The Indonesian Journal of Computer Science
www.ijcs.net
Volume 15, Issue 3, June 2026
https://doi.org/10.33022/ijcs.v15i3.5131

Indikator dan Metode Pengukuran Kinerja Smart City: Tinjauan Literatur

Ghefira Nur Fatima[1], Muhayat[2], Siti Alayda Azzahro[3]
itsgheghewrld@gmail.com[1], muhayat@uin-antasari.ac.id[2], siti.alayda.azzahro@gmail.com[3]
[1,2,3]Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin

Informasi Artikel

Diterima: 18 Apr 2026
Direvisi : 16 Mei 2026
Disetujui: 9 Jun 2026

Kata Kunci

Pengukuran Kinerja *Smart city*; Indikator *Smart city*; Indeks Komposit; *Internet of Things* (IoT); Tata Kelola Perkotaan

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis perkembangan konsep, tipologi indikator, metode operasionalisasi, serta keterbatasan dalam pengukuran kinerja *smart city* melalui pendekatan tinjauan literatur integratif. Penelitian menggunakan metode Integrative Literature Review (ILR) terhadap 25 artikel jurnal nasional dan internasional yang terindeks Scopus dan SINTA. Analisis dilakukan menggunakan sintesis tematik-komparatif dan analisis konfiguratif untuk mengidentifikasi pola konseptual, variasi metodologis, serta hubungan antara indikator, metode pengukuran, dan infrastruktur teknologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indikator *smart city* berkembang dari pendekatan berbasis teknologi menuju kerangka multidimensional yang mencakup dimensi lingkungan, ekonomi, mobilitas, tata kelola, masyarakat, dan infrastruktur digital. Variasi dalam proses normalisasi, pembobotan, agregasi indeks, serta penggunaan data berbasis IoT dan kualitas layanan jaringan memengaruhi validitas dan interpretasi hasil pengukuran. Penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi keamanan siber, keandalan sistem, serta kolaborasi pemangku kepentingan dalam membangun kerangka evaluasi *smart city* yang komprehensif dan kontekstual.

Keywords

Smart city Performance Measurement; Smart city Indicators; Composite Index; Internet of Things (IoT); Urban Governance

Abstract

This study examines the evolution of smart city performance measurement, focusing on the development of concepts, the types of indicators applied, the measurement methods used, and the challenges found in this field through a comprehensive review of previous studies. The research analyzes 25 journal articles indexed in Scopus and SINTA that discuss topics such as smart city indicators, composite indices, Internet of Things (IoT), network Quality of Service (QoS), resilience, cybersecurity, and governance. The data were analyzed using thematic-comparative analysis and configurational analysis to identify conceptual patterns and methodological differences across the studies. The findings indicate a shift from technology-centered measurement models toward more comprehensive frameworks that incorporate multiple dimensions, including environmental, economic, mobility, governance, social, and digital infrastructure aspects. Differences in data normalization, weighting, index aggregation, and IoT-based data collection influence the accuracy and interpretability of performance assessments. The study also highlights the need to integrate cybersecurity, system reliability, and stakeholder collaboration to develop more robust and context-appropriate smart city evaluation frameworks.

Attribution-ShareAlike 4.0 International License

A. Pendahuluan

Perkembangan gagasan *smart city* dalam dua dekade terakhir telah menyebabkan munculnya banyak kerangka indikator dan metrik yang beragam, baik dalam hal bidang yang diukur, cara pendekatannya, maupun prinsip dasar yang mendasarinya. Tidak ada satu definisi yang sama mengenai *smart city*, melainkan berbagai penjelasan yang mencakup fokus pada teknologi, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, serta ketahanan sistem [1], [2]. Keragaman ini memengaruhi langsung cara indikator dibuat, karena setiap cara mengukur mencerminkan nilai dan prioritas tertentu yang dipilih oleh orang yang merancangnya. Beberapa penelitian menekankan efisiensi energi, mobilitas yang cerdas, dan infrastruktur digital sebagai bagian penting dalam pengukuran [2], [3], sedangkan penelitian lain menggabungkan aspek keberlanjutan dan manfaat umum sebagai dasar normatif [1], [4]. Pada saat yang sama, pendekatan konfiguratif menunjukkan bahwa berbagai kombinasi indikator bisa menghasilkan tingkat kinerja yang sama tinggi, sehingga timbul pertanyaan mengenai kemampuan membandingkan dan keakuratan penafsiran indeks tersebut [5], [6]. Pada tingkat penerapan, diperlukan penyesuaian indikator sesuai dengan skala distrik atau proyek, sehingga menunjukkan bahwa batasan ruang dan waktu dalam pengukuran menjadi isu metodologis yang sangat penting [7], [8]. Oleh karena itu, latar belakang masalah penelitian ini timbul dari pemecahan konsep dan metode dalam mengukur kinerja *smart city* yang belum sepenuhnya digabungkan secara menyeluruh. Kondisi ini membutuhkan tinjauan yang terstruktur, bukan hanya menghitung indikator, tetapi juga menganalisis dasar pengetahuan, jenis benda ukur, serta dampak aturan yang terkandung di dalamnya.

Selain tingkat kesulitannya, penelitian ini juga penting karena metode yang digunakan semakin terpengaruh oleh kemajuan teknologi digital dan *Internet of Things* (IoT). Berdasarkan literatur, indikator *smart city* kini tidak hanya berasal dari data administratif saja, tetapi juga berasal dari sensor berbasis real-time, jaringan komunikasi generasi berikutnya, serta sistem yang menggunakan machine learning [6], [9], [10]. Menggunakan data IoT memberikan kesempatan untuk meningkatkan tingkat rinci dan frekuensi pengambilan data, tetapi juga menimbulkan tantangan dalam hal kualitas data, keandalan jaringan, serta metadata kualitas layanan (QoS) [11], [12], [13]. Infrastruktur seperti jaringan 6G yang menggunakan teknik slicing dan optimasi routing berbasis CNN-LSTM menunjukkan bahwa kinerja komunikasi menjadi faktor penting dalam menjaga kelangsungan sistem pengukuran [14]. Di sisi lain, proses normalisasi, penimbangan, dan penggabungan indeks komposit biasanya tidak diungkapkan secara jelas, meskipun keputusan-keputusan metodologis tersebut sangat berpengaruh terhadap hasil penilaian kota [13]. Analisis sensitivitas disarankan sebagai metode yang baik untuk mengevaluasi ketangguhan indeks terhadap perubahan bobot [5], [8], tetapi penerapannya belum dilakukan secara seragam dalam semua penelitian. Tantangan lainnya berasal dari segi keamanan dan privasi, di mana ancaman siber serta kelemahan jaringan bisa mengganggu keakuratan indikator [2], [3], [15]. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memahami cara metode operasionalisasi indikator dikembangkan, diverifikasi, dan dilaporkan dalam literatur, serta bagaimana pengaruhnya terhadap validitas, ketepatan, dan kemudahan dalam memahami pengukuran kinerja *smart city*.

Penelitian ini juga penting karena dalam literatur sudah ada beberapa masalah dan ketidakselarasan konseptual yang belum terjawab secara tuntas. Salah satu masalah utama adalah adanya ketegangan antara kebutuhan untuk menerapkan standar agar bisa diukur secara global dan kebutuhan untuk mempertimbangkan konteks lokal agar tetap relevan [8], [16]. Pendekatan KPI dua tingkat yang menggabungkan indikator utama dan indikator lokal diajukan sebagai solusi, tetapi belum banyak dievaluasi secara menyeluruh dalam satu tinjauan literatur yang terpadu. Selain itu, hubungan antara kecerdasan dan keberlanjutan atau SDGs tidak selalu jelas, sehingga perlu diperjelas secara konseptual dalam pembuatan indikator [1], [7], [13]. Dimensi tata kelola dan politik indikator juga mendapat perhatian, karena sistem pengukuran bisa memengaruhi prioritas kebijakan dan cara distribusi sumber daya [17], [18]. Menggunakan data yang dikumpulkan dari banyak orang bisa membuat lebih banyak orang terlibat, tetapi bisa juga menyebabkan ketidakseimbangan dalam representasi [19], [20]. Dari segi teknis, model dependability dan sistem redundansi sumber daya masih kurang sering diintegrasikan secara eksplisit dalam kerangka indikator [4], [21]. Sementara itu, teori teknik menekankan pentingnya menggabungkan metrik keamanan dan kualitas layanan sebagai bagian dari sistem pengukuran [12], [17]. Fragmentasi ini menunjukkan bahwa diperlukan segera pembuatan kerangka indikator yang lebih menyatukan, jelas, dan melibatkan berbagai bidang ilmu. Penelitian ini hadir untuk memenuhi kebutuhan tersebut dengan menggunakan pendekatan tinjauan sistematis yang lengkap.

Sejalan dengan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membangun pemahaman yang menyeluruh mengenai perkembangan konsep, jenis-jenis indikator, cara mengoperasikan metrik, serta celah-celah dalam penelitian sebelumnya mengenai pengukuran kinerja *smart city*. Penelitian ini secara khusus menganalisis cara domain indikator dibentuk oleh berbagai pendekatan normatif, mengevaluasi praktik dalam proses normalisasi dan penyatuan indeks, serta mengidentifikasi dampak penggunaan IoT dan kualitas layanan jaringan terhadap kevalidan indikator. Selain itu, penelitian ini juga mencoba menggabungkan pendekatan mengenai pengelolaan, keamanan, dan legitimasi para pemangku kepentingan dalam satu kerangka kerja yang terintegrasi dan konsisten [22]. Oleh karena itu, hubungan penelitian ini dengan literatur yang sudah ada bersifat reflektif dan konstruktif, karena tidak hanya merangkum hasil penelitian sebelumnya, tetapi juga mengidentifikasi celah-celah dalam penggabungan antar subliteratur. Rumusan masalah penelitian terdiri dari tiga pertanyaan utama: bagaimana konsep dan jenis indikator dikembangkan dalam literatur; bagaimana metode pengoperasionalan indikator dibuat dan diuji kebenarannya; serta apa saja kekurangan dan arah pengembangan kerangka indikator yang lebih menyeluruh. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat teoretis untuk memperjelas dasar pengetahuan dalam mengukur kinerja *smart city*, serta manfaat metodologis untuk meningkatkan kejelasan, ketangguhan, dan keamanan sistem pengukuran. Akhirnya, penelitian ini menegaskan bahwa mengukur kinerja *smart city* merupakan sistem yang melibatkan aspek sosial dan teknis, serta memerlukan penggabungan konsep, metode, dan lembaga secara bersamaan agar bisa menghasilkan penilaian yang benar, konsisten, dan bermakna.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain Integrative Literature Review (ILR) yang bertujuan menyatukan, membandingkan, dan menggabungkan hasil penelitian konseptual serta metodologis dari 25 artikel jurnal nasional dan internasional yang terindeks Scopus serta relevan dengan pengukuran kinerja *smart city*. Desain ini dipilih karena bisa menggabungkan beberapa pendekatan seperti studi konseptual, penelitian empiris, studi kasus, serta artikel berbasis sistem rekayasa dalam satu kerangka analisis yang terpadu. Hal ini sesuai dengan karakteristik literatur yang mencakup berbagai aspek seperti tata kelola, indeks komposit, IoT, kualitas jaringan (QoS), dan keamanan siber[4]. Sampel penelitian terdiri dari 25 artikel yang secara jelas membahas indikator, metrik, indeks, dashboard, dependability, resilience, keamanan, atau metode evaluasi *smart city* [1], [13], [22]. Artikel-artikel tersebut dipilih melalui proses seleksi bertahap menggunakan pendekatan purposive sampling dengan kriteria inklusi sebagai berikut : (1) membahas indikator atau metrik pengukuran kinerja smart city, (2) memuat aspek metodologi seperti normalisasi, pembobotan, atau agregasi indeks, (3) mengintegrasikan teknologi digital seperti IoT dan kualitas layanan jaringan (QoS), serta (4) dipublikasikan dalam jurnal terindeks Scopus atau SINTA dalam rentang tahun relevan[8], [23]. Pemilihan basis data Scopus dilakukan karena menyediakan publikasi bereputasi internasional dengan standar peer-review yang ketat, sehingga menjamin validitas dan kontribusi ilmiah yang tinggi. Sementara itu, SINTA digunakan untuk melengkapi konteks lokal dan regional yang relevan dengan implementasi smart city di Indonesia. Jumlah 25 artikel dipilih karena telah mencapai titik saturasi konseptual, di mana tidak ditemukan lagi variasi tema atau pendekatan baru yang signifikan dalam literatur yang dianalisis. Instrumen penelitian menggunakan matriks ekstraksi data yang dibuat untuk mengelompokkan dan mengkodekan beberapa hal seperti domain indikator, pendekatan normatif, teknik normalisasi, metode pembobotan, penggunaan IoT/QoS, aspek keamanan, serta rekomendasi kebijakan [2], [10], [12]. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara mengidentifikasi, menyaring berdasarkan kriteria tertentu, membaca seluruh teks secara lengkap, dan melakukan pengkodean tema secara sistematis. Analisis data dilakukan dengan pendekatan sintesis tematik-komparatif dan analisis konfiguratif untuk menemukan pola, ketegangan konseptual, serta kekurangan penelitian antar studi [5], [24]. Untuk memastikan proses replikasi berjalan baik, setiap artikel diperiksa menggunakan skema kode yang sama dan kemudian diverifikasi kembali sesuai dengan definisi indikator, metode penggabungan data, serta cara melaporkan metadata dan kualitas layanan, seperti yang direkomendasikan dalam penelitian sebelumnya [3], [25]. Dengan cara ini, penelitian bisa dilakukan lagi oleh orang lain dengan menggunakan kriteria pemilihan, matriks ekstraksi, dan langkah-langkah analisis yang sama dan sudah dicatat secara jelas serta terbuka.

C. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menampilkan hasil dari penggabungan informasi yang berasal dari 25 artikel jurnal terindeks Scopus yang telah dianalisis dengan pendekatan tinjauan literatur integratif. Sintesis dilakukan dengan cara membuat peta tema dan konfigurasi untuk mengetahui pola perkembangan konsep, jenis indikator,

pendekatan metode, serta kekurangan dalam penelitian pengukuran kinerja *smart city*. Hasil analisis menunjukkan bahwa perkembangan literatur tidak berjalan secara langsung, tetapi terjadi melalui interaksi antara orientasi normatif, kebutuhan kebijakan, kemajuan teknologi, serta kemampuan infrastruktur data. Perbedaan lokasi geografis, tingkat kemajuan digital, dan fokus pembangunan memengaruhi variasi jenis indikator yang digunakan dalam setiap penelitian. Selain itu, ditemukan bahwa cara pengukuran tidak hanya berbeda di tingkat konsep, tetapi juga di tingkat penerapan teknis, seperti metode normalisasi, penimbangan, penggabungan indeks, serta penggabungan data IoT dan metrik kualitas jaringan. Sintesis ini juga menunjukkan adanya perbedaan konsep antara kebutuhan untuk menerapkan standar global dan kebutuhan untuk mempertimbangkan kondisi lokal dalam penyusunan indikator. Di sisi lain, penggabungan aspek tata kelola, keamanan siber, dan ketergantungan sistem semakin berkembang dalam penelitian terbaru. Oleh karena itu, bagian ini menggabungkan hasil penelitian yang sudah diuji dan pembahasan secara analitis secara bersamaan untuk menjelaskan bagaimana cara pengukuran kinerja *smart city* berkembang, diterapkan, dan diperdebatkan dalam penelitian ilmiah.

Untuk memberikan gambaran ringkas mengenai hasil sintesis literatur yang dianalisis, temuan utama dari 25 artikel disajikan dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 1. Sintesis Temuan Utama Literatur terkait Indikator dan Metode Pengukuran Kinerja Smart City

Aspek Analisis	Temuan Utama	Implikasi
Orientasi Normatif	Pergeseran dari technology-driven menuju sustainability, welfare, dan resilience-driven	Menentukan arah pembentukan indikator
Domain Indikator	Lingkungan, energi, mobilitas, ekonomi, tata kelola, masyarakat, ICT	Struktur indikator bersifat multidimensional dan kontekstual
Metodologi Operasionalisasi	Normalisasi, pembobotan, agregasi indeks komposit	Perbedaan metode memengaruhi hasil evaluasi
Infrastruktur Data	Integrasi IoT dan QoS (latency, throughput, availability)	Menentukan kualitas dan real-time validity data
Keamanan & Dependability	Cybersecurity dan keandalan sistem menjadi krusial	Menjamin integritas dan reliabilitas pengukuran
Tata Kelola & Stakeholder	Co-production (quadruple helix) semakin dominan	Meningkatkan legitimasi indikator
Standarisasi vs Konteks Lokal	Muncul pendekatan hybrid (core & local indicators)	Menjaga keseimbangan komparabilitas dan relevansi

Berdasarkan rangkuman pada Tabel 1, pembahasan selanjutnya diuraikan secara lebih mendalam ke dalam beberapa aspek utama yang mencerminkan

perkembangan konseptual, struktur indikator, pendekatan metodologis, serta dimensi tata kelola dalam pengukuran kinerja smart city.

Evolusi Konseptual dan Orientasi Normatif Pengukuran Kinerja *Smart City*

Sintesis dari 25 artikel menunjukkan bahwa perkembangan konsep pengukuran kinerja *smart city* berlangsung melalui perubahan besar dalam cara berpikir, dari pendekatan yang lebih berfokus pada teknologi menuju pendekatan yang lebih menyatukan aspek sosial dan teknis. Mukti dan timnya (2021) serta Ramirez dan timnya (2021) menunjukkan bahwa pada tahap awal pengukuran *smart city*, indikator yang digunakan terutama berkaitan dengan infrastruktur, energi, mobilitas, dan efisiensi sistem perkotaan, baik di tingkat distrik maupun kota metropolitan. Pada tahap ini, *smart city* lebih ditekankan pada pengoptimalan sistem dengan memanfaatkan teknologi digital dan data. Namun, Charles dan timnya (2022) serta Domańska dan Cirella (2023) menunjukkan bahwa dalam konteks kebijakan Uni Eropa, *smart city* kemudian dianggap sebagai alat untuk mewujudkan keberlanjutan dan kepentingan umum, sehingga bidang indikator yang berkembang mencakup aspek sosial, partisipasi masyarakat, dan kesejahteraan. Perpindahan ini menunjukkan bahwa nilai-nilai normatif mulai diintegrasikan ke dalam kerangka pengukuran yang sebelumnya lebih berfokus pada aspek teknis. Vuković et al. (2021) dan White serta Bürger (2022) menegaskan bahwa tidak ada satu indikator saja yang bisa menjamin hasil yang baik, tetapi kombinasi indikator yang bisa berbeda antar kota, tetapi tetap mampu memberikan hasil total yang optimal. Temuan ini menunjukkan bahwa struktur indikator bersifat kontekstual dan mencerminkan arah kebijakan serta prioritas pembangunan. Dengan demikian, perkembangan konsep indikator *smart city* menunjukkan hubungan dinamis antara teknologi, keberlanjutan, kesejahteraan, dan ketahanan sebagai pedoman utama yang dijunjung tinggi.

Dimensi ketahanan atau kemampuan untuk bertahan semakin diintegrasikan dalam penilaian, seperti yang ditunjukkan oleh Khatibi dan timnya pada tahun 2021, melalui konsep kota yang cerdas dan tahan yang menggabungkan kecerdasan dan ketahanan dalam satu model yang utuh. Pendekatan ini mengembangkan indikator bukan hanya sebatas efisiensi, tetapi juga mencakup kemampuan sistem untuk beradaptasi dan tetap berjalan baik meskipun menghadapi gangguan. Paskaleva et al. (2021) dan Gohari et al. (2022) menunjukkan bahwa indikator tidak lagi dibuat secara top-down, tetapi melalui proses ko-produksi dengan melibatkan para aktor dari Quadruple Helix. Ini menunjukkan perubahan cara memahami pengetahuan bahwa indikator adalah hasil dari negosiasi sosial dan lembaga. Mantovani et al. (2021) dan Quijano et al. (2022) menekankan pentingnya menyelaraskan KPI proyek dengan baseline kota agar pengukuran tetap konsisten dalam aspek ruang dan waktu. Alsaid (2021) menyatakan bahwa sistem indikator memengaruhi cara dewan kota melaporkan kegiatan dan menentukan prioritas kebijakan, sehingga indikator memiliki dampak yang nyata terhadap institusi tersebut. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa cara mengukur kinerja kota pintar telah berkembang menjadi sistem yang lebih kompleks, bukan hanya mengevaluasi performa teknis saja, tetapi juga mencerminkan nilai-nilai normatif dan cara pengelolaannya.

Tipologi Indikator dan Domain Pengukuran

Hasil ekstraksi data menunjukkan bahwa indikator-indikator yang paling konsisten muncul mencakup lingkungan, energi, mobilitas, ekonomi, tata kelola, masyarakat, serta teknologi informasi dan infrastruktur digital. Mukti et al. (2021), Difa (2023), dan Hernández et al. (2022) mengidentifikasi indikator yang terdapat dalam enam dimensi utama yang sering muncul di berbagai kerangka evaluasi. Charles et al. (2022) menunjukkan bahwa indikator sosial serta partisipasi publik biasanya diwakili melalui data administratif, yang menunjukkan bahwa data langsung mengenai partisipasi masih terbatas. Ramirez et al. (2021) dan Khatibi et al. (2021) menunjukkan bahwa indikator resilience diintegrasikan di tingkat sistem dan subsistem, sehingga menambahkan lapisan kompleksitas dalam struktur domain. White dan Bürger (2022) menunjukkan bahwa perbedaan dalam susunan indikator antar kota menyebabkan munculnya bentuk performa yang beragam, meskipun semua kota tersebut termasuk dalam kategori smart dan sustainable yang sama. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis indikator tidak semuanya sama, melainkan bisa berubah tergantung pada kebijakan yang diambil dan kemampuan data yang ada. Ependi dan timnya (2023) mengenalkan data yang dikumpulkan secara bersama-sama sebagai sumber indikator keberlanjutan yang didasarkan pada teori sistem umum, serta memperluas sumber data dari luar mekanisme resmi yang biasa digunakan. Kim dan Shim (2023) serta Thota dan rekan-rekannya (2023) menunjukkan penggunaan indikator yang menggabungkan data performa operasional dan informasi dari IoT untuk mengevaluasi proyek serta mengurutkan kota.

Lim dan Hwang (2024) menambahkan dimensi analisis topik kepentingan kolaborator dengan menggunakan LDA dan BERT, yang menunjukkan bahwa preferensi para pemangku kepentingan dapat memengaruhi cara indikator dibentuk. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis indikator tidak hanya ditentukan oleh aspek normatif, tetapi juga dipengaruhi oleh kepentingan para pihak yang terlibat dalam proses pembuatan indikator tersebut. Oleh karena itu, struktur domain indikator mencerminkan hubungan antara kebutuhan teknis, kebijakan publik, dan partisipasi masyarakat. Variasi ini menunjukkan bahwa mengukur kinerja *smart city* adalah proses yang terus berkembang dan berubah seiring waktu. Oleh karena itu, membandingkan kota satu sama lain perlu dilakukan dengan hati-hati secara metode karena perbedaan susunan domain bisa memengaruhi pemahaman terhadap hasilnya.

Artefak Pengukuran dan Metodologi Operasionalisasi

Sebagian besar artikel menyebutkan bahwa indikator diskrit digunakan sebagai satuan dasar pengukuran, lalu digabungkan menjadi indeks komposit atau sistem peringkat. Vuković dan timnya pada tahun 2021 menunjukkan bahwa perbedaan dalam cara mengnormalisasi dan memberi bobot mengakibatkan perubahan besar pada urutan kota. White dan Bürger (2022) serta Quijano et al. (2022) menekankan bahwa analisis sensitivitas penting dilakukan untuk mengetahui seberapa tangguh indeks tersebut terhadap perubahan bobot. Yip et al. (2022) menciptakan kerangka penilaian hybrid dengan pendekatan faktor pembatas yang menggambarkan pertukaran antar dimensi. Mantovani et al. (2021) dan Quijano et al. (2022) menyatakan bahwa mengharmonisasikan KPI

proyek dengan baseline kota sangat penting agar tetap bisa dibandingkan. Khatibi et al. (2021) menggabungkan kecerdasan dan ketangguhan dalam satu indeks yang menyatukan berbagai dimensi secara sistemik. Alsaid (2021) menyatakan bahwa sistem indikator berbasis pelaporan akuntansi dewan kota menunjukkan hubungan antara proses pengukuran dan praktik institusional.

Domingos dan timnya (2024) mengenalkan analisis dependabilitas berbasis model untuk mengevaluasi pengaruh redundansi terhadap ketersediaan sistem *smart city*. Halba et al. (2023) serta Alwakeel dan Alnaim (2024) menunjukkan bahwa metrik kualitas layanan seperti latency, throughput, packet loss, dan availability menjadi syarat penting untuk memastikan indikator real-time tetap valid dalam konteks 6G dan teknologi network slicing. Inzillo dan tim (2024) serta Alsowaygh dan tim (2025) menjelaskan bahwa pengoptimalan rute dan struktur jaringan adalah faktor penting yang memengaruhi kualitas data. Shamsuzzoha dan tim (2021) serta Verma (2021) menekankan betapa pentingnya penggunaan routing yang hemat energi dalam mempertahankan kelancaran sistem *Internet of Things*. Malkawi dan timnya (2022) serta Almazmomi (2025) menyatakan bahwa keamanan siber dan keaslian data merupakan masalah penting dalam pengukuran yang menggunakan teknologi IoT. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penerapan indikator tersebut merupakan sistem yang melibatkan keputusan statistik, infrastruktur komunikasi, dan mekanisme keamanan secara bersamaan.

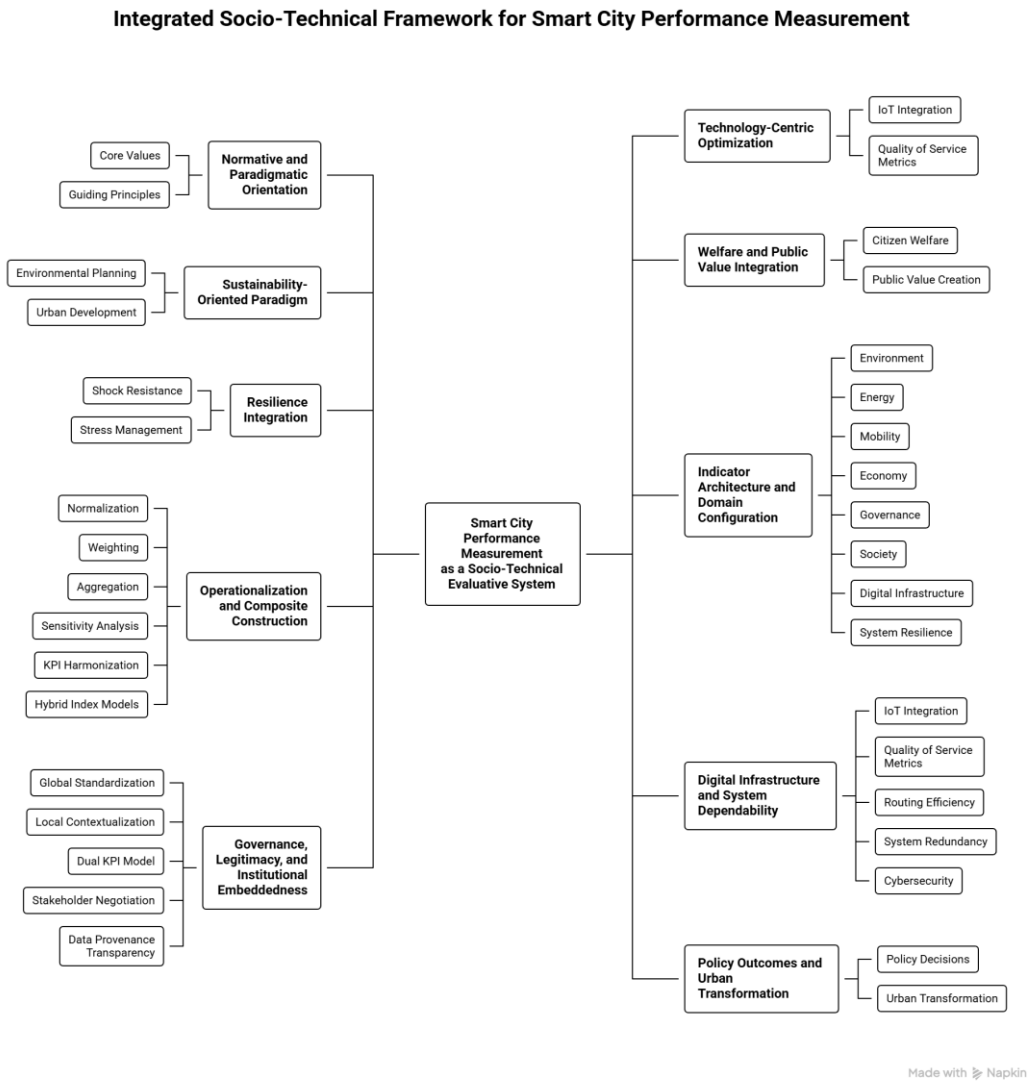
Tata Kelola, Legitimasi, dan Kesenjangan Penelitian

Penelitian menunjukkan adanya persaingan antara standarisasi dan konteks lokal sebagai isu utama dalam pembuatan indikator [8], [16]. Quijano et al. (2022) menawarkan pendekatan dengan dua jenis KPI, yaitu KPI pusat dan KPI lokal, agar bisa mengimbangi antara kemampuan membandingkan dan kecocokan dengan kondisi setempat. Charles et al. (2022) dan Ramirez et al. (2021) menunjukkan bahwa tingkat kecerdasan tidak selalu berkorelasi langsung dengan pencapaian SDGs, sehingga perlu dirumuskan secara jelas dan eksplisit agar indikator dapat selaras. Lim dan Hwang (2024) menekankan bahwa perbedaan kepentingan para pemangku kepentingan memengaruhi cara indikator dibuat. Ependi et al. (2023) menemukan adanya bias yang mungkin terjadi dalam data yang dikumpulkan secara crowdsourced, sedangkan White dan Bürger (2022) menekankan perlunya melakukan analisis sensitivitas agar menghindari penafsiran yang terlalu berlebihan terhadap indeks komposit. Temuan ini menunjukkan bahwa menilai seberapa baik *smart city* berjalan tidak hanya soal teknologi saja, tetapi juga tentang bagaimana nilai dan kepentingan berbagai pihak saling bersaing dan berunding.

Implikasi teoretisnya adalah diperlukannya kerangka indikator yang menggabungkan berbagai aspek seperti metadata provenance, kualitas layanan jaringan, analisis sensitivitas, serta mekanisme kerja sama dalam produksi yang melibatkan para pemangku kepentingan. Implikasi metodologisnya meliputi kejelasan dalam menentukan bobot dan catatan keandalan sistem yang digunakan. Implikasi dari kebijakan ini menekankan betapa pentingnya mendapatkan dukungan yang sah dan melibatkan pihak-pihak terkait dalam proses pembuatan indikator. Meskipun penelitian ini hanya mencakup 25 artikel yang terindeks

Scopus, penyusunan ini membantu menyederhanakan pemahaman tentang konsep dan metode pengukuran kinerja *smart city* secara sistematis dan menyeluruh.

Secara keseluruhan, hasil dari proses sintesis menunjukkan bahwa mengukur kinerja kota pintar tidak bisa dipandang hanya sebagai cara mengumpulkan indikator, melainkan sebagai susunan yang melibatkan aspek sosial dan teknologi yang telah diatur dalam sistem institusi. Interaksi antara arah yang diharapkan, struktur indikator, cara pelaksanaan, kemampuan infrastruktur digital, serta pengelolaan membentuk sistem penilaian yang terus berubah dan sesuai dengan konteks. Kompleksitas ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran tidak hanya bergantung pada desain statistik, tetapi juga pada struktur kebijakan dan kemampuan sistem kota. Untuk menyajikan hubungan antar dimensi secara konseptual, penelitian ini menyusun kerangka yang mengintegrasikan semua aspek dan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Terintegrasi Sosio-Teknis dalam Pengukuran Kinerja *Smart City*

Gambar 1 menampilkan kerangka sosio-teknis yang menggabungkan orientasi normatif, struktur indikator, cara penerapan metode, serta fasilitas digital dalam sistem penilaian kinerja *smart city*. Dalam kerangka ini, cara pandang dan pengelolaan membentuk dasar konseptual yang memengaruhi pemilihan indikator serta bidang penilaian. Selanjutnya, indikator tersebut dijalankan melalui proses normalisasi, penimbangan, dan penggabungan indeks yang didukung oleh infrastruktur digital seperti integrasi IoT, metrik kualitas layanan jaringan, serta mekanisme keamanan siber. Hubungan antar komponen ini menunjukkan bahwa kemampuan *smart city* tercipta karena kerja sama sekaligus terjadi bersamaan antara cara pembuatan indikator, metode pengukuran, dan kemampuan sistem teknologi kota.

Dengan demikian, perkembangan pengukuran kinerja *smart city* menunjukkan perubahan dari pendekatan yang fokus pada teknologi menjadi sistem evaluasi yang menggabungkan berbagai aspek seperti norma, metode, teknologi, dan struktur lembaga secara bersamaan. Pengukuran kini bukan hanya alat untuk menggambarkan kondisi, tetapi juga menjadi alat pengelolaan yang membimbing arah perubahan kota. Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan kerangka sosio-teknis yang menjelaskan cara indikator, metode menggabungkan data, infrastruktur digital, dan validitas lembaga-lembaga berinteraksi untuk menghasilkan performa yang memiliki nilai statistik yang dapat diterima dan juga dianggap sah secara kebijakan. Model ini memperluas pemahaman bahwa mengevaluasi *smart city* adalah proses yang bersifat konstruktif dan politis, bukan hanya sekadar teknis.

D. Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengukuran kinerja *smart city* dalam penelitian ilmiah merupakan konstruksi yang memiliki banyak dimensi, yang terbentuk dari perkembangan paradigma normatif, kesulitan dalam metode penelitian, serta perubahan teknologi dan sistem pengelolaannya. Sintesis dari 25 artikel yang terindeks Scopus menunjukkan bahwa tidak ada satu model indikator yang cocok untuk semua kasus, melainkan ada berbagai konfigurasi domain yang mencerminkan orientasi teknologi, keberlanjutan, kesejahteraan, dan ketahanan secara bersamaan. Temuan utama menunjukkan bahwa perbedaan dalam proses normalisasi, penimbangan, penggabungan indeks komposit, serta penerapan data IoT dan kualitas jaringan (QoS) secara langsung memengaruhi kelayakan dan kemudahan memahami hasil pengukuran. Selain itu, penelitian ini menegaskan bahwa indikator *smart city* tidak hanya digunakan sebagai alat evaluasi teknis, tetapi juga sebagai alat pengelolaan yang memiliki dampak politik dan institusi. Integrasi aspek keamanan siber, ketahanan sistem, serta kerja sama produksi dari para pemangku kepentingan terbukti penting untuk memastikan kredibilitas dan kelanjutan sistem pengukuran. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menggabungkan berbagai literatur yang sebelumnya terpisah menjadi satu kerangka sintesis yang terpadu, yang menghubungkan berbagai aspek konseptual, metodologis, teknis, dan sosial dalam mengukur kinerja *smart city*.

Dari sudut pandang kontribusi ilmiah, penelitian ini memperkuat dasar teori dalam bidang pengukuran kinerja *smart city* dengan menekankan bahwa indikator harus dilihat sebagai bagian dari sistem sosial dan teknis yang rumit. Penelitian ini

juga memberikan sumbangan dalam metode penelitian dengan menekankan pentingnya kejelasan dalam menentukan bobot, menganalisis respons terhadap perubahan, mencatat informasi metadata secara rapi, serta menggabungkan indikator kualitas layanan dan keamanan dalam sistem penilaian. Temuan ini penting dalam membangun model pengukuran yang lebih tangguh, fleksibel, dan sesuai dengan konteks, sekaligus memastikan kesamaan dalam membandingkan hasil penelitian antar studi. Selain itu, penelitian ini juga memperluas pembahasan akademik dengan menggabungkan berbagai literatur dari bidang studi kota, penilaian keberlanjutan, teknik engineer ICT, dan pemerintahan dalam satu analisis yang terpadu. Penelitian ini menjelaskan dengan jelas konflik antara standarisasi dan konteks lokal, sehingga menjadi dasar konseptual untuk membuat alat ukur indikator yang lebih seimbang. Kontribusi ini penting karena membantu mendorong penelitian menuju penggabungan antar disiplin ilmu yang lebih terstruktur dan didasarkan pada bukti.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan studi lebih lanjut dalam mengembangkan kerangka indikator yang bisa diuji secara nyata pendekatan KPI dua tingkat, yang menggabungkan indikator inti dan indikator kontekstual lokal dalam satu model kerja. Penelitian berikutnya juga harus menyelipkan analisis sensitivitas secara lebih rapi dalam setiap pembuatan indeks komposit agar prosesnya lebih jelas dan bisa dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Selain itu, pengembangan metode yang menggabungkan pemodelan dependability, QoS jaringan, dan keamanan siber secara jelas dalam desain indikator akan menjadi hal penting dalam era digital yang didorong oleh IoT dan 6G. Penelitian mendatang juga bisa mengeksplorasi pengaruh politik dan lembaga dari sistem indikator terhadap perubahan kebijakan dan cara alokasi sumber daya secara lebih dalam. Penelitian yang menggunakan pendekatan campuran, yaitu menggabungkan analisis angka-angka dengan pengevaluasian partisipasi para pihak secara mendalam, disarankan agar hasilnya lebih mudah diartikan. Oleh karena itu, penelitian di masa depan diharapkan dapat meningkatkan hubungan antara inovasi teknologi, keberlanjutan, pengelolaan, dan kredibilitas sosial dalam sistem pengukuran kinerja *smart city* yang semakin rumit dan berubah cepat.

E. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UIN Antasari Banjarmasin atas dukungan yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Penulis juga mengapresiasi kontribusi rekan-rekan dan berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

F. Referensi

[1] V. Charles, T. Gherman, and A. Emrouznejad, “Characteristics and Trends in Big Data for Service Operations Management Research: A Blend of Descriptive Statistics and Bibliometric Analysis,” 2022, pp. 1–18. doi: 10.1007/978-3-030-87304-2_1.

[2] O. Malkawi, N. Obaid, and W. Almobaideen, “Toward an Ontological

Cyberattack Framework to Secure Smart Cities with Machine Learning Support," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 11, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0131145.

[3] M. K. Thota, P. P M, and V. K R, "Proffering Ranks to the Smart Cities based on the Data Received from IoT Devices using Visualization Techniques," *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, vol. 11, no. 4, pp. 204–214, May 2023, doi: 10.17762/ijritcc.v11i4.6402.

[4] A. Domańska and G. T. Cirella, "The Smart City as a Keystone between Sustainability and Public Good: Case Research on How the European Union is Supporting Smart Settlements in Poland," in *Global Public Goods and Sustainable Development in the Practice of International Organizations*, BRILL, 2023, pp. 346–379. doi: 10.1163/9789004687264_018.

[5] L. White and K. Burger, "Understanding Frameworking for Smart and Sustainable City Development: A configurational approach," *Organ. Stud.*, vol. 44, no. 10, pp. 1603–1624, Oct. 2023, doi: 10.1177/01708406221099694.

[6] S. Verma, "Energy-efficient routing paradigm for resource-constrained Internet of Things-based cognitive smart city," *Expert Syst.*, vol. 39, no. 5, Jun. 2022, doi: 10.1111/exsy.12905.

[7] F. Ramirez, P. Palominos, M. Camargo, and D. Grimaldi, "A new methodology to support smartness at the district level of metropolitan areas in emerging economies: The case of Santiago de Chile," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 67, p. 102713, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.102713.

[8] A. Quijano *et al.*, "Towards Sustainable and Smart Cities: Replicable and KPI-Driven Evaluation Framework," Jan. 04, 2022. doi: 10.20944/preprints202201.0005.v1.

[9] S. Sathishbabu, R. Dhanalakshmi, R. Bharathiraja, and K. Thirunavukkarasu, "Predicting the Performance of Internet of Things Communication Systems Using Finite Element Interpolated Neural Network in Smart Cities," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 38, no. 10, Jul. 2025, doi: 10.1002/dac.70101.

[10] C. Yip, Y. Zhang, E. Lu, and Z. Y. Dong, "A hybrid assessment framework for human-centred sustainable smart campus: A case study on COVID-19 impact," *IET Smart Cities*, vol. 4, no. 3, pp. 184–196, Sep. 2022, doi: 10.1049/smc2.12038.

[11] J. L. Hernández, A. Quijano, P. Noaille, M. Virtanen, and R. García, "Digitalising cities: A methodology to map evaluation requirements into robust and feasible data collection approaches," *Acta Polytech. CTU Proc.*, vol. 38, pp. 183–189, Dec. 2022, doi: 10.14311/APP.2022.38.0183.

[12] A. M. Alwakeel and A. Alnaim, "Network Slicing in 6G: A Strategic Framework for IoT in Smart Cities," Jun. 05, 2024. doi: 10.20944/preprints202406.0275.v1.

[13] H. Khatibi *et al.*, "An integrated framework for assessment of smart city resilience," *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.*, vol. 49, no. 5, pp. 1556–1577, Jun. 2022, doi: 10.1177/23998083221092422.

[14] N. A. S. Alsowaygh, M. J. F. Alenazi, and M. Alsabaan, "SCGG: Smart City Network Topology Graph Generator," *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 37, no. 9–11, May 2025, doi: 10.1002/cpe.70088.

[15] N. K. Almazmomi, "AI-Enhanced AODV Routing for Intelligent Traffic

Management in Smart City Internet of Things Networks," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 38, no. 16, Nov. 2025, doi: 10.1002/dac.70271.

[16] G. Jiang, W. Gao, M. Xu, and M. Tong, "The analysis of rural revitalization serviceplatform in smart city under back propagation neural network," *PLoS One*, vol. 20, no. 3, p. e0317702, Mar. 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0317702.

[17] L. A. Z. A. Alsaid, "Performance measurement in smart city governance: a case study of an Egyptian city council," *J. Account. Emerg. Econ.*, vol. 11, no. 3, pp. 395–430, May 2021, doi: 10.1108/JAEE-09-2020-0244.

[18] J. Lim and J. Hwang, "Exploring diverse interests of collaborators in smart cities: A topic analysis using LDA and BERT," *Heliyon*, vol. 10, no. 9, p. e30367, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30367.

[19] I. A. Adeleke, N. I. Nwulu, and O. A. Ogbolumani, "A hybrid machine learning and embedded IoT-based water quality monitoring system," *Internet of Things*, vol. 22, p. 100774, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100774.

[20] U. Ependi, A. F. Rochim, and A. Wibowo, "An Assessment Model for Sustainability City Using Crowdsourced Data Based on General System Theory: A Design Science Methodology Approach," Sep. 06, 2023. doi: 10.20944/preprints202309.0349.v1.

[21] V. Contreras-Figueroa, L. G. Montané-Jiménez, M. Cepero-García, E. Benítez-Guerrero, and C. Mezura-Godoy, "Design of an adaptable dashboard for smart cities," *Proc. Inst. Syst. Program. RAS*, vol. 35, no. 1, pp. 7–24, 2023, doi: 10.15514/ISPRAS-2023-35(1)-1.

[22] K. Paskaleva, J. Evans, and K. Watson, "Co-producing smart cities: A Quadruple Helix approach to assessment," *Eur. Urban Reg. Stud.*, vol. 28, no. 4, pp. 395–412, Oct. 2021, doi: 10.1177/09697764211016037.

[23] S. Tiwari *et al.*, "Machine learning-based model for prediction of power consumption in smart grid- smart way towards smart city," *Expert Syst.*, vol. 39, no. 5, Jun. 2022, doi: 10.1111/exsy.12832.

[24] F. A. Silva, I. Fé, F. Silva, and T. A. Nguyen, "Quantifying the impact of resource redundancy on smart city system dependability: a model-driven approach," *Cluster Comput.*, vol. 27, no. 5, pp. 6059–6079, Aug. 2024, doi: 10.1007/s10586-023-04259-5.

[25] P. Tiwari, "The machine learning framework for traffic management in smart cities," *Manag. Environ. Qual. An Int. J.*, vol. 35, no. 2, pp. 445–462, Feb. 2024, doi: 10.1108/MEQ-08-2022-0242.