

CESS

(Journal of Computer Engineering, System and Science)

Available online: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>

ISSN: 2502-714x (Print) | ISSN: 2502-7131 (Online)



Identifikasi *Research gap* Efisiensi Energi *Smart Cities* berbasis Teknologi dan Kebijakan: *Literature Review*

Identifying Research Gaps in Smart city Energy efficiency Based on Technology and Policy: A Literature Review

M. Delfian Tirta Nugraha^{1*}, Muhayat², Husni Majedi³

^{1,2,3}Teknologi Informasi, Dakwah Dan Ilmu Komunikasi, Universitas Islam Negeri Antasari, Indonesia
Jalan A. Yani No.Km.4,5, RW.5, Kebun Bunga, Kec. Banjarmasin Timur., Kota Banjarmasin,
Kalimantan Selatan 70235.

Email: ¹mdelfiantirtanugraha@gmail.com, ²muhayat@uin-antasari.ac.id, ³husnimajedi@gmail.com

*Corresponding Author

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi perkembangan integrasi teknologi *smart city* dalam meningkatkan efisiensi energi perkotaan, menganalisis peran kebijakan publik dan *governance*, serta mengkaji *research gap* dan arah pengembangan masa depan. Penelitian menggunakan metode *Integrative Literature Review (ILR)* dengan penelusuran literatur melalui platform Scite.ai menggunakan strategi pencarian terstruktur dan proses seleksi berdasarkan alur PRISMA. Dari hasil pencarian diperoleh 26 artikel jurnal nasional dan internasional terindeks Scopus yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi *Internet of Things (IoT)*, *artificial intelligence (AI)*, *smart grids*, *renewable energy systems*, dan *green buildings* berkontribusi terhadap optimalisasi konsumsi energi, pengurangan emisi karbon, dan pengembangan sistem energi berbasis data. Selain itu, kebijakan publik, *adaptive governance*, dan *stakeholder collaboration* berperan penting dalam mendukung implementasi *smart city energy efficiency*. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa literatur masih didominasi pendekatan teknologi, sedangkan kajian yang mengintegrasikan teknologi dengan kebijakan dan *governance* masih terbatas. Penelitian ini menghasilkan sintesis hubungan antara teknologi dan kebijakan serta mengidentifikasi *research gap* sebagai dasar pengembangan penelitian selanjutnya.

Kata Kunci: *Smart city ; Efisiensi Energi; Tata Kelola; Smart grids ; Literature Review.*

ABSTRACT

This study aims to identify the development of smart city technology integration in improving urban energy efficiency, analyze the role of public policy and governance, and examine research gaps and future research directions. The study employed the Integrative Literature



This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license

Review (ILR) method by conducting a structured literature search through the Scite.ai platform and selecting studies using the PRISMA workflow. A total of 26 Scopus-indexed national and international journal articles met the inclusion criteria. The findings indicate that the integration of the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), smart grids, renewable energy systems, and green buildings contributes to optimizing energy consumption, reducing carbon emissions, and developing data-driven urban energy systems. Public policy, adaptive governance, and stakeholder collaboration also play important roles in supporting smart city energy efficiency. The review further reveals that existing studies remain dominated by technological approaches, while the integration of technology with policy and governance is still limited. This study provides a synthesis of the relationship between technology and governance and identifies research gaps to support future research.

Keywords: Smart city ; Energy Efficiency; Governance; Smart grids ; Literature Review.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan urbanisasi global, peningkatan konsumsi energi perkotaan, dan tuntutan pembangunan berkelanjutan mendorong munculnya konsep *smart city* sebagai solusi strategis bagi berbagai persoalan perkotaan modern. Kota-kota saat ini menghadapi tantangan berupa tingginya kebutuhan energi, peningkatan emisi karbon, kemacetan transportasi, penurunan kualitas lingkungan, serta keterbatasan sumber daya alam yang memengaruhi keberlanjutan pembangunan perkotaan [1]. Dalam konteks tersebut, *smart city* berkembang tidak hanya sebagai konsep digitalisasi layanan publik, tetapi juga sebagai paradigma pembangunan yang mengintegrasikan teknologi, *governance*, dan *sustainability* dalam satu sistem yang saling terhubung [2]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *artificial intelligence (AI)*, *smart grids*, *green buildings*, *renewable energy systems*, dan *big data analytics* memiliki kemampuan meningkatkan efisiensi energi melalui pengelolaan energi yang lebih cerdas dan berbasis data [3], [4]. *Smart city* juga memungkinkan monitoring konsumsi energi secara *real-time*, optimalisasi distribusi energi, serta pengurangan pemborosan energi melalui otomatisasi digital sehingga mendukung pembangunan rendah karbon dan net-zero emissions [5], [6], [7].

Literatur menunjukkan bahwa perkembangan teknologi digital memberikan dampak signifikan terhadap transformasi sistem energi perkotaan di berbagai negara. *Smart grids* memungkinkan distribusi energi menjadi lebih efisien melalui sensor digital, monitoring otomatis, dan integrasi *renewable energy* dalam jaringan listrik perkotaan [8]. Selain itu, AI dan *big data analytics* membantu pemerintah memprediksi pola konsumsi energi, mengoptimalkan penggunaan energi, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengelolaan kota [9]. Perkembangan IoT juga memungkinkan terciptanya sistem manajemen energi berbasis sensor yang dapat mengontrol penggunaan listrik, pencahayaan, dan pendingin ruangan secara otomatis sehingga konsumsi energi menjadi lebih efisien [10]. *Green buildings* berkembang sebagai bagian penting dalam strategi *smart city* karena sektor bangunan merupakan salah satu penyumbang konsumsi energi terbesar di kawasan perkotaan [11]. Selain itu, *smart transportation* dan *electric vehicles* membantu mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi karbon melalui integrasi transportasi rendah emisi dalam sistem *smart city* [12], [13].

Meskipun demikian, implementasi *smart city* tidak selalu berjalan optimal karena menghadapi berbagai tantangan kebijakan, *governance*, dan koordinasi antar stakeholder. Banyak penelitian sebelumnya lebih berfokus pada aspek teknologi dibandingkan kebijakan publik dan tata kelola pemerintahan sehingga menghasilkan pendekatan yang cenderung teknokratis [1]. Padahal, keberhasilan *smart city* dipengaruhi oleh kemampuan pemerintah dalam membangun regulasi, menciptakan koordinasi lintas sektor, dan mengembangkan *collaborative governance* yang mendukung *sustainability* perkotaan [14]. Penelitian menunjukkan bahwa beberapa proyek *smart city* gagal menghasilkan *sustainability outcomes* karena terlalu menitikberatkan pada digitalisasi infrastruktur tanpa memperhatikan integrasi kebijakan energi, partisipasi masyarakat, dan kesiapan institusional daerah [9]. Selain itu, implementasi *smart city* juga menghadapi tantangan terkait data *privacy*, *cybersecurity*, digital divide, serta keterbatasan kapasitas sumber daya manusia yang dapat menghambat transformasi energi perkotaan [10], [15]. Dalam konteks negara berkembang, tantangan tersebut menjadi lebih kompleks karena keterbatasan infrastruktur, kapasitas fiskal pemerintah, dan lemahnya koordinasi antar lembaga [16], [17].

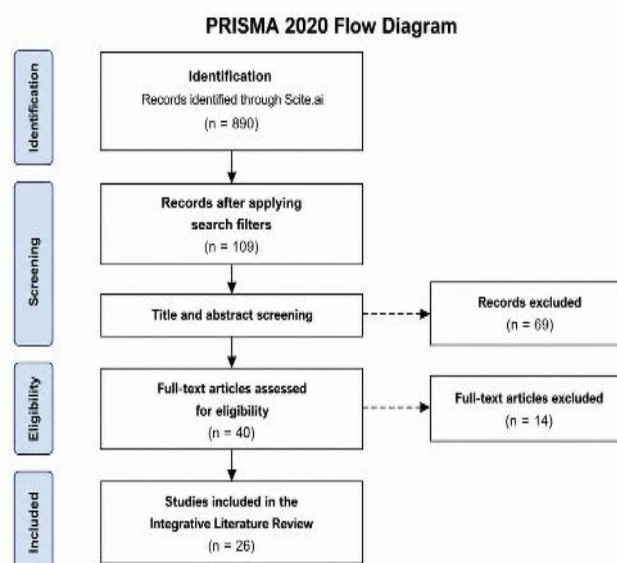
Penelitian ini penting dilakukan karena masih terdapat *research gap* terkait integrasi teknologi dan kebijakan dalam mewujudkan efisiensi energi *smart city*. Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa penerapan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *Artificial Intelligence (AI)*, *smart grids*, dan *renewable energy systems* mampu meningkatkan efisiensi energi melalui otomatisasi, pemantauan konsumsi energi secara *real-time*, serta optimalisasi distribusi energi [3], [6]. Di sisi lain, penelitian mengenai *governance* lebih banyak menyoroti aspek tata kelola digital, regulasi, dan koordinasi antarpemangku kepentingan sebagai faktor pendukung implementasi *smart city* [14]. Meskipun demikian, kedua kelompok penelitian tersebut umumnya masih berkembang secara terpisah sehingga belum memberikan sintesis yang menjelaskan hubungan antara implementasi teknologi, kebijakan publik, dan dampaknya terhadap efisiensi energi secara komprehensif. Selain itu, sebagian besar penelitian berfokus pada implementasi teknologi pada wilayah atau kasus tertentu sehingga belum mengidentifikasi pola penelitian, tantangan implementasi, serta *research gap* yang masih terbuka secara sistematis. Penelitian terdahulu juga masih terbatas dalam menjelaskan hubungan jangka panjang antara pembangunan *smart city* dan hasil efisiensi energi yang dihasilkan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pembangunan *smart city* pada tahap awal justru meningkatkan konsumsi energi karena kebutuhan pembangunan infrastruktur digital sebelum menghasilkan efisiensi energi dalam jangka panjang [18], [19]. Oleh karena itu, diperlukan suatu *Integrative Literature Review* yang mampu mengintegrasikan temuan-temuan penelitian sebelumnya, mengidentifikasi hubungan antara teknologi dan kebijakan, mengevaluasi tantangan implementasi, serta merumuskan *research gap* dan agenda penelitian yang masih perlu dikembangkan pada bidang efisiensi energi *smart city*.

Perkembangan literatur global menunjukkan bahwa *smart city* modern semakin menekankan *sustainability* dan net-zero transition dalam pembangunan perkotaan. *Smart city* tidak lagi dipahami hanya sebagai kota berbasis teknologi, tetapi sebagai mekanisme transformasi menuju pembangunan rendah karbon dan efisiensi energi berkelanjutan [18]. *Positive Energy Districts (PEDs)*, *renewable energy integration*, *green mobility*, dan *intelligent energy systems* menjadi fokus utama dalam pengembangan *smart city* masa depan [1].

Berbagai negara seperti China, Jepang, dan negara-negara Uni Eropa juga telah mengembangkan kebijakan *smart city* berbasis *sustainability* yang mengintegrasikan teknologi digital dengan strategi pengurangan emisi karbon dan efisiensi energi perkotaan [19], [20]. Penelitian mengenai *smart city* pilot policies di China menunjukkan bahwa integrasi kebijakan *smart city* dan kebijakan lingkungan mampu meningkatkan urban *energy efficiency* dan *low-carbon development* secara signifikan [21]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi perkembangan integrasi teknologi *smart city*, menganalisis peran *governance* dan kebijakan publik terhadap efisiensi energi, mengidentifikasi *research gap* yang masih terbuka melalui sintesis literatur secara sistematis, serta menyusun rekomendasi agenda penelitian masa depan terkait integrasi teknologi dan kebijakan dalam meningkatkan efisiensi energi pada smart cities melalui pendekatan *Integrative Literature Review*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Integrative Literature Review* (ILR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis penelitian mengenai efisiensi energi pada *smart city* melalui integrasi teknologi dan kebijakan. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggabungkan berbagai temuan konseptual dan empiris sehingga menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai perkembangan penelitian, tantangan implementasi, serta *research gap* pada bidang *smart city energy efficiency* [1], [14]. Sumber data penelitian berupa artikel jurnal ilmiah yang diperoleh melalui platform Scite.ai dengan memanfaatkan pencarian berbasis kata kunci (search string) dan filter topik. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci ("*smart city*" OR "*smart cities*") AND ("*energy efficiency*" OR "*urban energy*") AND ("*Internet of Things*" OR IoT OR "*Artificial Intelligence*" OR AI OR "*smart grid*") AND (*governance* OR *policy*), sedangkan filter topik yang diterapkan meliputi *Smart city*, *Efficient Energy Use*, dan *Sustainability* dengan rentang tahun publikasi 2021–2025. Hasil pencarian menghasilkan 890 artikel, kemudian disaring menggunakan filter pencarian pada platform sehingga diperoleh 109 artikel.



Gambar 1. Diagram Alur Seleksi Literatur Berdasarkan PRISMA

Proses seleksi dilakukan mengikuti alur PRISMA melalui tahapan identifikasi, title and abstract screening, full-text eligibility, dan penentuan artikel yang memenuhi kriteria inklusi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal tahun 2021–2025 yang membahas efisiensi energi pada *smart city* melalui integrasi teknologi dan/atau kebijakan, tersedia dalam bentuk full-text, serta relevan dengan tujuan penelitian. Adapun kriteria eksklusi meliputi artikel duplikat, editorial, prosiding, book chapter, artikel yang tidak membahas efisiensi energi *smart city*, atau tidak sesuai dengan fokus penelitian sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel jurnal yang membahas <i>smart city</i>	Artikel yang tidak membahas <i>smart city</i>
Membahas efisiensi energi pada <i>smart city</i>	Artikel yang tidak berkaitan dengan efisiensi energi
Membahas integrasi teknologi dan/atau kebijakan	Artikel yang tidak sesuai dengan tujuan penelitian
Artikel tersedia dalam bentuk full-text	Artikel yang tidak tersedia secara penuh
Publikasi tahun 2021–2025	Artikel duplikat, editorial, prosiding, dan book chapter

Setelah proses seleksi, diperoleh 26 artikel yang dianalisis menggunakan matriks sintesis literatur berdasarkan fokus penelitian, metode, teknologi, kebijakan, dan temuan utama. Analisis dilakukan menggunakan analisis tematik dan comparative synthesis untuk mengidentifikasi pola penelitian, hubungan antara teknologi dan kebijakan, tantangan implementasi, serta *research gap* yang menjadi dasar penyusunan rekomendasi penelitian selanjutnya [3], [5], [9], [22].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

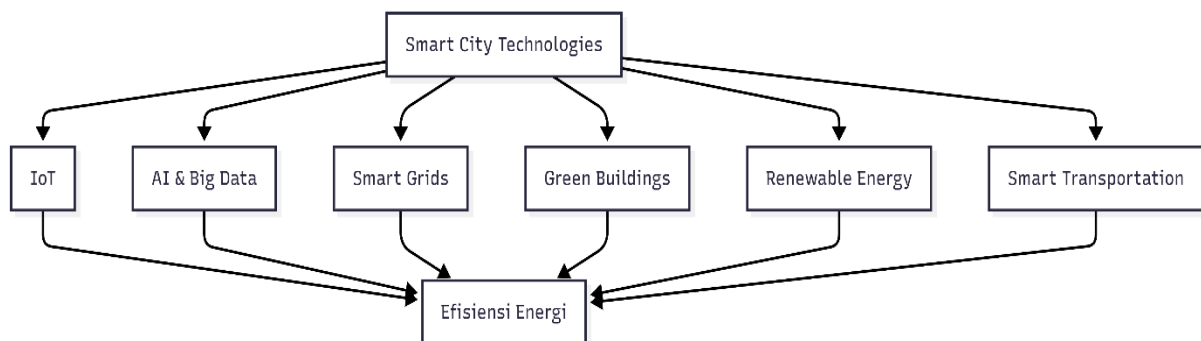
3.1. Sintesis Perkembangan Teknologi *Smart city* dalam Efisiensi Energi

Hasil sintesis dari 26 artikel jurnal nasional dan internasional menunjukkan bahwa perkembangan teknologi *smart city* didominasi oleh penggunaan Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), *smart grids*, *renewable energy systems*, green buildings, dan intelligent transportation systems sebagai instrumen utama dalam meningkatkan efisiensi energi perkotaan. Sebagian besar penelitian menempatkan *smart grids* sebagai teknologi utama dalam transformasi sistem energi perkotaan karena memiliki kemampuan monitoring distribusi energi secara real-time, integrasi energi terbarukan, serta optimalisasi penggunaan listrik berbasis data digital [8], [23]. Penelitian lain menunjukkan bahwa IoT digunakan untuk mendukung sistem monitoring energi berbasis sensor yang mampu mengontrol pencahayaan, pendingin ruangan, dan konsumsi energi bangunan secara otomatis [6], [10]. Selain itu, AI dan big data analytics ditemukan memiliki peran penting dalam memprediksi konsumsi energi, mendukung pengambilan keputusan berbasis data, serta meningkatkan efisiensi distribusi energi perkotaan [3], [9]. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa green buildings dan smart transportation menjadi sektor dominan dalam implementasi teknologi efisiensi energi *smart*

city karena kedua sektor tersebut memiliki tingkat konsumsi energi tinggi di kawasan perkotaan [11], [13]. Sebagian besar artikel menyatakan bahwa integrasi *renewable energy systems* seperti tenaga surya dan energi angin semakin berkembang sebagai bagian dari strategi *smart city* berkelanjutan [4], [7]. Penelitian lain menemukan bahwa penggunaan *Positive Energy Districts* (PEDs) mulai berkembang sebagai model integrasi energi bersih dan *smart grids* dalam sistem perkotaan modern [1]. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan *smart city energy efficiency* didominasi oleh integrasi teknologi digital dan transisi energi hijau.

Tabel 2. Dominasi Teknologi *Smart city* dalam Literatur

Teknologi	Fokus Implementasi	Temuan Utama
<i>Smart grids</i>	Distribusi energi	Monitoring real-time dan efisiensi distribusi
IoT	Sensor dan otomatisasi	Pengurangan pemborosan energi
AI & Big Data	Analisis energi	Prediksi konsumsi dan optimasi energi
Green Buildings	Bangunan hemat energi	Pengurangan konsumsi listrik bangunan
Renewable Energy	Energi bersih	Pengurangan emisi karbon
Smart Transportation	Mobilitas perkotaan	Efisiensi transportasi rendah emisi



Gambar 2. Integrasi Teknologi *Smart city* dan Efisiensi Energi

3.2. Sintesis Peran Kebijakan Publik dan *Governance*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebijakan publik dan *governance* menjadi faktor utama yang memengaruhi keberhasilan implementasi efisiensi energi pada smart cities. Sebagian besar artikel menegaskan bahwa teknologi *smart city* tidak dapat berjalan optimal tanpa adanya dukungan regulasi, kebijakan energi, dan koordinasi lintas sektor yang kuat [5], [14]. Penelitian menunjukkan bahwa pemerintah memiliki peran penting dalam menciptakan kerangka regulasi terkait penggunaan energi terbarukan, pengembangan *smart grids*, standar bangunan hemat energi, dan sistem transportasi rendah emisi [12], [18]. Selain itu, beberapa penelitian menemukan bahwa *governance smart city* membutuhkan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat dalam mendukung transformasi energi perkotaan [22]. Penelitian mengenai *smart city* pilot policy di China menunjukkan bahwa

integrasi kebijakan *smart city* dan kebijakan lingkungan menghasilkan peningkatan signifikan terhadap urban *energy efficiency* dan pengurangan emisi karbon [21], [24]. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *governance* adaptif diperlukan untuk menyesuaikan perkembangan teknologi digital dan perubahan kebutuhan energi perkotaan [25]. Selain itu, sebagian besar artikel menyoroti pentingnya stakeholder collaboration dalam mempercepat inovasi teknologi dan mendukung implementasi *sustainability* perkotaan [16]. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan *smart city energy efficiency* dipengaruhi oleh integrasi teknologi dengan kebijakan publik dan collaborative *governance*.

Analisis hasil sintesis menunjukkan bahwa hubungan antara teknologi dan *governance* bersifat saling melengkapi. Teknologi seperti IoT, AI, dan *smart grids* menyediakan kemampuan teknis untuk meningkatkan efisiensi energi melalui pengumpulan data, otomatisasi, dan optimasi sistem, sedangkan *governance* berperan dalam memastikan implementasi teknologi berjalan melalui regulasi, koordinasi antar lembaga, dan kolaborasi berbagai pemangku kepentingan. Dengan demikian, peningkatan efisiensi energi tidak hanya bergantung pada inovasi teknologi, tetapi juga pada efektivitas kebijakan publik yang mampu mendukung adopsi dan keberlanjutan teknologi tersebut.

Tabel 3. Peran *Governance* dan Kebijakan Publik

Aspek <i>Governance</i>	Hasil Temuan
Kebijakan Energi	Mendukung efisiensi energi dan renewable energy
Collaborative <i>Governance</i>	Memperkuat koordinasi stakeholder
Regulasi <i>Smart city</i>	Mengatur implementasi teknologi digital
Adaptive <i>Governance</i>	Menyesuaikan perubahan teknologi
Stakeholder Collaboration	Mempercepat inovasi dan <i>sustainability</i>
<i>Citizen participation</i>	Mendukung legitimasi kebijakan

3.3. Tantangan Implementasi *Smart city Energy Efficiency*

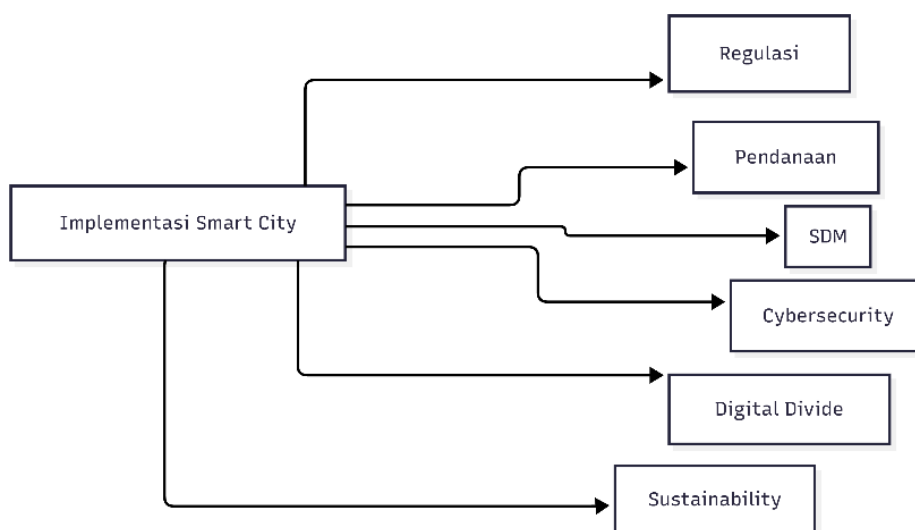
Hasil sintesis penelitian menunjukkan bahwa implementasi *smart city energy efficiency* menghadapi berbagai tantangan multidimensional yang mencakup aspek teknologi, kebijakan, sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Sebagian besar artikel menyoroti bahwa keterbatasan regulasi dan lemahnya koordinasi antar lembaga pemerintah menjadi hambatan utama dalam implementasi *smart city* [9], [18]. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa pembangunan *smart city* membutuhkan investasi finansial yang sangat besar terutama untuk pembangunan infrastruktur digital, *smart grids*, dan *renewable energy systems* [23]. Penelitian lain menemukan bahwa keterbatasan kapasitas sumber daya manusia dan rendahnya literasi digital menjadi tantangan serius terutama di negara berkembang [16], [17]. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa isu data privacy, *cybersecurity*, dan digital divide semakin menjadi perhatian dalam implementasi *smart city* modern [10], [15]. Selain itu, beberapa penelitian menemukan bahwa pembangunan *smart city* pada tahap awal dapat meningkatkan konsumsi energi karena kebutuhan pembangunan infrastruktur teknologi sebelum akhirnya menghasilkan efisiensi energi dalam jangka panjang [26]. Penelitian lain

menunjukkan bahwa sebagian proyek *smart city* gagal mencapai *sustainability* outcomes karena terlalu fokus pada digitalisasi dan kurang memperhatikan *governance* serta *citizen participation* [14]. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *smart city energy efficiency* dipengaruhi oleh kompleksitas tantangan lintas sektor.

Tabel 4. Tantangan Implementasi *Smart city* Energy Efficiency

Tantangan	Deskripsi Temuan
Regulasi	Kurangnya integrasi kebijakan lintas sektor
Finansial	Tingginya biaya pembangunan infrastruktur
SDM Digital	Rendahnya kapasitas teknologi
Cybersecurity	Risiko keamanan dan privasi data
Digital Divide	Ketimpangan akses teknologi
Sustainability Gap	Fokus digitalisasi lebih dominan
Konsumsi Energi Awal	Infrastruktur digital meningkatkan energi awal

Hasil sintesis menunjukkan bahwa berbagai tantangan tersebut saling berkaitan dan tidak dapat dipandang sebagai hambatan yang berdiri sendiri. Keterbatasan regulasi dapat memperlambat investasi infrastruktur digital, sedangkan rendahnya kapasitas sumber daya manusia memengaruhi pemanfaatan teknologi yang telah tersedia. Selain itu, isu *cybersecurity* dan digital divide berpotensi menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap implementasi *smart city* sehingga berdampak pada efektivitas kebijakan efisiensi energi. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan *smart city energy efficiency* memerlukan penyelesaian tantangan secara terpadu melalui integrasi aspek teknologi, kebijakan, kelembagaan, dan sosial.



Gambar 3. Tantangan Implementasi *Smart city*

3.4. Sintesis *Research gap* dalam Literatur *Smart city*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *research gap* utama dalam literatur *smart city energy efficiency* adalah dominasi pendekatan teknologi dibandingkan pendekatan *governance* dan kebijakan publik. Sebagian besar artikel lebih berfokus pada efektivitas IoT, AI, *smart grids*, dan *renewable energy systems* tanpa menjelaskan secara mendalam bagaimana kebijakan publik memengaruhi keberhasilan implementasi teknologi tersebut [1], [3]. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kajian *smart city* masih didominasi oleh perspektif negara maju seperti China, Jepang, dan negara-negara Uni Eropa sehingga perspektif negara berkembang masih terbatas [19], [20]. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penelitian terdahulu masih kurang membahas hubungan jangka panjang antara pembangunan *smart city* dan efisiensi energi perkotaan [26]. Beberapa artikel menemukan bahwa *smart city* membutuhkan *adaptive governance* dan *phased development strategy* agar *sustainability* dapat tercapai dalam jangka panjang [25]. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan dimensi *citizen participation*, *social inclusion*, dan digital ethics secara mendalam dalam kajian *smart city energy efficiency* [15]. Penelitian lain menunjukkan bahwa hubungan antara teknologi digital, *sustainability*, dan *policy integration* masih bersifat parsial dan belum terintegrasi dalam satu kerangka penelitian yang komprehensif [9]. Dengan demikian, hasil sintesis menunjukkan bahwa *research gap* utama terletak pada kurangnya integrasi multidimensional antara teknologi, *governance*, *sustainability*, dan kebijakan publik dalam penelitian *smart city*.

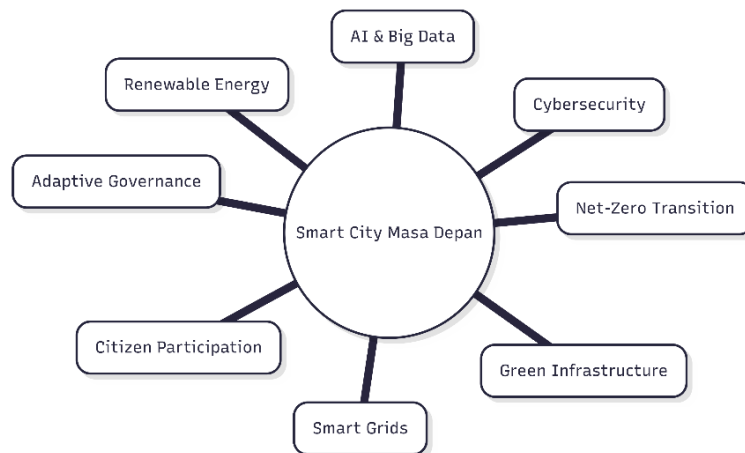
Tabel 5. *Research gap* dalam Literatur *Smart city*

Research Gap	Temuan
Dominasi Teknologi	<i>Governance</i> kurang dibahas
Perspektif Negara Maju	Negara berkembang masih terbatas
Long-term Analysis	Dampak jangka panjang belum optimal
<i>Citizen participation</i>	Partisipasi masyarakat minim
Policy Integration	Integrasi kebijakan masih parsial
<i>Sustainability Framework</i>	Fokus <i>sustainability</i> belum komprehensif

Berdasarkan hasil sintesis, *research gap* yang teridentifikasi tidak hanya menunjukkan keterbatasan jumlah penelitian pada aspek tertentu, tetapi juga memperlihatkan lemahnya keterhubungan antar dimensi penelitian. Sebagian besar penelitian masih mengembangkan teknologi secara terpisah dari kebijakan publik, sementara penelitian mengenai *governance* belum banyak mengaitkan dampaknya terhadap efisiensi energi. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pendekatan multidisipliner yang mengintegrasikan teknologi digital, *governance*, *sustainability*, dan partisipasi masyarakat dalam satu kerangka analisis sehingga penelitian selanjutnya mampu menghasilkan model *smart city* yang lebih komprehensif.

3.5. Sintesis Arah Pengembangan Masa Depan *Smart city*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah pengembangan masa depan *smart city energy efficiency* akan semakin berorientasi pada integrasi *sustainability*, net-zero transition, dan adaptive *governance*. Sebagian besar artikel memprediksi bahwa penggunaan *renewable energy systems*, *smart grids*, AI, dan IoT akan semakin meningkat dalam mendukung sistem energi perkotaan rendah karbon [4], [7]. Penelitian juga menunjukkan bahwa *Positive Energy Districts* (PEDs) dan integrated urban energy systems akan berkembang sebagai model baru dalam *smart city* masa depan [1]. Selain itu, beberapa penelitian menemukan bahwa *governance* masa depan harus lebih fleksibel dan berbasis collaborative *governance* untuk menghadapi perubahan teknologi dan kebutuhan energi perkotaan yang semakin kompleks [14], [25]. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan AI dan big data analytics akan semakin dominan dalam pengambilan keputusan berbasis data terkait pengelolaan energi perkotaan [3]. Selain itu, sebagian besar artikel menekankan pentingnya integrasi *citizen participation*, digital inclusion, dan *cybersecurity* dalam pengembangan *smart city* berkelanjutan [15]. Penelitian lain menunjukkan bahwa kota masa depan akan semakin mengintegrasikan transportasi rendah emisi, renewable energy, dan green infrastructure dalam satu sistem urban *sustainability* yang terhubung [13]. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa arah pengembangan *smart city energy efficiency* akan semakin menekankan integrasi teknologi digital, *sustainability*, dan *governance* adaptif.



Gambar 4. Arah Pengembangan Masa Depan *Smart city*

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi energi pada *smart city* tidak hanya dipengaruhi oleh penerapan teknologi digital, tetapi juga oleh integrasi kebijakan publik dan *governance* yang mendukung implementasi teknologi secara berkelanjutan. Berdasarkan hasil *Integrative Literature Review* terhadap 26 artikel, teknologi seperti Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), *smart grids*, *renewable energy systems*, green buildings, dan intelligent transportation systems berperan dalam meningkatkan efisiensi energi melalui pemantauan konsumsi energi, otomatisasi sistem, serta optimalisasi distribusi energi berbasis data. Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa collaborative *governance*, adaptive *governance*, dan koordinasi antarpemangku kepentingan menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan implementasi *smart city energy efficiency*. Temuan ini memperlihatkan bahwa

efisiensi energi pada *smart city* merupakan hasil interaksi antara inovasi teknologi dan tata kelola yang saling melengkapi dalam mendukung pembangunan perkotaan berkelanjutan.

Penelitian ini mengidentifikasi bahwa sebagian besar literatur masih berfokus pada pengembangan teknologi secara terpisah, sedangkan kajian yang mengintegrasikan teknologi dengan kebijakan publik, *governance*, dan *sustainability*, khususnya pada konteks negara berkembang, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, kontribusi utama penelitian ini adalah menyajikan sintesis mengenai hubungan antara teknologi dan kebijakan dalam meningkatkan efisiensi energi serta mengidentifikasi *research gap* yang dapat menjadi dasar penyusunan agenda penelitian selanjutnya. Temuan tersebut juga menunjukkan perlunya pendekatan multidisipliner yang menghubungkan aspek teknologi, tata kelola, dan keberlanjutan dalam pengembangan *smart city*.

Berdasarkan hasil sintesis yang diperoleh, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan studi empiris mengenai implementasi integrasi teknologi dan kebijakan pada berbagai karakteristik kota, khususnya di negara berkembang. Selain itu, penelitian mendatang perlu mengevaluasi hubungan jangka panjang antara pembangunan infrastruktur digital, efektivitas kebijakan, dan pencapaian efisiensi energi menggunakan pendekatan kuantitatif, kualitatif, maupun mixed methods. Pengembangan model integratif yang menghubungkan teknologi digital, *governance*, *sustainability*, serta partisipasi pemangku kepentingan juga menjadi peluang penelitian yang dapat memperkaya kajian *smart city energy efficiency* di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Esfandi, S. Tayebi, J. Byrne, J. Taminiau, G. Giyahchi, and S. A. Alavi, "Smart Cities and Urban Energy Planning: An Advanced Review of Promises and Challenges," *Smart Cities*, vol. 7, no. 1, pp. 414–444, 2024, doi: 10.3390/smartcities7010016.
- [2] M. Dirik, "The Importance of Clean Energy and Technology in the Development of Smart Cities," *J. Soft Comput. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 2, pp. 72–79, 2024, doi: 10.55195/jscai.1404604.
- [3] X. Li, Q. Wang, and Y. Tang, "The Impact of Artificial Intelligence Development on Urban Energy Efficiency—Based on the Perspective of *Smart city* Policy," *Sustainability*, vol. 16, no. 8, p. 3200, 2024, doi: 10.3390/su16083200.
- [4] H. Ramli, Z. M. Azizi, and N. Thurairajah, "Sustainable *Smart city* Technologies and Their Impact on Users' Energy Consumption Behaviour," *Energies*, vol. 17, no. 4, p. 771, 2024, doi: 10.3390/en17040771.
- [5] A. Razmjoo, P. A. Østergaard, M. Denai, M. M. Nezhad, and S. Mirjalili, "Effective Policies to Overcome Barriers in the Development of Smart Cities," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 79, p. 102175, 2021, doi: 10.1016/j.erss.2021.102175.
- [6] S. Fan, S. Peng, and X. Liu, "Can *Smart city* Policy Facilitate the Low-Carbon Economy in China? A Quasi-Natural Experiment Based on Pilot City," *Complexity*, vol. 2021, no. 1, 2021, doi: 10.1155/2021/9963404.
- [7] D. Kumar, "Smart Cities and Green Technologies: A Pathway to Urban *Sustainability*," 2024, doi: 10.52783/eel.v14i1.1218.
- [8] I. Agbossou, "Algorithmic Innovations in Multi-Agent Reinforcement Learning: A Pathway for Smart Cities," 2023, doi: 10.5772/intechopen.113933.

- [9] K. Ge, F. Creutzig, and M. J. Hintz, "Technology First, *Sustainability* Later: A Systematic Review on the Literature on the Policy Development of China's *Smart city* Strategy," *Environ. Res. Infrastruct. Sustain.*, vol. 4, no. 4, p. 42003, 2024, doi: 10.1088/2634-4505/ad9ed7.
- [10] A. D. Nurlukman, T. Aditya, A. Kosasih, and Y. Fadli, "Emerging Global Shift Towards Innovative Smart Environmental Cities: A Bibliometric Analysis," *Iop Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1475, no. 1, p. 12002, 2025, doi: 10.1088/1755-1315/1475/1/012002.
- [11] A. Razmjoo et al., "Investigating *Smart city* Development Based on Green Buildings, Electrical Vehicles and Feasible Indicators," *Sustainability*, vol. 13, no. 14, p. 7808, 2021, doi: 10.3390/su13147808.
- [12] O. J. L. Tung, "*Smart city* Regulation and Environmental *Sustainability* in the Context of Land Use Planning in Mauritius: A Critical Review," *Potchefstroom Electron. Law Journal/Potchefstroomse Elektron. Regsbl.*, vol. 26, 2023, doi: 10.17159/1727-3781/2023/v26i0a17151.
- [13] Y. Su, Z. Miao, and C. Wang, "The Experience and Enlightenment of Asian *Smart city* Development—A Comparative Study of China and Japan," *Sustainability*, vol. 14, no. 6, p. 3543, 2022, doi: 10.3390/su14063543.
- [14] N. Micozzi and T. Yiğitcanlar, "Understanding *Smart city* Policy: Insights From the Strategy Documents of 52 Local Governments," *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 10164, 2022, doi: 10.3390/su141610164.
- [15] Z. Kuang, J. Su, A. Latifian, S. Eshraghi, and A. Ghafari, "Utilizing Artificial Neural Networks (ANN) to Regulate Smart Cities for Sustainable Urban Development and Safeguarding Citizen Rights," *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-76964-z.
- [16] A. M. Purba, N. D. Dirbawanto, and M. A. Dalimunthe, "Urban Digitalization Through Clean Energy: Policies and Communication of Medan City Government Towards 'Medan *Smart city*,'" *Iop Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1445, no. 1, p. 12067, 2025, doi: 10.1088/1755-1315/1445/1/012067.
- [17] N. R. Sabory, T. Senjyu, M. S. S. Danish, M. Ahmadi, H. Zaheb, and M. Halim, "A Framework for Integration of Smart and Sustainable Energy Systems in Urban Planning Processes of Low-Income Developing Countries: Afghanistan Case," *Sustainability*, vol. 13, no. 15, p. 8428, 2021, doi: 10.3390/su13158428.
- [18] OECD, "How Can Smart Cities Boost the Net-Zero Transition?," 2023, doi: 10.1787/bc554887-en.
- [19] A. Collins, A. B. Cox, and G. Torrisi, "Searching for a *Smart city* : A Bibliographic Analysis of 'Public Facing' EU *Smart city* Projects," *Tijdschr. Voor Econ. en Soc. Geogr.*, vol. 112, no. 5, pp. 549–565, 2021, doi: 10.1111/tesg.12476.
- [20] I. Katah and O. Ozturk, "Smart Cities and *Sustainability*: Comparative Analysis and Strategic Insights for Qatar," 2024, doi: 10.20944/preprints202410.1106.v1.
- [21] W. Deng, Z. Zhang, H. Wang, and M. Li, "Improving Urban *Energy efficiency* Through The Collaborative Effect of Policy Mix – Urban Panel Analysis Based on China," *Polish J. Environ. Stud.*, 2024, doi: 10.15244/pjoes/185349.
- [22] M. B. A. Jaafreh and M. A. Allouzi, "Smart Cities Adoption in Saudi Arabia: A Comprehensive Review and Future Drivers," *Br. J. Multidiscip. Adv. Stud.*, vol. 4, no. 5,

- pp. 20–39, 2023, doi: 10.37745/bjmas.2022.0300.
- [23] M. B. R. W. Joachim and S. H, “Evaluating the Role of Key Infrastructure Companies in Advancing India’s *Smart city* Initiatives: Case Studies of Larsen and Toubro Infrastructure, Reliance Infrastructure, and GMR Infrastructure Limited,” *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 4, no. 12, pp. 3664–4655, 2023, doi: 10.55248/gengpi.4.1223.0128.
- [24] S. Xu and Y. Xiong, “Has the *Smart city* Construction Reduced Energy Consumption? Evidence From China,” *Manag. Environ. Qual. an Int. J.*, vol. 35, no. 8, pp. 1798–1814, 2024, doi: 10.1108/meq-04-2024-0160.
- [25] A. X. Wan and W. Cui, “Has the Green Total Factor Productivity Increased in the Early Stage of the Establishment of *Smart city*,” *PLoS One*, vol. 20, no. 5, p. e0322922, 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0322922.
- [26] R. Hu and X. Han, “Toward a ‘Smart-Green’ Future in Cities: System Dynamics Study of Megacities in China,” *Energies*, vol. 16, no. 17, p. 6395, 2023, doi: 10.3390/en16176395.