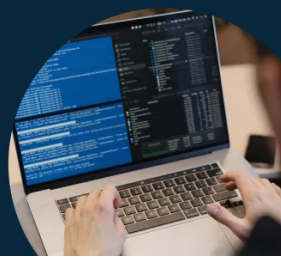
E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



Analisis Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Sistem Smart City untuk Meningkatkan Efisiensi Energi

Rahman Faisal[1]
Pamulang university lecture[1]
Email: rahmanfaisal14@gmail.com

Jurnal: Diterima Pada 10/04/2026, Direvisi Pada 12/04/2026, Diterbitkan Pada 15/04/2026

ABSTRACT

This study analyzes the application of Internet of Things (IoT) in smart city systems to improve energy efficiency during 2021–2025. Using a descriptive qualitative approach with a narrative study design, the research synthesizes recent scientific literature, smart city governance documents, and technology trend reports, complemented by 2021–2025 simulated indicators to illustrate adoption and performance patterns. The findings show that IoT deployment—especially in smart street lighting, smart buildings, and energy monitoring—tends to reduce energy waste by enabling real-time sensing, adaptive control, predictive maintenance, and usage transparency. However, the benefits are moderated by governance readiness, data interoperability, cybersecurity risks, and unequal digital infrastructure across regions. The study concludes that energy efficiency gains in smart cities require not only IoT devices, but also robust data governance, cross-sector integration, and sustained digital literacy for operators and citizens.

Keywords: *energy efficiency, Internet of Things, smart city, smart buildings, smart street lighting.*

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem smart city untuk meningkatkan efisiensi energi pada periode 2021–2025. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi naratif melalui sintesis literatur ilmiah terkini, dokumen perencanaan smart city, serta laporan tren teknologi, dan dilengkapi data simulasi 2021–2025 untuk menggambarkan pola adopsi dan dampak kinerja. Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi IoT—khususnya pada penerangan jalan cerdas, bangunan cerdas, dan pemantauan energi—mendorong penghematan energi melalui sensor real-time, kontrol adaptif, pemeliharaan prediktif, serta transparansi konsumsi. Namun, dampak positif ini dipengaruhi oleh kesiapan tata kelola, interoperabilitas data, risiko keamanan siber, dan ketimpangan infrastruktur digital antarwilayah. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa efisiensi energi dalam smart city tidak cukup hanya memasang perangkat IoT, tetapi memerlukan integrasi sistem, tata kelola data, dan penguatan kapasitas SDM secara berkelanjutan.

***Kata kunci**: efisiensi energi, Internet of Things, smart city, bangunan cerdas, penerangan jalan cerdas.*

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

PENDAHULUAN

Perkembangan smart city di Indonesia dan berbagai negara semakin menempatkan teknologi digital sebagai instrumen utama untuk meningkatkan kualitas layanan publik, ketahanan kota, dan keberlanjutan lingkungan. Dalam kerangka smart city, penguatan efisiensi energi menjadi agenda strategis karena konsumsi energi perkotaan cenderung meningkat seiring urbanisasi, pertumbuhan transportasi, ekspansi bangunan, dan bertambahnya aktivitas ekonomi. Di titik ini, IoT menjadi komponen kunci karena mampu "menghadirkan data" secara real-time melalui jaringan sensor, perangkat kontrol, dan platform analitik yang mengubah cara pemerintah kota mengelola energi—dari reaktif menjadi proaktif.

Di Indonesia, agenda smart city didorong melalui program pendampingan penyusunan masterplan smart city pada berbagai kota/kabupaten. Program ini mendorong pemanfaatan teknologi secara lebih sistematis untuk layanan publik dan tata kelola pembangunan. Di sisi lain, standar dan indikator kota berkelanjutan/smart city juga berkembang untuk membantu kota menilai kemajuan dan dampak kebijakan, termasuk dimensi energi dan lingkungan.

Namun, implementasi IoT dalam smart city bukan tanpa masalah. Banyak proyek IoT kota berhenti pada tahap pilot karena persoalan biaya awal, interoperabilitas perangkat, kualitas data, keamanan siber, dan ketimpangan infrastruktur jaringan. Pada level operasional, perangkat IoT yang tersebar di ruang publik menuntut manajemen aset, pemeliharaan, dan tata kelola data yang matang agar sistem tidak menjadi mahal tetapi "kurang efektif". Karena itu, penelitian ini penting untuk merangkum bagaimana penerapan IoT pada 2021–2025 berkaitan dengan efisiensi energi, faktor penentu keberhasilannya, serta risiko yang perlu dikelola secara realistis.

Tujuan penelitian adalah: (1) memetakan bentuk penerapan IoT smart city yang relevan untuk efisiensi energi; (2) menjelaskan pola dampak IoT terhadap penghematan energi dan kinerja operasional; dan (3) merumuskan implikasi tata kelola dan rekomendasi implementasi bagi kota/organisasi.

Kebaruan (novelty) artikel ini terletak pada integrasi pembahasan lintas area (penerangan jalan, bangunan, dan monitoring energi) yang disusun dalam alur naratif 2021–2025, serta penggunaan indikator simulasi untuk memudahkan interpretasi tren implementasi secara terstruktur.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

LANDASAN TEORITIS

1. Konsep Smart City dan Dimensi Energi

Smart city umumnya dipahami sebagai kota yang memanfaatkan teknologi dan data untuk meningkatkan kualitas layanan dan keberlanjutan. Dalam praktiknya, dimensi energi mencakup efisiensi konsumsi, pengurangan pemborosan, penguatan pemantauan beban, dan pengurangan emisi melalui optimasi sistem perkotaan. Standar/indikator kota juga menempatkan energi dan keberlanjutan sebagai area penting untuk evaluasi kinerja.

2. Konsep Internet of Things (IoT) dalam Tata Kelola Kota

IoT merujuk pada jaringan perangkat fisik yang terhubung untuk mengumpulkan dan bertukar data. Dalam smart city, IoT memfasilitasi:

sensing (mendeteksi kondisi nyata: cahaya, okupansi, suhu, arus listrik),

connectivity (mengirim data melalui jaringan),

analytics (mengubah data menjadi rekomendasi/otomasi),

actuation (menjalankan kontrol: meredupkan lampu, mengatur AC, memutus beban tertentu).

3. Mekanisme IoT Meningkatkan Efisiensi Energi

1) Literatur menunjukkan IoT meningkatkan efisiensi energi melalui:
2) Kontrol adaptif berbasis sensor (mis. lampu jalan menyesuaikan intensitas berdasarkan lalu lintas/lingkungan),
3) Penjadwalan cerdas & deteksi okupansi (mis. energi bangunan menurun ketika ruang kosong),
4) Pemeliharaan prediktif (kerusakan terdeteksi lebih cepat sehingga pemborosan berkurang),
5) Transparansi konsumsi (dashboard energi mendorong perubahan perilaku dan kontrol biaya).

Berbagai tinjauan sistematis juga menekankan peluang penghematan energi, tetapi mengingatkan hambatan biaya, keamanan data, dan kompleksitas integrasi.

METODE PENELITIAN

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



1. Jenis Penelitian

Penelitian kualitatif deskriptif dengan desain studi naratif.

2. Sumber Data

Literatur ilmiah dan tinjauan terkini terkait IoT untuk manajemen energi pada bangunan dan infrastruktur kota.

Dokumen/program smart city dan contoh rencana induk smart city di Indonesia sebagai konteks implementasi.

Data simulasi 2021–2025 untuk visualisasi tren (bersifat ilustratif, bukan data resmi).

3. Teknik Pengumpulan Data

Studi dokumentasi dan telaah pustaka terarah, diikuti pengodean tema (thematic narrative): bentuk implementasi IoT, mekanisme efisiensi energi, dan faktor penghambat/pendorong.

4. Teknik Analisis Data

Analisis naratif-tematik dilakukan dengan:

mengidentifikasi area aplikasi IoT paling relevan untuk energi,

memetakan hubungan IoT → perubahan efisiensi energi,

menyusun implikasi kebijakan dan rekomendasi implementasi.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

A. Data Simulasi Tren 2021–2025

Tabel 1. Indikator Penerapan IoT Smart City dan Kinerja Efisiensi Energi (2021–2025, Data Simulasi)

Tahun	Indeks Adopsi IoT Aset Kota (0–10)	Indeks Efisiensi Energi (0–100)	Penghematan Energi (%)	Insiden Gangguan Operasional (per 1.000 aset)
2021	3,2	62	4,5	9,6
2022	4,6	68	7,8	8,2
2023	6,1	74	11,9	7,1
2024	7,4	79	15,6	6,4
2025	8,3	84	18,7	5,8

Interpretasi singkat: (1) adopsi IoT meningkat stabil; (2) efisiensi energi dan penghematan meningkat seiring pematangan kontrol adaptif dan monitoring; (3) gangguan operasional menurun karena pemeliharaan prediktif dan perbaikan manajemen aset.

B. Temuan Utama dan Pembahasan Mendalam

1. Area Implementasi IoT Paling Berdampak pada Efisiensi Energi

Hasil sintesis menunjukkan tiga area paling konsisten memberikan dampak efisiensi energi:

(a) Smart Street Lighting

Penerangan jalan merupakan beban energi kota yang signifikan dan sangat “terukur”, sehingga menjadi target awal yang populer. Sistem lampu jalan adaptif memanfaatkan sensor cahaya, sensor pergerakan, dan jaringan komunikasi (mis. LoRaWAN) untuk meredupkan/menaikkan intensitas sesuai kebutuhan. Studi terbaru terkait optimasi penerangan jalan berbasis IoT menekankan integrasi jaringan dan kontrol adaptif sebagai kunci efisiensi.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

Tinjauan komprehensif tentang smart public street lighting juga menegaskan bahwa IoT pada penerangan jalan memberi peluang efisiensi sekaligus meningkatkan layanan (keamanan jalan, pemeliharaan, dan monitoring).

(b) Smart Buildings (Gedung Pemerintah/Fasilitas Publik)

Bangunan publik (kantor pemerintahan, sekolah, RS, fasilitas olahraga) umumnya memiliki konsumsi energi besar untuk AC, pencahayaan, dan perangkat elektronik. IoT membantu lewat deteksi okupansi, penjadwalan, dan pengendalian beban, sehingga konsumsi lebih sesuai kebutuhan aktual. Kajian sistematis tentang IoT di smart buildings menunjukkan manfaat efisiensi energi, namun menekankan hambatan biaya awal, keamanan data, dan kompleksitas integrasi sistem.

(c) Smart Energy Monitoring dan Energy Management System (EMS)

EMS berbasis IoT memperkuat pemantauan konsumsi energi per gedung/zonasi, mendeteksi anomali beban, dan menyediakan dasar analitik untuk kebijakan penghematan. Studi tentang sistem manajemen energi berbasis IoT menekankan bahwa kontrol otomatis dan visibilitas data dapat menurunkan pemborosan dan biaya operasional.

2. Mekanisme Sebab-Akibat: Mengapa IoT Bisa Menghemat Energi

Berdasarkan pola literatur dan tren implementasi, peningkatan efisiensi energi terjadi karena IoT mengubah "cara kota mengambil keputusan energi".

a) Dari asumsi ke data real-time

Sebelum IoT, banyak kebijakan energi berbasis jadwal tetap (misalnya lampu hidup penuh sepanjang malam, AC menyala saat jam kerja meski ruangan kosong). IoT mengganti jadwal statis menjadi keputusan berbasis kondisi: data lingkungan, okupansi, dan beban listrik.

b) Kontrol adaptif dan otomatisasi

Kontrol adaptif memungkinkan sistem merespons dalam hitungan detik/menit, bukan menunggu evaluasi manual. Pada penerangan jalan, konsep ini terlihat jelas: lampu menyesuaikan tingkat terang sesuai kebutuhan dan dapat mengurangi "over-lighting" (terlalu terang tanpa alasan).

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

c) Pemeliharaan prediktif

Sensor arus, tegangan, suhu perangkat, dan log penggunaan membantu mendeteksi gejala awal kerusakan. Ini mengurangi energi terbuang akibat perangkat tidak efisien atau rusak sebagian. Pada infrastruktur penerangan jalan, pendekatan ini banyak disebut dalam literatur smart lighting.

3. Tata Kelola, Interoperabilitas, dan Kesiapan Implementasi

Walaupun dampak efisiensi energi kuat secara konsep, keberhasilan implementasi IoT di kota sangat bergantung pada tata kelola.

a) Interoperabilitas perangkat dan data

Kota sering memakai perangkat dari banyak vendor. Tanpa standar integrasi, data terpecah-pecah dan biaya integrasi membengkak. Akibatnya, sistem menjadi "pulau-pulau teknologi" yang tidak saling berbicara. Standar/indikator smart city membantu kerangka evaluasi, tetapi integrasi teknis tetap membutuhkan arsitektur data yang konsisten.

b) Kelembagaan dan perencanaan (masterplan)

Banyak kota di Indonesia menyusun rencana induk smart city untuk menata program prioritas dan tahap implementasi. Dokumen rencana induk juga menegaskan kebutuhan roadmap dan konsistensi lintas periode anggaran. Dalam konteks energi, roadmap yang baik biasanya menetapkan: baseline konsumsi, target penghematan, area prioritas (PJU, bangunan publik, transport), serta skema pemeliharaan.

c) SDM operator dan literasi digital

IoT akan menghasilkan data besar dan peringatan teknis. Tanpa operator yang mampu memahami dashboard, menindaklanjuti alarm, dan menjaga kualitas data, sistem berisiko "canggih di alat" tetapi lemah dalam manfaat.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



4. Risiko Keamanan Siber dan Keandalan Layanan

Semakin banyak perangkat terhubung, semakin luas permukaan serangan. Pada level kota, risiko dapat berbentuk:

1. pengambilalihan perangkat (mis. kontrol lampu/gedung),
2. manipulasi data sensor yang mengacaukan keputusan energi,
3. kebocoran data operasional (yang bisa berdampak pada keamanan publik).

Karena itu, literatur smart buildings menekankan keamanan dan koordinasi lintas pemangku kepentingan sebagai tantangan utama adopsi IoT. Implikasi praktisnya: desain efisiensi energi harus sejalan dengan desain keamanan (identity management, segmentasi jaringan, enkripsi, audit log, dan prosedur respons insiden).

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

Kesimpulan

Kajian naratif ini menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem smart city periode 2021–2025 berpotensi meningkatkan efisiensi energi secara bermakna, terutama melalui implementasi smart street lighting, smart buildings, dan energy management system. IoT mendorong penghematan energi karena memungkinkan pemantauan real-time, kontrol adaptif, otomatisasi berbasis kondisi, serta pemeliharaan prediktif. Namun, keberhasilan peningkatan efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh kesiapan tata kelola, interoperabilitas data, ketersediaan SDM operator, dan mitigasi risiko keamanan siber. Dengan demikian, smart city yang efisien energi bukan semata kota yang memasang sensor, melainkan kota yang mampu mengelola data, integrasi, dan operasi layanan secara konsisten.

Saran

1. Prioritaskan use case energi yang “cepat terlihat hasilnya” (PJU adaptif, monitoring energi gedung publik) untuk membangun dukungan publik dan pembiayaan.
2. Bangun arsitektur data dan standar integrasi sejak awal untuk mencegah “vendor lock-in” dan fragmentasi sistem.
3. Perkuat keamanan siber IoT melalui segmentasi jaringan, autentikasi kuat, enkripsi, dan prosedur respons insiden.
4. Tingkatkan kapasitas SDM (operator, teknisi, analis data) dan literasi digital agar data IoT benar-benar menjadi dasar keputusan energi.
5. Riset lanjutan disarankan melakukan studi kasus lapangan di beberapa kota Indonesia untuk menguji indikator efisiensi energi berbasis data aktual dan evaluasi biaya-manfaat.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



DAFTAR PUSTAKA

(2022). Rencana induk smart city Kota Bogor 2023–2027 (dokumen perencanaan). *Pemerintah Kota Bogor*.

(2023). Gerakan menuju 100 smart city (dokumen dan panduan). *Dinas/Kominfo daerah* .

(2024). Gerakan Menuju 100 Smart City – Laporan evaluasi penilaian. *Ditjen Aptika / Smart City Portal* .

(2025). Implementation of IoT in smart city management to improve efficiency (studi implementasi). *IJHESS*.

Arasid, W. (2025). An IoT-based smart home prototype: Enhancing energy efficiency and sustainability. *Journal of*.

Fahmi, M. F. (2025). Penerapan Smart WiFi Plug dalam meningkatkan efisiensi energi pada penerangan jalan umum. *PATIKALA*.

International Organization for Standardization. (2024). Smart cities. *ISO*.

Jabbar, W. A., Keat, T. K., Dael, F. A., Hong, L. C., Yussof, Y. F. M., & Nasir, A. (2025). Optimising urban lighting efficiency with IoT and LoRaWAN integration in smart street lighting systems. *Discover Internet of Things, 5*(1), 1–18.

Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia. (n.d.). Langkah menuju “100 Smart City”.

Khemakhem, S., et al. (2024). A comprehensive survey on an IoT-based smart public street lighting infrastructure for smart cities. *Results in Engineering*.

Poyyamozhi, M., et al. (2024). IoT—A promising solution to energy management in smart buildings: A systematic review, applications, barriers, and future scope. *Buildings, 14*(11), 3446.

Rao, C. K., et al. (2025). A review of IoT-enabled intelligent smart energy systems. ... *(ScienceDirect)*.

Spiri-Ferreira, T., et al. (2025). Sustainable cities in the light of ISO 37120 and ISO 37101: Indicators and policy guidance. ... *(MDPI)*.

Tampubolon, B. D., et al. (2021). Indicator analysis of smart city standard (SNI) and performance measurement. *ISPRS Archives*.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



Wibowo, F., et al. (2024). An IoT-enabled smart energy management system to improve efficiency in buildings. *SINKRON*.