

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: SISTEM LAMPU OTOMATIS BERBASIS SENSOR GERAK MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT)

I Wayan Edlyn Arsanta Putra¹, I Dewa Ketut Ari Sujana Putra², I Gede Agus Krisna Warmayana³

^{1,2,3} UHN I Gusti Bagus Sugriwa Denpasar, Bangli, Indonesia
email: odeputra23@gmail.com

Abstract

This study presents a Systematic Literature Review (SLR) on automatic lighting systems based on motion sensors integrated with Internet of Things (IoT) technology. Conventional lighting systems that operate continuously without considering user presence contribute significantly to energy waste. Motion sensor-based systems, particularly using Passive Infrared (PIR) sensors, offer an efficient solution by detecting human presence through infrared radiation. The integration of IoT enables real-time monitoring and control via cloud platforms and mobile applications, enhancing system flexibility and efficiency. This review aims to identify commonly used system architectures and components, evaluate the potential for energy savings, and analyze challenges in implementation. The results indicate that IoT-based automatic lighting systems can significantly reduce energy consumption, especially in residential, office, and public environments, although challenges such as sensor accuracy, network reliability, and system scalability remain important considerations for future development.

Keywords: IoT, automatic lighting system, motion sensor, PIR, energy efficiency, smart lighting

Abstrak

Penelitian ini menyajikan Systematic Literature Review (SLR) mengenai sistem lampu otomatis berbasis sensor gerak yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem pencahayaan konvensional yang menyala terus-menerus tanpa mempertimbangkan keberadaan pengguna menjadi salah satu penyebab utama pemborosan energi. Sistem berbasis sensor gerak, khususnya menggunakan sensor Passive Infrared (PIR), menawarkan solusi efisien dengan mendeteksi keberadaan manusia melalui radiasi inframerah. Integrasi dengan IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian secara real-time melalui platform cloud dan aplikasi mobile, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi sistem. Tujuan dari kajian ini adalah mengidentifikasi arsitektur dan komponen sistem yang umum digunakan, mengevaluasi potensi penghematan energi, serta menganalisis tantangan dalam implementasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem lampu otomatis berbasis IoT mampu menurunkan konsumsi energi secara signifikan, terutama pada lingkungan rumah tangga, perkantoran, dan ruang publik, meskipun masih terdapat tantangan seperti akurasi sensor, keandalan jaringan, dan skalabilitas sistem.

Kata kunci: IoT, lampu otomatis, sensor gerak, PIR, efisiensi energi, smart lighting

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik dunia terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan pesatnya pembangunan infrastruktur. Sektor bangunan berkontribusi sebesar 30% dari total konsumsi energi final global, sekaligus menjadi penyumbang 26% emisi energi terkait secara global [1]. Di Indonesia, kondisi serupa juga terjadi, di mana realisasi konsumsi listrik per kapita pada tahun 2023 mencapai 1.285 kWh per kapita, dengan target peningkatan menjadi 1.408 kWh per kapita pada tahun 2024 [2]. Dari total konsumsi tersebut, sektor rumah tangga menyumbang sekitar 42% dari total konsumsi listrik nasional, menjadikannya sasaran strategis dalam upaya efisiensi energi [3].

Salah satu penyumbang pemborosan energi yang signifikan di bangunan adalah sistem pencahayaan. Permasalahan utama yang sering ditemui adalah lampu yang tetap menyala meskipun ruangan tidak dihuni, baik karena kelalaian pengguna maupun tidak adanya sistem kontrol otomatis. Menurut berbagai studi,

manajemen pencahayaan, pendinginan, pemanas, dan peralatan yang tidak tepat dapat menyebabkan pemborosan energi hingga 20–30% dari total konsumsi energi residensial [4]. Kondisi ini mendorong perlunya solusi teknologi yang mampu mengotomatiskan pengelolaan pencahayaan secara cerdas dan efisien.

Teknologi Internet of Things (IoT) hadir sebagai solusi yang menjanjikan dalam mengatasi permasalahan efisiensi energi tersebut. Jumlah perangkat IoT yang terhubung secara global telah mencapai 18,5 miliar pada tahun 2024, tumbuh sebesar 12% dibandingkan tahun sebelumnya, dan diproyeksikan mencapai 21,1 miliar pada akhir tahun 2025 [5]. Di sektor rumah pintar (smart home), nilai pasar global mencapai USD 126,67 miliar pada tahun 2024 dan diproyeksikan tumbuh hingga USD 387,22 miliar pada tahun 2035 dengan compound annual growth rate (CAGR) sebesar 10,69% [6]. Pertumbuhan ini didorong oleh semakin tingginya kesadaran konsumen terhadap efisiensi energi dan kebutuhan akan otomasi berbasis teknologi.

Dalam konteks sistem lampu otomatis, sensor gerak—khususnya Passive Infrared (PIR)—menjadi komponen kunci yang memungkinkan lampu menyala hanya saat ruangan terdeteksi berpenghuni. Penelitian menunjukkan bahwa dengan pemasangan sensor gerak untuk pencahayaan, pengurangan konsumsi energi listrik bulanan yang diharapkan berada di kisaran 30% hingga 40% lebih rendah dibandingkan tanpa pemasangan sensor [7]. Lebih lanjut, penggunaan energi pada bangunan yang menerapkan sensor gerak dan sensor cahaya alami terbukti dapat turun hingga 48%, konsisten dengan temuan Wang et al. (2020) yang melaporkan penghematan energi sebesar 30–40% melalui sistem pencahayaan berbasis sensor otomatis [8].

Integrasi IoT ke dalam sistem lampu otomatis berbasis sensor gerak membawa nilai tambah yang lebih besar dibandingkan sistem konvensional. Sistem pencahayaan cerdas berbasis IoT mampu mengubah tingkat pencahayaan, suhu warna, dan pola secara dinamis sebagai respons terhadap kondisi hunian, cahaya alami, dan preferensi pengguna, sekaligus memungkinkan kendali jarak jauh dan pemantauan melalui platform terpusat atau perangkat seluler [9]. Hal ini menjadikan sistem ini tidak hanya hemat energi, tetapi juga memberikan kenyamanan lebih bagi pengguna.

Nilai pasar global lampu berbasis sensor gerak diperkirakan mencapai USD 0,91 miliar pada tahun 2024 dan diproyeksikan tumbuh hingga USD 1,13 miliar pada tahun 2033 dengan CAGR sekitar 2,5% [10]. Namun demikian, meskipun potensinya besar, studi komprehensif yang secara sistematis mengkaji perkembangan, metode implementasi, dan hasil penelitian sistem lampu otomatis berbasis sensor gerak dengan IoT masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan sebuah Systematic Literature Review (SLR) yang dapat memetakan temuan-temuan ilmiah terkini, mengidentifikasi celah penelitian, serta memberikan landasan yang kokoh bagi pengembangan sistem serupa di masa mendatang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian literatur secara sistematis mengenai sistem lampu otomatis berbasis sensor gerak menggunakan IoT, mencakup arsitektur sistem, jenis sensor yang digunakan, protokol komunikasi, platform IoT, serta capaian efisiensi energi yang dilaporkan dalam berbagai penelitian terdahulu.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan kerangka PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*). Pendekatan PICOC digunakan karena mampu membantu merumuskan pertanyaan penelitian, menentukan kriteria inklusi dan eksklusi secara sistematis, serta memfokuskan proses pencarian dan seleksi literatur sehingga hasil kajian menjadi lebih terstruktur, relevan, dan dapat dipertanggungjawabkan. SLR dipilih karena mampu mengidentifikasi, mengevaluasi, serta mensintesis berbagai penelitian yang relevan sehingga menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai perkembangan sistem lampu otomatis berbasis IoT. Kerangka PICOC digunakan sebagai panduan dalam merumuskan pertanyaan penelitian sekaligus menentukan ruang lingkup studi. Adapun komponen PICOC dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 1. Kerangka PICOC

Element PICOC	Deskripsi
Population	Sistem pencahayaan di gedung, ruangan, jalan, dan area publik
Intervention	Implementasi sistem lampu otomatis berbasis IoT menggunakan sensor gerak (PIR, infrared, ultrasonic, RCWL)

Comparison	Sistem pencahayaan konvensional (manual ON/OFF, timer, atau tanpa sensor gerak)
Outcome	Efisiensi energi (penghematan konsumsi listrik), respons waktu sensor, kenyamanan pengguna, keandalan sistem
Context	Lingkungan indoor (rumah, kantor, ruang kelas, laboratorium) dan outdoor (jalan raya, taman, trotoar)

Tabel 1 menjelaskan kerangka PICOC yang digunakan dalam penelitian ini untuk memperjelas fokus kajian SLR. **Population** mencakup sistem pencahayaan di berbagai lingkungan seperti gedung, ruangan, jalan, dan area publik. **Intervention** berfokus pada penerapan lampu otomatis berbasis IoT dengan sensor gerak. **Comparison** membandingkan sistem tersebut dengan pencahayaan konvensional yang masih manual atau tanpa sensor. **Outcome** yang diharapkan meliputi efisiensi energi, respons sensor, kenyamanan pengguna, dan keandalan sistem. Sementara itu, **Context** mencakup penerapan di lingkungan indoor dan outdoor.

ALAT DAN KOMPONEN SISTEM

Berdasarkan hasil kajian literatur, sistem lampu otomatis berbasis Internet of Things (IoT) umumnya terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung proses deteksi, pengolahan data, dan pengendalian lampu secara otomatis.

Komponen pertama adalah mikrokontroler, yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Perangkat yang sering digunakan adalah ESP32 karena memiliki fitur Wi-Fi terintegrasi sehingga memungkinkan komunikasi data dengan platform IoT. Mikrokontroler ini bertugas menerima data dari sensor, memprosesnya, serta mengirimkan perintah ke aktuator.



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32

Komponen berikutnya adalah sensor gerak, seperti PIR (Passive Infrared) atau sensor infrared. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia atau objek berdasarkan perubahan radiasi panas atau pantulan gelombang inframerah. Ketika sensor mendeteksi gerakan, sinyal akan dikirim ke mikrokontroler sebagai dasar pengambilan keputusan.



Gambar 2. Sensor Gerak (PIR/Infrared)

Selain itu, digunakan sensor cahaya seperti LDR (Light Dependent Resistor) yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitar. Sensor ini membantu sistem menentukan apakah kondisi ruangan cukup gelap untuk menyalakan lampu atau tidak.



Gambar 3. *Sensor Cahaya (LDR)*

Komponen selanjutnya adalah modul relay, yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan atau memutus aliran listrik ke lampu. Relay memungkinkan mikrokontroler mengendalikan perangkat listrik dengan aman meskipun bekerja pada tegangan yang lebih tinggi.



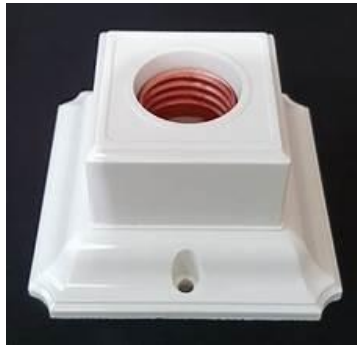
Gambar 4. *Modul Relay*

Sebagai output, sistem menggunakan lampu LED yang dikenal memiliki efisiensi energi tinggi dan umur pemakaian yang lebih lama dibandingkan lampu konvensional. Lampu ini akan menyala atau mati secara otomatis berdasarkan perintah dari mikrokontroler.



Gambar 5. *Lampu LED*

Komponen tambahan yang penting adalah fitting lampu, yang berfungsi sebagaiudukan atau tempat pemasangan lampu. Fitting ini menghubungkan lampu dengan sumber listrik sehingga memastikan lampu dapat berfungsi dengan baik dan aman dalam sistem.



Gambar 6. *Fitting Lampu*

Selain itu, digunakan kabel jumper sebagai media penghubung antar komponen dalam rangkaian. Kabel ini memudahkan proses perakitan dan pengujian sistem karena fleksibel dan mudah dipasang pada pin mikrokontroler maupun modul lainnya.



Gambar 7. *Kabel Jumper*

Secara keseluruhan, kombinasi dari berbagai komponen tersebut membentuk suatu sistem yang mampu bekerja secara otomatis, efisien, dan responsif terhadap kondisi lingkungan. Integrasi antara sensor gerak dan sensor cahaya memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan secara real-time berdasarkan keberadaan objek dan tingkat pencahayaan di sekitar. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan apakah lampu perlu dinyalakan atau dimatikan.

Selain itu, penggunaan modul relay sebagai aktuator memungkinkan pengendalian perangkat listrik dengan aman dan stabil, sementara dukungan catu daya memastikan seluruh rangkaian dapat beroperasi secara optimal. Kehadiran platform IoT juga memberikan nilai tambah berupa kemampuan monitoring dan kontrol jarak jauh, sehingga pengguna dapat mengakses sistem secara fleksibel melalui perangkat seperti smartphone atau komputer.

Dengan adanya integrasi ini, sistem tidak hanya mampu mengurangi pemborosan energi listrik, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan kemudahan dalam penggunaan. Sistem dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual yang berulang. Oleh karena itu, kombinasi komponen yang tepat dan terintegrasi dengan baik menjadi faktor penting dalam menghasilkan sistem lampu otomatis berbasis IoT yang andal, efisien, dan mendukung pengembangan konsep smart home di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian literatur menunjukkan bahwa penelitian mengenai lampu otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor gerak didominasi oleh dua konteks utama, yaitu penerangan dalam ruangan

(indoor) dan penerangan jalan atau ruang publik (outdoor). Sebagian besar studi memiliki tujuan yang sama, yaitu mengurangi pemborosan energi listrik tanpa mengurangi kenyamanan dan keamanan pengguna. Berbagai penelitian melaporkan bahwa sistem lampu otomatis mampu memberikan penghematan energi yang signifikan. Beberapa studi literatur menunjukkan potensi penghematan energi hingga 60–70% pada sistem berbasis sensor gerak yang terintegrasi dengan IoT, sementara penelitian implementatif pada ruang kelas, laboratorium, dan rumah tangga menunjukkan efisiensi sekitar 20–50% tergantung pada kondisi penggunaan.

Secara teknis, arsitektur sistem yang paling umum digunakan adalah kombinasi sensor PIR sebagai pendeteksi gerakan, sensor cahaya (LDR) untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan, serta mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, atau ESP32 sebagai pengendali utama. Integrasi dengan platform IoT memungkinkan monitoring dan kontrol sistem secara real-time melalui perangkat smartphone. Pada implementasi indoor, sistem difokuskan pada efisiensi energi dan kenyamanan pengguna dengan menyalakan lampu hanya saat ruangan digunakan dan dalam kondisi gelap. Sementara itu, pada implementasi outdoor seperti lampu jalan, sistem lebih menekankan aspek keselamatan dan efisiensi energi dengan menyalakan lampu berdasarkan keberadaan kendaraan atau pejalan kaki.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, beberapa penelitian juga mengidentifikasi keterbatasan, terutama pada sensor PIR yang memiliki jangkauan terbatas dan sensitivitas terhadap kondisi lingkungan. Oleh karena itu, beberapa studi mengusulkan penggunaan kombinasi sensor untuk meningkatkan akurasi deteksi.

Berdasarkan hasil literatur tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem lampu otomatis berbasis IoT merupakan solusi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi energi. Oleh karena itu, penelitian ini mengimplementasikan sistem lampu otomatis berbasis ESP32 dan sensor gerak untuk menguji kinerja sistem dalam kondisi nyata serta mengevaluasi efisiensi dan keandalannya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review (SLR) yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem lampu otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor gerak dan sensor cahaya merupakan solusi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi energi listrik pada berbagai lingkungan, baik indoor maupun outdoor. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi keberadaan objek dan kondisi pencahayaan, sehingga lampu hanya menyala saat dibutuhkan. Penggunaan komponen seperti sensor PIR/infrared, sensor LDR, mikrokontroler (ESP32), serta modul relay memungkinkan sistem berjalan secara otomatis, responsif, dan terintegrasi dengan baik.

Selain itu, integrasi dengan platform IoT memungkinkan monitoring dan kontrol sistem secara real-time, sehingga meningkatkan kenyamanan dan kemudahan bagi pengguna. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa tantangan seperti keterbatasan jangkauan sensor, pengaruh kondisi lingkungan terhadap kinerja sistem, serta ketergantungan pada koneksi jaringan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan, keamanan, dan skalabilitas sistem dalam mendukung implementasi smart home dan smart city di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency (IEA). (2023). Buildings – Energy System. IEA, Paris. <https://www.iea.org/energy-system/buildings>
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. (2024). Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>
- [3] Sari, R. N., & Permata, Y. (2023). Pengaruh Urbanisasi Terhadap Konsumsi Energi di Indonesia. Prosiding Semnastek, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [4] MDPI Computers. (2025). IoT-Driven Intelligent Energy Management: Leveraging Smart Monitoring Applications and Artificial Neural Networks (ANN) for Sustainable Practices. Computers, 14(7), 269. <https://doi.org/10.3390/computers14070269>
- [5] IoT Analytics. (2025). Number of Connected IoT Devices Growing 14% to 21.1 Billion. <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>
- [6] Market Research Future. (2024). Smart Home Market Size, Trends – Industry Report 2035. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/smart-home-market-974>
- [7] Riyanto, I., Mardiyanto, R., & Akbar, Y. M. (2018). Motion Sensor Application on Building Lighting Installation for Energy Saving and Carbon Reduction. Applied System Innovation, 1(3), 23. <https://doi.org/10.3390/asi1030023>

- [8] Wang, et al. (2020). Energy Efficiency Analysis on Automated Sensor-Based Lighting Systems. Dikutip dalam: Jurnal JETS, Vol. 2, November 2025. <https://ejournal.kalibra.or.id/index.php/jets/article/download/130/147/1574>
- [9] Usman, A., et al. (2024). A Comprehensive Study on IoT-Enabled Smart Lighting Systems. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), Vol. 12, Issue 4. <https://ijcrt.org/papers/IJCRT2404070.pdf>
- [10] Business Research Insights. (2024). Motion Sensing Lighting Market Size, Share, Trend Report 2033. <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/motion-sensing-lighting-market-100272>