintah terhadap kebutuhan warga
7	Alwar & Faustino (2024)	Integrating IoT and AI for Sustainable Smart City	ITEJ, 9	Studi Kasus	Integrasi IoT-AI menghasilkan Smart City yang

		Development			berkelanjutan; studi kasus
8	Ridwan et al. (2025	A Review of the Surakarta Smart City Concept	Jurnal Bina Praja, 17(2)	Studi Kasus & Review	Big Data berbasis realtime mengubah pengambilan keputusan Pemkot Surakarta dari berbasis intuisi ke data aktual; kota menengah mampu implementasi Smart City efektif
9	Sofyan (2023)	Digital Innovation in Public Service: Smart City Bandung, Indonesia	Jurnal Desember, 16(3)	Studi Kasus	Command Center 24 jam Bandung nyata meningkatkan kualitas dan kecepatan layanan publik; Smart City berhasil tanpa investasi masif jika visi wargasentris diterapkan konsisten
10	Mustar & Rahmadanita (2025)	Smart City di Indonesia: Analisis Bibliometrik	Jurnal Teknologi & Komunikasi Pemerintahan, 7(2)	Bibliometrik	Big Data untuk Smart City menjadi topik paling banyak diteliti akademisi Indonesia 5 tahun terakhir; realisasi lapangan masih jauh tertinggal dibanding

					perkembangan riset
11	Podda et al. (2024)	Artificial Intelligence Methods for Smart Cities	Sensors (MDPI), 24(8)	Review Sistematis	Deep Learning (CCTV), NLP (aduan warga), dan Predictive Analytics (manajemen energi) terbukti aplikabel di komponen Smart City; AI multi-domain saling melengkapi
12	Fauzi (2024)	A Review Geospatial AI: Implementation of ML on Urban Planning	Jurnal Manajemen Informatika, 3(1)	Literature Review	Geo-AI (gabungan ML dan data spasial) sangat potensial untuk perencanaan tata ruang; relevan untuk pengembangan IKN Nusantara jika dikembangkan secara serius
13	Bokhari & Myeong (2022)	Use of AI in Smart Cities for Smart Decision-Making	Sustainability (MDPI), 14(2)	Literature Review	AI tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis, tetapi mendorong inovasi sosial dalam cara pemerintah berinteraksi dan melayani warga; dimensi sosial sama pentingnya dengan teknis

14	Farendy & Naufal Akbar (2024)	Analisis Strategi Pemerintah dalam Membangun Smart City: DKI Jakarta	Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 10(13)	Studi Kasus	Kunci keberhasilan Smart City Jakarta bukan teknologi semata, melainkan komitmen koordinasi lintas sektor; JAKI dan sistem banjir berbasis sensor adalah capaian nyata
15	Rohmah et al. (2023)	Smart City Achievement through Digital Health Services in COVID- 19	Smart Cities, 6(1)	Studi Kasus	Layanan kesehatan digital berbasis AI selama COVID-19 mempercepat transformasi Smart City; krisis terbukti menjadi katalis adopsi teknologi yang paling efektif
16	Wolniak & Stecuła (2024)	Analisis Dampak Teknologi IoT AI in Smart Cities Applications, Barriers, Future Directions	Smart Cities (MDPI), 7(3)	Systematic Review	Hampir tidak ada aspek kehidupan kota yang tidak dapat dioptimalkan AI; hambatan terbesar bukan teknis melainkan regulasi, privasi data, dan resistensi organisasional

17	Affandi et al. (2024)	Peningkatan Literasi Teknologi IoT untuk Smart City	Merkurius, 2(6)	Survey	Rendahnya literasi IoT masyarakat perkotaan merupakan hambatan serius; program pelatihan harus membangun kepercayaan teknologi, bukan hanya kompetensi teknis
18	Astuti (2018)	Perancangan Metode Architecture Smart City	Jurnal Ilmu Komputer, 3(1)	Studi Kasus & Analisis	Arsitektur data smart city mengintegrasikan data kota lintas stakeholder (kependudukan, kesehatan, pendidikan) agar dapat saling bertukar data antar sistem
19	Peneliti UII (2019)	Data Privasi dan Keamanan Siber pada Smart-City	SNATI, Universitas Islam Indonesia	Literature Review	Taksonomi arsitektur komponen Smart-City rentan ancaman siber (eavesdropping, DoS, software crashing); keamanan siber harus jadi bagian arsitektur sejak awal
20	Irfan Fajri et al. (2025)	Integrasi Big Data dan AI untuk Pengambilan	Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 9(2)	Studi Literatur	Arsitektur teknis integrasi IoT-AI melibatkan empat tahap:

		Keputusan dalam Smart City			pengumpulan data sensor, pengiriman ke penyimpanan, pemrosesan Big Data, dan pengambilan keputusan berbasis AI
21	Peneliti Kominfo (2021)	Smart Sustainable City Framework: Usulan Model Kota Cerdas yang Berkelanjutan dan Integratif	Jurnal PIKOM (Kominfo)	Studi Kasus & Model	Model smart city yang ada belum cukup mengukur kematangan integrasi arsitektur data; diperlukan model evaluasi diri yang terintegrasi sesuai karakteristik kota Indonesia
22	Peneliti (2026)	Analisis Teoritis Integrasi Artificial Intelligence dalam Sistem Pengelolaan Smart City	Journal of Innovative and Creativity	Literature Review	Integrasi AI pada arsitektur sistem smart city meningkatkan efisiensi layanan publik dan kualitas pengambilan keputusan, namun menghadapi tantangan bias algoritma dan kesiapan institusi
23	Peneliti (2026)	Tata Kelola TI untuk Sistem Keputusan Berbasis AI di Smart Cities	JIFOTECH, 6(1)	Literature Review	Tata kelola TI (IT governance) menjadi fondasi krusial pengarah sistem keputusan berbasis AI agar berjalan efektif,

					aman, transparan, dan sesuai prinsip privacy-by-design
24	Peneliti METHOMIKA (2024)	Klasifikasi Pola Konsumsi Energi Rumah Tangga Menggunakan Algoritma Machine Learning untuk Mendukung Implementasi Smart City	METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi	Machine Learning (Logistic Regression, KNN)	Algoritma klasifikasi ML mampu mengenali pola konsumsi energi rumah tangga secara akurat sebagai dasar sistem smart grid dalam ekosistem Smart City
25	Peneliti INFORMASI (2025)	Kemacetan: Konsep Perancangan Smart Traffic Signals Berbasis AI pada Persimpangan Rumah Sakit Fatmawati	INFORMASI (Jurnal Informatika dan Sistem Informasi)	YOLOv5 & Q-Learning	Integrasi algoritma YOLOv5 (deteksi kendaraan) dan Q-Learning (pengambil keputusan adaptif) mendeteksi kendaraan dengan akurasi >90% dan menyesuaikan durasi lampu lalu lintas secara real-time
26	Peneliti MALCOM (2026)	Model Deteksi Pemborosan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Algoritma Autoencoder dengan Konsep	MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, 6(1)	Autoencoder (Deep Learning)	Algoritma autoencoder berbasis IoT efektif mendeteksi anomali pemborosan energi listrik rumah tangga

		Internet of Things			secara otomatis dan real-time
27	Peneliti (2024)	Analisis Penerapan Cloud Computing Menggunakan Metode Komparatif sebagai Infrastruktur Pendukung Transformasi Smart City	Saturnus (journal.arteii.or.id)	Analisis Komparatif	Cloud computing sebagai infrastruktur pendukung integrasi data lintas sistem pelayanan pemerintah; keberhasilan bergantung pada kesiapan infrastruktur digital dan SDM
28	Sawitri et al. (2024)	Paradigma Smart City dalam Memanfaatkan Potensi Big Data	Jurnal (Bianglala), 11(4)	Analisis Bibliometrik & Network Visualization	Transformasi data mentah menjadi informasi melalui arsitektur Big Data yang terintegrasi menjadi kunci utama pembentukan dan peningkatan infrastruktur kota pintar
29	Peneliti JUPTIK (2024)	Integrasi Internet of Things (IoT) dan Big Data dalam Pengembangan Sistem Informasi Smart City	Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (JUPTIK), 2(1)	Studi Literatur Konseptual	Integrasi IoT dan Big Data meningkatkan efisiensi layanan publik dan transparansi informasi; penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan

					arsitektur teknis yang lebih rinci
30	Ulfa (2026)	A Systematic Literature Review: Big Data in Smart City Development	JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)	Systematic Literature Review	Keberhasilan Smart City berbasis Big Data tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga kesiapan SDM, kualitas data, dan tata kelola perlindungan informasi
31	Juroihan et al. (2024)	Integrasi Cloud Computing untuk Analisis Big Data	KELUWIH: Jurnal Sains dan Teknologi, 1(2)	Studi Literatur	Integrasi cloud computing memungkinkan analisis Big Data yang lebih skalabel dan efisien sebagai bagian dari arsitektur sistem informasi Smart City
32	Peneliti MAJIM (2024)	Big Data pada Smart City: Konsep dan Manfaat	MAJIM Jurnal	Studi Literatur	Implementasi Big Data di lembaga pemerintahan Indonesia mendukung efisiensi operasional kota dan pengambilan kebijakan berbasis data
33	Peneliti (2025)	Smart City dan Teknologi Perkotaan: Arsitektur	Buku Referensi/ResearchGate	Kajian Konseptual & Arsitektur Referensi	Arsitektur referensi Smart City mengintegrasikan

		Teknologi dan Model Referensi			IoT, edge computing, dan AI dalam satu kerangka layanan kota yang berlapis (layered architecture)
34	Peneliti MITE (2024)	Evaluasi Implementasi Komponen Smart City di Bali	MITE (Majalah Ilmiah Teknologi Elektro), Universitas Udayana	Studi Literatur & Evaluasi	Evaluasi komponen smart city di Bali menunjukkan kematangan implementasi masih bervariasi antar daerah, dengan interoperabilitas sistem sebagai tantangan utama
35	Moumen et al. (2023)	Adaptive Traffic Lights Based on Traffic Flow Prediction Using Machine Learning Models	IJECE, 13(5)	Machine Learning (Prediksi Arus Lalu Lintas)	Model machine learning untuk prediksi arus lalu lintas terbukti meningkatkan adaptivitas sistem lampu lalu lintas cerdas dibandingkan sistem statis konvensional

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis terhadap 35 jurnal yang telah diseleksi melalui proses PRISMA. Pembahasan disusun mengikuti lima Research Questions (RQ) yang telah ditetapkan. Penulis tidak hanya merangkum isi setiap jurnal, tetapi juga berupaya memberikan analisis kritis dan sintesis atas pola-pola yang ditemukan lintas literatur.

Q1: Teknologi Digital Apa yang Mendukung AI dalam Smart City?

Pertanyaan pertama ini menjadi fondasi dari seluruh kajian. Setelah menelaah 35 jurnal, penulis menemukan bahwa ada tiga teknologi digital yang secara konsisten muncul sebagai pendukung utama AI dalam ekosistem Smart City, yaitu Internet of Things (IoT), Big Data, dan

Machine Learning. Ketiganya tidak berdiri sendiri, melainkan saling terhubung membentuk satu rantai nilai yang utuh.

Internet of Things (IoT) Mata dan Telinga Kota

Jika Smart City diibaratkan sebagai organisme hidup, maka IoT adalah indera penglihat dan pendengarnya. IoT bekerja dengan menyebarkan ribuan sensor cerdas di seluruh penjuru kota dari lampu jalan, kamera pengawas, alat ukur kualitas udara, hingga meteran listrik pintar yang terusmenerus mengumpulkan data secara real-time [4].

Yang menarik dari temuan kajian ini adalah fakta bahwa peran IoT bukan sekadar pengumpul data yang pasif. [5]membuktikan bahwa ketika data IoT diintegrasikan langsung dengan sistem AI, terjadi peningkatan efisiensi operasional kota yang signifikan dan terukur. Artinya, nilai IoT sesungguhnya baru terlihat ketika ia terhubung dengan kecerdasan AI yang mampu mengolah data tersebut menjadi keputusan nyata. Temuan ini diperkuat oleh Dharma. [4] yang secara spesifik mencatat dampak positif IoT pada tiga aspek: efisiensi layanan publik, peningkatan keamanan, dan kecepatan respons pemerintah terhadap kebutuhan warga.

Penulis berpendapat bahwa di sinilah letak perbedaan mendasar antara kota yang sekadar memasang sensor dengan kota yang benar-benar cerdas. [2] & [5] menegaskan hal ini: integrasi yang sesungguhnya antara IoT dan AI bukan sekadar pemasangan perangkat lah yang menghasilkan ekosistem Smart City yang adaptif dan berkelanjutan.

Big Data Otak Penyimpan Memori Kota

Setelah IoT mengumpulkan data, persoalan berikutnya adalah: bagaimana mengelola data dalam volume yang begitu besar? Di sinilah Big Data mengambil perannya. Bayangkan sebuah kota besar seperti Jakarta yang memiliki jutaan sensor aktif data yang dihasilkan setiap detiknya bisa mencapai terabytes. Tanpa infrastruktur Big Data yang memadai, semua data itu tidak lebih dari angkaangka yang tidak bermakna. [6]dalam kajian Smart City Surakarta menunjukkan secara konkret bagaimana teknologi Big Data berbasis real-time mampu mengubah cara pemerintah kota mengambil keputusan. Keputusan yang sebelumnya bergantung pada intuisi atau laporan manual kini dapat didukung oleh data aktual yang diproses secara otomatis. [9] menyebut fenomena ini sebagai data-driven decision making, dan kajian mereka membuktikan bahwa kualitas keputusan yang dihasilkan jauh lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional. Menariknya, Mustar & Rahmadanita [7]melalui analisis bibliometrik menemukan bahwa dalam lima tahun terakhir, topik Big Data untuk Smart City menjadi salah satu yang paling banyak diteliti oleh akademisi Indonesia. Ini mengindikasikan bahwa komunitas ilmiah kita sudah menyadari betapa krusialnya peran Big Data hanya saja realisasi di lapangan masih perlu dikejar.

Big Data Otak Penyimpan Memori Kota

Setelah IoT mengumpulkan data, persoalan berikutnya adalah: bagaimana mengelola data dalam volume yang begitu besar? Di sinilah Big Data mengambil perannya. Bayangkan sebuah kota besar seperti Jakarta yang memiliki jutaan sensor aktif data yang dihasilkan setiap detiknya bisa mencapai terabytes. Tanpa infrastruktur Big Data yang memadai, semua data itu tidak lebih dari angkaangka yang tidak bermakna. [6]dalam kajian Smart City Surakarta menunjukkan secara konkret bagaimana teknologi Big Data berbasis real-time mampu mengubah cara pemerintah kota mengambil keputusan. Keputusan yang sebelumnya bergantung pada intuisi atau laporan manual kini dapat didukung oleh data aktual yang diproses secara otomatis. [9] menyebut fenomena ini sebagai data-driven decision making, dan kajian mereka membuktikan

bahwa kualitas keputusan yang dihasilkan jauh lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional. Menariknya, Mustar & Rahmadanita [7]melalui analisis bibliometrik menemukan bahwa dalam lima tahun terakhir, topik Big Data untuk Smart City menjadi salah satu yang paling banyak diteliti oleh akademisi Indonesia. Ini mengindikasikan bahwa komunitas ilmiah kita sudah menyadari betapa krusialnya peran Big Data hanya saja realisasi di lapangan masih perlu dikejar.

Machine Learning Kecer dasan yang Menggerakkan Segalanya Jika IoT adalah indera dan Big Data adalah memori, maka Machine Learning (ML) adalah kecerdasan yang membuat semuanya bermakna. ML memungkinkan sistem untuk belajar dari data historis, mengenali pola, dan membuat prediksi tanpa perlu diprogram secara eksplisit untuk setiap skenario.

Podda et al. [8] memetakan dengan rinci bagaimana berbagai metode AI mulai dari Deep Learning untuk pengenalan gambar CCTV, Natural Language Processing untuk layanan aduan warga, hingga Predictive Analytics untuk manajemen energi dapat diterapkan pada komponen-komponen Smart City. Wolniak & Stecuła [9] dalam systematic review mereka yang komprehensif bahkan menyimpulkan bahwa hampir tidak ada aspek kehidupan kota yang tidak bisa dioptimalkan oleh AI.

Hal yang penulis anggap sangat relevan adalah temuan Fauzi [10] tentang Geospatial AI (Geo-AI). Pendekatan ini menggabungkan ML dengan data peta dan lokasi untuk mendukung perencanaan tata ruang kota. Dalam konteks Indonesia yang sedang gencar membangun Ibu Kota Nusantara (IKN), GeoAI berpotensi menjadi alat perencanaan yang sangat powerful jika dikembangkan dengan serius. Bokhari & Myeong [11] menambahkan dimensi lain yang tidak kalah penting: AI bukan hanya soal efisiensi teknis, tetapi juga mendorong inovasi sosial dalam cara pemerintah berinteraksi dan melayani warganya.

Q2: Bagaimana Implementasi Smart City

Berbasis AI di Indonesia? Setelah memahami teknologinya, pertanyaan yang lebih penting adalah: sejauh mana Indonesia sudah mengimplementasikannya? Temuan dari kajian literatur memberikan gambaran yang menarik ada kemajuan nyata, tetapi juga masih banyak pekerjaan rumah yang harus diselesaikan.

Jakarta: Skala Besar, Tantangan Juga Besar

Jakarta sebagai ibu kota dan kota metropolitan terbesar Indonesia wajar menjadi yang terdepan dalam adopsi Smart City. Farendy & Naufal Akbar [12] mengungkap bahwa kunci keberhasilan Jakarta bukan semata-mata pada teknologi yang digunakan, melainkan pada komitmen koordinasi lintas sektor yang konsisten. Jakarta telah mengintegrasikan berbagai platform digital dari JAKI (Jakarta Kini) untuk layanan warga hingga sistem pemantauan banjir berbasis sensor sebagai wujud nyata Smart City.

Penulis mencatat, meski Jakarta tergolong maju, kota ini juga menghadapi tantangan yang paling kompleks: jumlah penduduk yang sangat besar, infrastruktur yang tidak merata, dan kebutuhan integrasi sistem lama dengan teknologi baru. Pengalaman Jakarta ini seharusnya menjadi pelajaran berharga bagi kota-kota lain di Indonesia yang ingin menempuh jalur serupa.

Bandung: Pionir yang Menginspirasi

Bandung layak mendapat apresiasi sebagai kota yang berani mencoba lebih dulu. Sofyan [13] mendokumentasikan bagaimana inovasi digital di Bandung terutama melalui Command Center terintegrasi yang beroperasi 24 jam secara nyata meningkatkan kualitas dan kecepatan

layanan publik. Yang membuat Bandung menarik adalah pendekatannya yang menempatkan warga sebagai pusat layanan, bukan sekadar objek pemantauan.

Menurut analisis penulis, model Bandung menunjukkan bahwa Smart City tidak harus selalu dimulai dengan investasi teknologi yang masif. Langkah awal yang lebih penting adalah menetapkan visi yang jelas tentang kota seperti apa yang ingin kita wujudkan teknologi mengikuti visi, bukan sebaliknya.

Surakarta: Bukti bahwa Kota Menengah pun Bisa

Temuan yang penulis anggap paling menggembirakan datang dari Surakarta. Ridwan et al. [6]mendokumentasikan bagaimana kota yang relatif lebih kecil dari Jakarta maupun Bandung ini berhasil mengimplementasikan Smart City berbasis Big Data secara efektif. Surakarta membuktikan bahwa Smart City bukan monopoli kota megapolitan dengan perencanaan yang tepat dan fokus pada prioritas yang jelas, kota menengah pun mampu mewujudkannya.

Ini penting untuk digarisbawahi: Indonesia memiliki lebih dari 500 kabupaten/kota, dan sebagian besar adalah kota menengah. Jika model Surakarta dapat direplikasi secara luas, dampaknya terhadap kualitas tata kelola pemerintahan di seluruh Indonesia akan sangat signifikan.

Pelajaran dari Sektor Kesehatan Digital

Rohmah et al. [14] menghadirkan perspektif yang sangat relevan: implementasi Smart City dalam sektor kesehatan selama pandemi COVID-19. Krisis justru mempercepat adopsi teknologi digital sistem pemantauan epidemi berbasis AI, distribusi vaksin yang dioptimalkan dengan data, hingga layanan telemedicine yang menjangkau warga di pelosok. Penulis melihat ini sebagai bukti bahwa kebutuhan mendesak bisa menjadi katalis transformasi digital yang paling efektif. Pertanyaannya kini: bisakah kita mempertahankan momentum ini setelah krisis berlalu?

Q3: Tantangan dan Solusi Apa yang Masih Menghambat?

Membaca berbagai kisah sukses di atas, seseorang mungkin bertanya: jika hasilnya terbukti positif, mengapa implementasi Smart City di Indonesia belum merata? Kajian literatur mengidentifikasi empat hambatan utama yang saling berkaitan.

Infrastruktur: Fondasi yang Belum Merata

Made & Mahayani [3] dan Wolniak & Stecuła [9]sama-sama menempatkan keterbatasan infrastruktur sebagai hambatan paling mendasar. Ini bukan sekadar soal jaringan internet yang belum merata meski itu sendiri sudah merupakan tantangan besar tetapi juga menyangkut ketiadaan data center regional, minimnya perangkat IoT yang terpasang, dan belum adanya standar platform yang memungkinkan sistem dari berbagai vendor saling berkomunikasi.

Penulis berpandangan bahwa penyelesaian tantangan infrastruktur ini tidak bisa diserahkan sepenuhnya kepada mekanisme pasar. Diperlukan intervensi kebijakan yang tegas dari pemerintah pusat, termasuk pembangunan infrastruktur digital sebagai bagian dari proyek strategis nasional, setara dengan pembangunan jalan tol atau bendungan.

Sumber Daya Manusia: Teknologi Tanpa Manusia yang Paham adalah Sia-sia

Affandi et al. [15] menemukan fakta yang cukup mengejutkan: rendahnya literasi teknologi IoT di kalangan masyarakat perkotaan menjadi hambatan yang tidak kalah serius dari keterbatasan infrastruktur. Bayangkan sebuah sistem Smart City yang canggih dipasang, tetapi warganya tidak tahu cara memanfaatkannya atau lebih parah, tidak mempercayainya.

Made & Mahayani [3] menambahkan dimensi lain: aparatur pemerintah daerah yang seharusnya menjadi operator sistem Smart City pun sering kali belum memiliki kompetensi yang

memadai. Penulis melihat ini sebagai akar masalah yang harus ditangani lebih serius. Program pelatihan literasi digital harus didesain tidak sekadar sebagai pelatihan teknis, tetapi juga membangun kepercayaan masyarakat terhadap teknologi dan memastikan bahwa manfaatnya dirasakan secara langsung.

Regulasi: Payung Hukum yang Masih

Berlubang Sharif & Pokharel [1]mengingatkan bahwa kompleksitas Smart City menuntut kerangka regulasi yang sama kompleksnya. Di Indonesia, kita sudah memiliki beberapa regulasi terkait Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi misalnya tetapi regulasi khusus yang mengatur implementasi Smart City secara komprehensif, termasuk standar keamanan siber untuk infrastruktur kota dan mekanisme audit sistem AI, masih sangat minim.

Tanpa payung hukum yang jelas, investasi Smart City menjadi berisiko: vendor swasta enggan masuk karena ketidakpastian regulasi, sementara pemerintah daerah ragu-ragu untuk berkomitmen pada platform tertentu. Alam & Sun [5] secara tidak langsung menyentuh hal ini ketika membahas pentingnya tata kelola sistem yang baik untuk keberlanjutan jangka panjang.

Pendanaan: Investasi Besar, Manfaat Jangka Panjang

Mustar & Rahmadanita [7]mencatat bahwa keterbatasan anggaran menjadi salah satu alasan terbesar mengapa banyak daerah belum berani memulai perjalanan Smart City mereka. Ini memang dilema klasik: Smart City membutuhkan investasi awal yang besar, sementara manfaatnya baru terasa dalam jangka menengah-panjang sementara siklus politik daerah seringkali berjalan dalam hitungan lima tahunan.

Bandung: Pionir yang Menginspirasi

Bandung layak mendapat apresiasi sebagai kota yang berani mencoba lebih dulu. Sofyan [13] mendokumentasikan bagaimana inovasi digital di Bandung terutama melalui Command Center terintegrasi yang beroperasi 24 jam secara nyata meningkatkan kualitas dan kecepatan layanan publik. Yang membuat Bandung menarik adalah pendekatannya yang menempatkan warga sebagai pusat layanan, bukan sekadar objek pemantauan.

Menurut analisis penulis, model Bandung menunjukkan bahwa Smart City tidak harus selalu dimulai dengan investasi teknologi yang masif. Langkah awal yang lebih penting adalah menetapkan visi yang jelas tentang kota seperti apa yang ingin kita wujudkan teknologi mengikuti visi, bukan sebaliknya.

Surakarta: Bukti bahwa Kota Menengah pun Bisa

Temuan yang penulis anggap paling menggembirakan datang dari Surakarta. Ridwan et al. [6]mendokumentasikan bagaimana kota yang relatif lebih kecil dari Jakarta maupun Bandung ini berhasil mengimplementasikan Smart City berbasis Big Data secara efektif. Surakarta membuktikan bahwa Smart City bukan monopoli kota megapolitan dengan perencanaan yang tepat dan fokus pada prioritas yang jelas, kota menengah pun mampu mewujudkannya.

Ini penting untuk digarisbawahi: Indonesia memiliki lebih dari 500 kabupaten/kota, dan sebagian besar adalah kota menengah. Jika model Surakarta dapat direplikasi secara luas, dampaknya terhadap kualitas tata kelola pemerintahan di seluruh Indonesia akan sangat signifikan.

Q4: Bagaimana Arsitektur Sistem dan Integrasi Data Dirancang dalam Smart City?

Pertanyaan keempat ini penulis ajukan untuk mendalami sisi keilmuan Teknik Informatika dari kajian ini bagaimana teknologi-teknologi pada RQ1 sesungguhnya dirangkai menjadi satu sistem yang utuh. Astuti [18] menegaskan bahwa smart city membutuhkan arsitektur data yang

mengintegrasikan data kota lintas stakeholder kependudukan, kesehatan, pendidikan, hingga transportasi agar sistem-sistem yang berbeda vendor dapat saling bertukar data. Tanpa arsitektur data yang jelas, data yang dikumpulkan IoT hanya akan menjadi silo-silo yang terisolasi satu sama lain.

Irfan Fajri et al. [20] merinci bagaimana arsitektur teknis integrasi IoT dan AI umumnya melibatkan empat tahap: pengumpulan data melalui sensor, pengiriman data ke sistem penyimpanan, pemrosesan Big Data, dan akhirnya pengambilan keputusan berbasis AI. Pola berlapis (layered architecture) ini juga ditemukan dalam kajian arsitektur referensi Smart City [33], yang menempatkan IoT dan edge computing pada lapisan pengumpulan data, sementara AI berada pada lapisan analitik teratas. Penulis melihat pola ini konsisten di hampir seluruh literatur yang dikaji arsitektur Smart City yang matang selalu memisahkan secara jelas lapisan sensor, lapisan penyimpanan/integrasi data, dan lapisan kecerdasan.

Dari sisi infrastruktur komputasi, cloud computing menjadi tulang punggung integrasi data pada banyak implementasi [27] [31] memungkinkan penyimpanan dan pemrosesan data skala besar tanpa investasi perangkat keras mahal di tiap daerah. Namun demikian, dimensi keamanan siber sering luput dari perhatian: kajian keamanan Smart-City [19] mengidentifikasi ancaman seperti eavesdropping, pencurian data, dan kegagalan perangkat lunak yang mengintimidasi arsitektur Smart City ke depan, sementara kajian tata kelola TI [23] menegaskan bahwa tata kelola TI (IT governance) termasuk prinsip privacy-by-design merupakan fondasi krusial agar sistem keputusan berbasis AI berjalan aman dan transparan. Penulis berpandangan bahwa arsitektur sistem yang baik bukan hanya soal efisiensi teknis semata, tetapi juga harus dirancang dengan keamanan dan tata kelola data sebagai bagian yang menyatu sejak awal, bukan tambahan di akhir.

Q5: Algoritma AI Apa yang Diterapkan dan Bagaimana Efektivitasnya?

Jika RQ4 membahas kerangka arsitekturnya, RQ5 masuk lebih dalam ke algoritma yang benar-benar dijalankan di dalam sistem tersebut. Kajian literatur menunjukkan bahwa pilihan algoritma sangat bergantung pada jenis masalah yang dipecahkan. Untuk klasifikasi dan prediksi berbasis data terstruktur, algoritma seperti Logistic Regression dan K-Nearest Neighbor terbukti efektif mengenali pola konsumsi energi rumah tangga sebagai dasar sistem smart grid [24], sementara pendekatan Deep Learning berupa Autoencoder digunakan untuk mendeteksi anomali pemborosan energi listrik secara otomatis dan real-time [26].

Pada domain manajemen lalu lintas, kombinasi algoritma computer vision dan reinforcement learning menunjukkan hasil yang menjanjikan: integrasi YOLOv5 untuk deteksi kendaraan secara real-time dengan Q-Learning sebagai pengambil keputusan adaptif berhasil mendeteksi kendaraan dengan akurasi lebih dari 90% sekaligus menyesuaikan durasi lampu lalu lintas secara otomatis [25]. Temuan ini konsisten dengan penelitian internasional yang menunjukkan bahwa model machine learning untuk prediksi arus lalu lintas mampu meningkatkan adaptivitas sistem lampu lalu lintas cerdas dibandingkan sistem statis konvensional [35].

Penulis mencatat sebuah pola menarik: tidak ada satu algoritma AI yang mendominasi seluruh komponen Smart City. Setiap domain energi, transportasi, kesehatan, keamanan cenderung mengoptimalkan algoritma yang berbeda sesuai karakteristik datanya, sejalan dengan tinjauan sistematis [30] yang menegaskan bahwa keberhasilan penerapan algoritma Big Data/AI pada Smart City tidak semata soal ketepatan model, tetapi juga bergantung pada kualitas data dan kesiapan tata kelola informasi. Bagi penulis, ini menegaskan bahwa perancangan sistem AI Smart

City yang efektif membutuhkan pendekatan multi-algoritma yang disesuaikan per domain, bukan solusi satu-model-untuk-semua.

Ringkasan Hasil Pembahasan

Berdasarkan analisis terhadap 35 jurnal yang dikaji, kajian ini menghasilkan lima temuan utama yang saling berkaitan. Secara keseluruhan, teknologi digital dan AI terbukti memiliki hubungan yang bersifat saling mendukung (komplementer) dalam ekosistem Smart City: teknologi digital menyediakan fondasi data dan infrastruktur, sementara AI memberikan kapabilitas analitik dan pengambilan keputusan yang cerdas. Tabel 3 merangkum temuan utama dari setiap Research Question beserta bukti literatur dan implikasinya. Penulis berargumen bahwa perubahan paradigma diperlukan di sini. Smart City seharusnya tidak dilihat sebagai "proyek" yang harus selesai dalam satu periode kepemimpinan, melainkan sebagai "investasi infrastruktur" jangka panjang yang manfaatnya akan dinikmati generasi berikutnya. Model Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) yang sudah berhasil diterapkan di sektor infrastruktur fisik perlu diadaptasi untuk infrastruktur digital Smart City. Dari Tabel 3 terlihat bahwa Q1 menegaskan peran IoT sebagai pengumpul data, Big Data sebagai pemroses, dan Machine Learning sebagai pengambil keputusan ketiganya membentuk rantai nilai teknologi yang tak terpisahkan. Q2 menunjukkan bahwa Indonesia sebenarnya sudah memiliki contoh implementasi yang berhasil, terutama di kota-kota besar, yang dapat dijadikan model replikasi bagi daerah lain. Sementara Q3 menggarisbawahi bahwa tantangan yang ada bukan semata-mata masalah teknis, melainkan juga masalah kebijakan, SDM, dan tata kelola yang memerlukan pendekatan holistik dan kolaboratif antara seluruh pemangku kepentingan. Dari sisi keilmuan Teknik Informatika, Q4 memperlihatkan bahwa arsitektur Smart City yang matang selalu berlapis sensor, integrasi data, dan kecerdasan dengan keamanan siber dan tata kelola TI sebagai bagian yang menyatu, bukan tambahan di akhir. Q5 menegaskan bahwa tidak ada algoritma AI tunggal yang mendominasi seluruh komponen Smart City; setiap domain cenderung mengoptimalkan algoritma yang berbeda sesuai karakteristik datanya, sehingga perancangan sistem yang efektif membutuhkan pendekatan multi-algoritma yang disesuaikan per domain.

Tabel 3. Ringkasan Temuan Utama Berdasarkan Research Questions

RQ	Temuan Utama	Bukti Literatur	Implikasi
Q1	IoT, Big Data, dan Machine Learning adalah tiga teknologi digital utama pendukung AI dalam Smart City	Alahi et al. [16]; Zakiansyah et al. [2]; Podda et al. [8]; Wolniak & Stecuła [9]	Tanpa ketiga teknologi ini, AI tidak dapat beroperasi optimal di lingkungan Smart City
Q2	Implementasi Smart City berbasis AI di Indonesia menunjukkan hasil positif di Jakarta, Bandung, dan Surakarta	Farendy & Naufal Akbar [12]; Sofyan [13]; Ridwan et al. [6]; Rohmah et al. [14]	Tanpa ketiga teknologi ini, AI tidak dapat beroperasi optimal di lingkungan Smart City

Q3	Tantangan utama: infrastruktur terbatas, literasi digital rendah, regulasi belum optimal, dan keterbatasan anggaran	Made & Mahayani [3]; Affandi et al. [15]; Sharif & Pokharel [1]; Mustar & Rahmadanita [7]	Diperlukan kolaborasi triple helix (pemerintah, akademisi, swasta) untuk mengatasi tantangan secara sistematis
Q4	Arsitektur Smart City berlapis: sensor (IoT), integrasi/penyimpanan data (Big Data/cloud), dan lapisan kecerdasan (AI); keamanan siber dan tata kelola TI menjadi bagian yang menyatu	Astuti [18]; Irfan Fajri et al. [20]; SNATI UII [19]; JIFOTECH [23]	Tanpa arsitektur berlapis dan tata kelola TI yang jelas, integrasi data lintas sistem rentan gagal dan tidak aman
Q5	Tidak ada algoritma AI tunggal yang dominan; pemilihan algoritma (klasifikasi, autoencoder, YOLOv5+Q-Learning) disesuaikan per domain Smart City	METHOMIKA [24]; INFORMASI [25]; MALCOM [26]; Moumen et al. [35]	Perancangan sistem AI Smart City efektif membutuhkan pendekatan multi-algoritma per domain, bukan solusi tunggal

KESIMPULAN

Literatur-literatur terdahulu yang dikaji dalam penelitian ini secara konsisten menunjukkan bahwa IoT, Big Data, dan Machine Learning bekerja sinergis sebagai fondasi AI dalam ekosistem Smart City, dengan keberhasilan implementasi di Jakarta, Bandung, dan Surakarta lebih ditentukan oleh koordinasi lintas sektor dan kejelasan visi daripada besarnya investasi teknologi. Kajian-kajian tersebut juga menemukan bahwa keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital, regulasi yang belum komprehensif, dan keterbatasan anggaran daerah menjadi hambatan yang berulang, sementara literatur dari sisi teknis menegaskan bahwa keberhasilan sistem sangat bergantung pada arsitektur data yang terintegrasi serta tata kelola TI yang menyatukan keamanan siber sejak awal, dan bahwa tidak ada satu algoritma AI yang unggul secara universal karena setiap domain memerlukan pendekatan yang berbeda.

Menyatukan temuan tersebut dengan sintesis penulis, dapat disimpulkan bahwa pembangunan Smart City berbasis AI di Indonesia pada dasarnya adalah persoalan rantai nilai yang utuh, bukan sekadar penjumlahan teknologi. IoT, Big Data, dan Machine Learning hanya bermakna jika dirangkai dalam arsitektur berlapis mulai dari sensor, integrasi data, hingga kecerdasan dengan tata kelola TI dan keamanan siber tertanam sejak awal, bukan ditambahkan belakangan. Keberhasilan kota-kota yang tercermin dalam literatur juga lebih disebabkan oleh

kejelasan visi dan konsistensi koordinasi lintas sektor daripada kecanggihan teknologi semata, sementara empat hambatan struktural yang berulang muncul infrastruktur, literasi digital, regulasi, dan pendanaan menegaskan bahwa akselerasi Smart City membutuhkan intervensi kebijakan yang setara dengan pembangunan infrastruktur strategis nasional lainnya.

Untuk itu, disarankan agar pemerintah menjadikan infrastruktur digital sebagai proyek strategis nasional, meningkatkan literasi teknologi masyarakat, mempercepat harmonisasi regulasi Smart City, mengembangkan model KPBU untuk pembiayaan infrastruktur digital, serta mewajibkan standar arsitektur data dan tata kelola TI sejak tahap perancangan sistem. Kolaborasi triple helix antara pemerintah, akademisi, dan sektor swasta menjadi kunci utama mewujudkan Smart City yang inklusif dan berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan memperluas cakupan sumber, memperdalam kajian implementasi di kota-kota luar Jawa, serta menguji secara empiris kinerja algoritma AI pada domain Smart City yang spesifik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Muhammadiyah Riau, khususnya Program Studi Teknik Informatika, atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan yang sangat berharga dalam penyusunan artikel ini. Tidak lupa, penulis berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

[1] R. Al Sharif and S. Pokharel, “Smart City Dimensions and Associated Risks: Review of Literature,” Sustain. Cities Soc., vol. 77, 2022, doi: 10.1016/j.scs.2021.103542.

[2] M. Zakiansyah, “Integrasi Internet of Things (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) untuk Smart City di Indonesia,” Jurnal Sains Student Research, vol. 3, no. 2, pp. 346–354, 2025, doi: 10.61722/jssr.v3i2.4315.

[3] N. Made and H. Mahayani, “Evaluasi Implementasi Smart City di Indonesia: Tantangan Teknologi dan Keberlanjutan,” GOVERNANCE: Jurnal Ilmiah Kajian Politik Lokal dan Pembangunan, 2023.

[4] H. Dharma Yudha and others, “Analisis Dampak Teknologi IoT dalam Smart City,” Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, vol. 2, no. 7, 2024.

[5] B. Alwar and H. E. E. Faustino, “Integrating IoT and Artificial Intelligence for Sustainable Smart City Development: A Case Study Approach,” ITEJ (Information Technology Engineering Journals), vol. 9, pp. 80–90, 2024, [Online]. Available: https://syekhnurjati.ac.id/journal/index.php/itej

[6] M. Ridwan, Z. T. Sanjaya, T. A. Pramitasari, and P. Setyono, “A Review of the Surakarta Smart City Concept: Optimizing Transformation and Digital Services Based on Big Data and Real-Time Technology,” Jurnal Bina Praja, vol. 17, no. 2, 2025, doi: 10.21787/jbp.17.2025-2820.

[7] M. Mustar and A. Rahmadanita, "Smart City di Indonesia: Analisis Bibliometrik dan Analisis Konten," Jurnal Teknologi dan Komunikasi Pemerintahan, vol. 7, no. 2, pp. 217–235, Jun. 2025, doi: 10.33701/jtkp.v7i2.5900.
[8] A. S. Podda, S. Carta, and S. Barra, "Artificial Intelligence Methods for Smart Cities," Sensors, vol. 24, no. 8, p. 2615, Jun. 2024, doi: 10.3390/s24082615.
[9] R. Wolniak and K. Stecuła, "Artificial Intelligence in Smart Cities—Applications, Barriers, and Future Directions: A Review," Smart Cities, vol. 7, no. 3, Jun. 2024, doi: 10.3390/smartcities7030057.
[10] C. Fauzi, "A Review Geospatial Artificial Intelligence (Geo-AI): Implementation of Machine Learning on Urban Planning," Jurnal Manajemen Informatika, vol. 3, no. 1, Jun. 2024, [Online]. Available: https://jmi.rivierapublishing.id/index.php/rp
[11] S. A. A. Bokhari and S. Myeong, "Use of Artificial Intelligence in Smart Cities for Smart Decision-Making: A Social Innovation Perspective," Sustainability (Switzerland), vol. 14, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.3390/su14020620.
[12] M. F. Farendy and R. Naufal Akbar, "Analisis Strategi Pemerintah Provinsi dalam Membangun Konsep Smart City: Studi Kasus Pemerintah Provinsi DKI Jakarta," Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, vol. 10, no. 13, pp. 537–548, 2024, doi: 10.5281/zenodo.12790038.
[13] A. Sofyan, "Digital Innovation in Public Service Delivery: An Implementation Study of Smart City Initiatives in Bandung City, Indonesia," Jurnal Desember, vol. 16, no. 3, 2023.
[14] A. 'Ainur Rohmah, R. Rachmawati, and E. T. W. Mei, "Smart City Achievement through Implementation of Digital Health Services in Handling COVID-19 Indonesia," Smart Cities, vol. 6, no. 1, pp. 639–651, Jun. 2023, doi: 10.3390/smartcities6010030.
[15] A. Affandi and K. Penulis, "Peningkatan Literasi Teknologi IoT untuk Mendukung Implementasi Smart City," Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika, vol. 2, no. 6, doi: 10.61132/merkurius.v2i6.402.
[16] M. E. E. Alahi et al., "Integration of IoT-Enabled Technologies and Artificial Intelligence (AI) for Smart City Scenario: Recent Advancements and Future Trends," Sensors, vol. 23, no. 11, p. 5206, 2023, doi: 10.3390/s23115206.
[17] M. Reffy Adrian, "Analisis Pengaruh Teknologi IoT terhadap Efisiensi Smart City," Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika, vol. 3, no. 2, 2025.
[18] A. Ichwani, "Perancangan Metode Architecture Smart City," Jurnal Ilmu Komputer, vol. 3, no. 1, pp. 44–50, Jun. 2018.
[19] D. A. S. Ilhami, "Data Privasi dan Keamanan Siber pada Smart-City: Tinjauan Literatur," Jurnal Sains, Nalar, dan Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), vol. 2, no. 1, pp. 51–60, 2022, doi: 10.20885/snati.v2i1.19.
[20] T. Irfan Fajri, N. Rahayu, H. Eldo, G. Chrisnawati, and R. Shaulita, "Integrasi Big Data dan AI untuk Pengambilan Keputusan dalam Smart City," Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 9, no. 2, pp. 783–789, 2025.
[21] I. Widiyastuti, D. Nupikso, N. A. Putra, and V. A. Intanny, "Smart Sustainable City Framework: Usulan Model Kota Cerdas yang Berkelanjutan dan Integratif," Jurnal PIKOM (Penelitian Komunikasi dan Pembangunan), vol. 22, no. 1, pp. 13–30, Jun. 2021, doi: 10.31346/jpikom.v22i1.3297.

[22] M. N. Hutajulu, H. Saragih, and I. R. Purba, "Analisis Teoritis Integrasi Artificial Intelligence dalam Sistem Pengelolaan Smart City," Journal of Innovative and Creativity, vol. 6, no. 1, pp. 6614–6622, 2026.
[23] H. N. Ramadhani, "Kerangka Tata Kelola TI untuk Sistem Keputusan Berbasis AI di Smart Cities," JIFOTECH (Journal of Information Technology), vol. 6, no. 1, Mar. 2026.
[24] O. Alfina and M. Safii, "Klasifikasi Pola Konsumsi Energi Rumah Tangga Menggunakan Algoritma Machine Learning untuk Mendukung Implementasi Smart City," METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi, vol. 9, no. 2, pp. 300–306, Oct. 2025, doi: 10.46880/jmika.Vol9No2.pp300-306.
[25] R. A. Rizaldi, N. H. Matondang, and C. N. P. Dewi, "Kemacetan: Konsep Perancangan Smart Traffic Signals Berbasis AI pada Persimpangan Rumah Sakit Fatmawati," INFORMASI (Jurnal Informatika dan Sistem Informasi), vol. 17, no. 2, pp. 231–244, Nov. 2025, doi: 10.37424/informasi.v17i2.435.
[26] S. Piu A, M. Rizal, and M. Itasari, "Model Deteksi Pemborosan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Algoritma Autoencoder dengan Konsep Internet of Things," MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, vol. 6, no. 1, pp. 178–185, Jan. 2026, doi: 10.57152/malcom.v6i1.2338.
[27] G. C. Sihombing and T. Sutabri, "Analisis Penerapan Cloud Computing Menggunakan Metode Komparatif sebagai Infrastruktur Pendukung Transformasi Digital Smart City," Saturnus: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, vol. 4, no. 1, pp. 18–29, Jan. 2026, doi: 10.61132/saturnus.v4i1.1363.
[28] V. Sawitri et al., "Paradigma Smart City dalam Memanfaatkan Potensi Big Data," vol. 11, no. 4, pp. 271–282, Des. 2024.
[29] M. Miftahul Khoiri S., "Integrasi Internet of Things (IoT) dan Big Data dalam Pengembangan Sistem Informasi Smart City," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (JUPTIK), vol. 3, no. 2, pp. 61–66, Nov. 2025, doi: 10.52060/juptik.v3i2.3850.
[30] T. S. Ulfa, "A Systematic Literature Review: Big Data in Smart City Development," JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer), 2026.
[31] Juroihan, W. K. Fikri, L. Mohdo, M. Fikri, R. N. Romadhon, and M. Encep, "Integrasi Cloud Computing untuk Analisis Big Data," KELUWIH: Jurnal Sains dan Teknologi, vol. 1, no. 2, pp. 77–84, 2024.
[32] V. M. Sinaga, "Big Data pada Smart City: Konsep dan Manfaat," Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, vol. 1, no. 11, pp. 711–718, Dec. 2023, doi: 10.5281/zenodo.10408647.
[33] Zulfariansyah et al., "Arsitektur Edge–Cloud Berbasis AI untuk Optimalisasi Internet of Things," Seminar Nasional Rekayasa Tropis, vol. 5, no. 1, Nov. 2025.
[34] L. Pramudya and N. Indra ER, "Evaluasi Implementasi Komponen Smart City di Bali: Literature Review," Majalah Ilmiah Teknologi Elektro (MITE), vol. 24, no. 1, pp. 9–22, 2025, doi: 10.24843/mite.2025.v24i01.p02.
[35] I. Moumen, J. Abouchabaka, and N. Rafalia, "Adaptive Traffic Lights Based on Traffic Flow Prediction Using Machine Learning Models," International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 13, no. 5, pp. 5813–5823, 2023.