

Rancang Bangun IoT Otomatis Berbasis Sensor PIR untuk Menghemat Energi Listrik pada saat Ruangan Kosong

Juan Renhard Okman Tampubolon*, Wahyu Ramadan, Julianus Buulolo, Piona Pricilia Purba, Saut Dohot Siregar

Fakultas Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia

Email: ^{1*}juantampoe2@gmail.com, ²wahyuramadanwahyu505@gmail.com, ³julianusbuulolo123@gmail.com,

⁴pionapriciliapurbap02@gmail.com, ⁵sautdohotsiregar@unprimdn.ac.id

Email Penulis Korespondensi: juantampoe2@gmail.com*

Submitted: 20/06/2025; Accepted: 30/06/2025; Published: 30/06/2025

Abstrak— Pemakaian listrik yang tidak efisien, terutama dari lampu yang menyala di ruangan kosong, menyumbang sekitar 30% pemborosan energi di sektor rumah tangga, perkantoran, dan industri menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. Penelitian ini merancang sistem otomatisasi lampu berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor PIR (Passive Infrared) dan mikrokontroler Arduino untuk mendeteksi keberadaan manusia. Sistem ini akan mengaktifkan atau mematikan lampu secara otomatis berdasarkan aktivitas di dalam ruangan, sehingga mampu menghemat konsumsi energi listrik. Studi dilakukan di ruang kelas dan laboratorium Universitas Prima Indonesia dengan menganalisis pola penggunaan energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons gerakan dalam ± 2 detik, mengurangi konsumsi energi hingga 30–50% tergantung kondisi ruangan. Penelitian ini juga mengisi celah dari studi sebelumnya yang belum mengintegrasikan pemantauan real-time dan fitur override manual. Dengan penggunaan sensor PIR yang lebih akurat dibandingkan sensor cahaya (LDR), sistem ini mendukung efisiensi energi yang lebih adaptif dan berkelanjutan. Rancang bangun ini berpotensi diterapkan luas dalam lingkungan akademik maupun industri.

Kata Kunci: Internet of Things; sensor PIR; otomatisasi lampu; efisiensi energi; Arduino; penghematan listrik

Abstract— Inefficient electricity consumption, especially from lights that are lit in empty rooms, accounts for about 30% of energy waste in the household, office, and industrial sectors according to Indonesia's Ministry of Energy and Mineral Resources. This research designed an Internet of Things (IoT)-based lighting automation system using a PIR (Passive Infrared) sensor and an Arduino microcontroller to detect human presence. This system will automatically turn the lights on or off based on indoor activities, thus saving electrical energy consumption. The study was conducted in the classroom and laboratory of Universitas Prima Indonesia by analyzing energy use patterns. The test results showed that the system was able to respond to movement within ± 2 seconds, reducing energy consumption by 30–50% depending on room conditions. The study also fills a gap from previous studies that have not integrated real-time monitoring and manual override features. With the use of PIR sensors that are more accurate than light sensors (LDRs), these systems support more adaptive and sustainable energy efficiency. This design has the potential to be widely applied in academic and industrial environments.

Keywords: Internet of Things; PIR sensor; lighting automation; energy efficiency; Arduino; Electricity Saving

1. PENDAHULUAN

Di era modern, listrik menjadi kebutuhan pokok di banyak sektor—rumah tangga, perkantoran, dan industri. Sayangnya, sekitar 30 % konsumsi listrik di sektor tersebut terjadi akibat pemakaian lampu secara tidak efisien misalnya, lampu yang tetap menyala di ruangan kosong menurut data Kementerian ESDM Indonesia . Kondisi ini menuntut solusi teknologi cerdas untuk menghemat energi secara signifikan. Perkembangan pesat teknologi seperti komputer, elektronik, telekomunikasi, dan mekanik membuka peluang implementasi IoT (Internet of Things). IoT mengintegrasikan sensor dan aktuator ke perangkat sehari-hari, memungkinkan komunikasi dan otomatisasi untuk penghematan energi dan kenyamanan . Salah satu teknologi kunci adalah penggunaan sensor PIR (Passive Infrared). Sensor ini mendeteksi keberadaan manusia berdasarkan perubahan suhu tubuh. Saat diintegrasikan dengan Arduino, sistem ini bekerja otomatis: lampu menyala ketika ruangan aktif dan mati saat tidak ada aktivitas. Model ini terbukti menurunkan biaya listrik dan meningkatkan efisiensi energi hingga 30–50 % tergantung konteksnya [1]. Setelah sensor PIR dipasang dalam IoT Building Energy Management System (BEMS) pada gedung kampus di California, riset menunjukkan pengurangan beban lampu sebesar ~30 % secara real-world data [2]. Studi Master di Swedia juga menemukan sistem MDD (Motion Detection Dimming) plus kontrol pencahayaan alami (daylight-linked) mengurangi penggunaan energi lampu hingga 40–50 % [3].

Pada penelitian dengan topik Smart Light Electricity Automation and Monitoring System Based on the Internet of Things (IOT) on Campus Environment Prototype menyimpulkan Perangkat ESP32 menunjukkan kinerja yang andal dengan tersambung secara konsisten ke jaringan Wi-Fi serta mampu mentransmisikan data secara waktu nyata (real-time), sehingga memastikan proses pemantauan konsumsi listrik berjalan lancar tanpa hambatan dan Sistem otomasi lampu berhasil meningkatkan efisiensi energi dengan mengurangi konsumsi listrik hingga 30% dibandingkan penggunaan secara manual [4]. Untuk menghemat lampu dan memudahkan manusia untuk menghidupkan lampu yaitu dengan menggunakan alat berbasis Arduino[5]. Teknologi ini dapat secara drastis menurunkan biaya listrik selain meningkatkan efisiensi energi [6]. Dengan mengintegrasikan pemetaan, sensor-sensor tersebut terhubung ke internet, memungkinkan identifikasi posisi. Akibatnya, informasi dapat diambil dan digunakan dari sensor-sensor tersebut untuk membuat lampu hidup dan mati otomatis [7].

Pada penelitian terdahulu dengan topik Sistem Saklar Otomatis Berbasis Sensor PIR dengan Fitur Penghitungan Jumlah Orang untuk Optimalisasi Penggunaan Energi terbukti mampu menghemat energi hingga 66%, dengan

konsumsi daya sebesar 18,24 watt dalam durasi 3 jam, dibandingkan dengan 27,36 watt pada kondisi tanpa sistem otomatis [8]. Pada artikel penelitian dengan topik Rancang Bangun Kontrol Otomatis Lampu Pada Ruangan Menggunakan Sensor PIR Berbasis IoT memberikan kesimpulan Perkembangan teknologi yang diterapkan dalam konsep smart home pada penelitian ini memberikan kemudahan tersendiri dalam meningkatkan kenyamanan pengguna, melalui pengendalian lampu yang dapat dilakukan baik dengan perintah dari smartphone maupun secara otomatis melalui deteksi objek oleh sensor PIR [9].

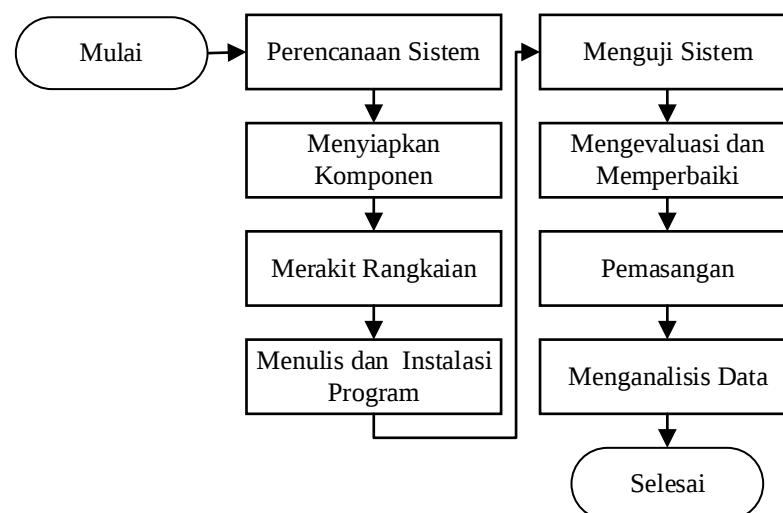
Penelitian yang dilakukan oleh Suprianto dengan Topik Electrical Load Control Using PIR Sensor for IoT-based Electrical Power Saving berhasil melakukan penghematan penggunaan listrik secara penuh digunakan dalam jangka waktu tertentu kemudian dibandingkan dengan kondisi riil yang terjadi ketika ada dan tidak ada orang di dalam ruangan sehingga dapat diketahui penghematan listrik yang terjadi dan peralatan otomatisasi ini juga dilengkapi dengan mode manual yang dapat dikendalikan dari jarak jauh atau remote menggunakan ponsel [10]. Penelitian yang dilakukan oleh A. Abdullah dengan judul Automatic Lighting System Using PIR Sensor and Firebase in Classroom, Namun sistem ini belum mempertimbangkan integrasi dengan pengukuran konsumsi daya listrik secara akurat[11]. Penelitian D. Putra and T. Hidayat dengan judul Smart Home Control System Based on IoT using Blynk and PIR Sensor, namun belum diuji pada skenario gedung atau perkantoran dengan trafik dinamis [12]. Penelitian yang dilakukan oleh Fikri et al. meneliti Sistem Otomatisasi Lampu Kelas Menggunakan Sensor PIR Berbasis IoT, namun tidak mencakup optimasi jaringan Wi-Fi untuk transmisi data real-time [13]. penelitian yang dilakukan Nugroho dan Saraswati, meneliti IoT-Based Electricity Efficiency Using ESP32 and PIR Sensor with Manual Override Feature, namun tidak mengkaji aspek user override manual dalam keadaan tertentu[14].

Penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem lampu otomatis berbasis sensor PIR di lingkungan Universitas Prima Indonesia. Studi kasus dilakukan di beberapa ruang kelas dan laboratorium untuk menganalisis pola konsumsi energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem hemat energi berbasis IoT yang dapat diterapkan di berbagai lingkungan, baik akademik maupun industri. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan dari studi sebelumnya, yang lebih banyak menggunakan sensor cahaya (LDR). Sensor LDR sering kali kurang akurat dalam kondisi pencahayaan yang tidak stabil. Dengan menggunakan sensor PIR, sistem ini menjadi lebih adaptif dalam mendeteksi keberadaan manusia, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih efektif dalam menghemat energi dan mendukung upaya keberlanjutan lingkungan. Pemantauan lampu pada ruang kelas menjadi sangat penting. Untuk memantau kinerja dari perangkat yang ada didalamnya. Dan biasanya lampu yang digunakan dapat menghemat biaya tagihan listrik pada setiap bulannya dan memberikan kenyamanan dalam segi ekonomi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alur Kerja Sistem

Penelitian dilakukan secara eksperimental langsung di ruang kelas kampus Universitas Prima Indonesia, dengan pendekatan berbasis implementasi nyata. Berikut alur kerja sistem otomatisasi lampu:



Gambar 1. Alur Kerja

1. Mulai

Tahapan ini menjadi langkah awal di mana peneliti mulai menyusun ide dan perencanaan tentang bagaimana sistem otomatisasi lampu akan dibuat.

2. Perencanaan Sistem

Setelah gagasan terbentuk, peneliti mulai merancang seperti apa bentuk sistemnya. Ini mencakup pemilihan komponen, membuat diagram alur kerja, dan menyusun strategi teknis agar sistem bekerja seperti yang diharapkan

3. Menyiapkan Komponen

Pada tahap ini, semua komponen yang dibutuhkan mulai dikumpulkan dan disiapkan. Di antaranya adalah Arduino Uno (sebagai otak sistem), sensor PIR (untuk mendeteksi gerakan), modul relay (untuk mengatur aliran listrik ke lampu), kabel USB, adaptor, serta kabel penghubung lainnya.

4. Merakit Rangkaian

Komponen-komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi satu sistem utuh. Sensor PIR dihubungkan ke Arduino agar dapat memberi sinyal jika ada gerakan. Relay disiapkan untuk mengatur nyala dan mati lampu berdasarkan sinyal dari Arduino.

5. Menulis dan Memasang Program

Membuat program sederhana menggunakan software Arduino. Program ini berisi instruksi, misalnya: "jika ada gerakan → nyalakan lampu, jika tidak ada gerakan dalam beberapa menit → matikan lampu". Program tersebut dimasukkan ke dalam Arduino melalui kabel USB.

6. Menguji Sistem

Setelah program berhasil diunggah, sistem diuji. Peneliti mengecek apakah lampu benar-benar menyala saat ada orang lewat, dan apakah lampu padam ketika ruangan kosong. Jika ditemukan kendala, dilakukan pengecekan ulang dan perbaikan.

7. Mengevaluasi dan Memperbaiki

Jika ada kekurangan, peneliti memperbaiki baik dari sisi perangkat keras maupun programnya. Tujuannya adalah agar sistem benar-benar bisa bekerja secara otomatis dengan akurat dan andal.

8. Pemasangan di lokasi nyata

Sistem yang telah jadi kemudian dipasang di ruangan nyata, misalnya salah satu ruang kelas di Universitas Prima Indonesia. Sistem dibiarkan bekerja beberapa waktu untuk melihat apakah benar-benar bisa menghemat energi.

9. Mengumpulkan dan Menganalisis Data

Peneliti mencatat berapa lama lampu menyala, seberapa sering sensor aktif, serta membandingkan konsumsi listrik sebelum dan sesudah sistem diterapkan. Data ini akan membantu melihat seberapa besar penghematan yang dihasilkan.

10. Selesai

Setelah seluruh proses berjalan dengan baik dan data diperoleh, penelitian dianggap selesai.

2.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan tujuan untuk menguji kinerja sistem kontrol lampu otomatis berbasis Arduino dan IoT. Pendekatan ini dilakukan dengan cara mengukur efisiensi energi sebelum dan sesudah penerapan sistem. Fokus utama penelitian adalah mengembangkan sistem kontrol lampu otomatis berbasis teknologi IoT dengan integrasi sensor, seperti Passive Infrared (PIR) dan Light Dependent Resistor (LDR), guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi efektivitas sistem dalam berbagai kondisi pencahayaan dan keberadaan manusia di ruangan. Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep di mana objek fisik saling terhubung dalam sebuah jaringan berbasis internet. IoT bukan hanya terbatas pada jaringan komputer, tetapi telah berkembang menjadi jaringan perangkat yang sangat beragam meliputi kendaraan, ponsel pintar, peralatan rumah tangga, mainan, kamera, instrumen medis, sistem industri, hingga manusia, hewan, dan bangunan. Semua objek tersebut dibekali kemampuan untuk berkomunikasi, bertukar data, dan beroperasi secara otomatis melalui protokol standar, guna mendukung pengelolaan data secara cerdas, pelacakan, pengendalian, keamanan, serta pemantauan secara real-time. IoT memungkinkan integrasi dan interaksi antara berbagai entitas dalam satu sistem yang luas dan saling terkoneksi, menciptakan efisiensi operasional serta kemudahan dalam pengawasan dan pengambilan keputusan [15]. Internet of things yaitu dapat digambarkan sebagai kemampuan suatu objek untuk mentransmisikan atau mengirimkan data melalui jaringan tanpa menggunakan bantuan perangkat komputer ataupun manusia [16]. Sensor PIR (Passive Infrared Received) adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran sinar infra merah [17]. Sensor PIR (Passive Infrared Received) bersifat pasif, artinya sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah tetapi hanya menerima radiasi sinar infra merah dari luar [18].

2.3 Desain Penelitian

Desain penelitian ini terdiri dari beberapa tahap utama:

- a. Perancangan Sistem: Pengembangan sistem kontrol lampu berbasis Arduino dan IoT, yang mencakup pemrograman dan konfigurasi sensor PIR.
- b. Pengumpulan Data: Merekam penggunaan energi listrik sebelum dan sesudah penerapan sistem dalam rentang waktu tertentu.
- c. Analisis Data: Membandingkan konsumsi energi listrik sebelum dan setelah penerapan sistem untuk mengukur efektivitas sistem.

2.4 Prosedur Penelitian

- a. Pemasangan Komponen
 1. Menghubungkan relay ke Arduino Uno dengan kabel jumper male dan female.
 2. Menghubungkan sensor PIR ke Arduino Uno.
 3. Menghubungkan relay 5V dengan fitting menggunakan kabel yang sesuai.
 4. Menghubungkan Arduino Uno ke laptop untuk pemrograman.
- b. Pemrograman
 1. Menggunakan aplikasi Arduino IDE 2.3.3 untuk menulis dan mengunggah kode.
 2. Memilih menu Tools > Board > Arduino Uno.
 3. Memastikan port Arduino Uno sudah terhubung.
 4. Menjalankan program hingga berhasil.

2.5 Metode Pengumpulan Data Dan Analisis

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara:

1. Pengukuran Konsumsi Energi: Menggunakan wattmeter untuk mencatat konsumsi listrik sebelum dan sesudah penerapan sistem.
2. Interval Waktu: Pengukuran dilakukan setiap hari selama 8 jam operasional.
3. Durasi Pengujian: Dilakukan selama 6 bulan untuk mendapatkan hasil yang representatif.
4. Parameter yang Diukur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tujuan Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja dengan baik, serta tidak terdapat kesalahan pemrograman yang dapat mengganggu performa sistem secara keseluruhan. Fokus pengujian mencakup akurasi deteksi gerakan oleh sensor PIR, kinerja mikrokontroler Arduino Uno, serta efektivitas dalam mengurangi konsumsi energi listrik di ruang kelas.

3.2 Hasil Pengujian Sistem Otomatisasi

Sistem diuji di lingkungan nyata, yaitu laboratorium kampus Universitas Prima Indonesia. Berikut hasil dari beberapa aspek penting pengujian:

3.2.1 Respon Sensor PIR dan Relay

Berikut merupakan rangkaian respon kerja antara sensor PIR dan relay dalam sistem otomatis :

1. Ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia, sinyal dikirim ke Arduino Uno.
2. Relay kemudian aktif dan menyalakan lampu secara otomatis.
3. Waktu respon sensor PIR terhadap deteksi pertama sekitar ± 2 detik.

3.2.2 Integrasi dengan Sensor Cahaya (LDR)

Berikut merupakan integrasi dengan sensor cahaya (LDR) :

1. Sensor LDR terus-menerus mengukur intensitas cahaya.
2. Lampu akan menyala dan mati secara otomatis berdasarkan gabungan deteksi PIR dan kondisi pencahayaan sekitar.

3.2.3 Jangkauan Sensor PIR

Sensor PIR mampu mendeteksi gerakan manusia dalam jangkauan ± 1 hingga 8 meter secara efektif.

3.3 Studi Kasus dan Kondisi Riil di Kampus

Pengujian dilakukan dalam konteks nyata ruang kelas, di mana mahasiswa dan dosen sering lupa mematikan lampu setelah kegiatan belajar selesai. Kebiasaan ini menyebabkan lampu menyala tanpa kebutuhan hingga 12 jam per hari dalam kondisi normal. Sistem otomatis ini menjadi solusi yang bekerja diam-diam dan efisien. Lampu menyala hanya saat terdeteksi aktivitas manusia, dan mati secara otomatis saat ruangan kosong. Ini tidak hanya mencegah pemborosan energi, tapi juga membentuk budaya sadar energi di lingkungan kampus.

3.4 Data Penggunaan Energi

Berikut ini data penggunaan energi sebelum dan sesudah sistem diterapkan

1. Sebelum Menggunakan Sistem Otomatis:
 - a. Durasi nyala lampu: 12 jam per hari
 - b. Persentase pemakaian: 100%
2. Sesudah Menggunakan Sistem Otomatis:
 - a. Durasi nyala lampu: ± 7 jam per hari
 - b. Persentase pemakaian: 58,3%
 - c. Penghematan waktu nyala: 5 jam
 - d. Persentase penghematan energi: 41,7%

Berikut ini tabel perbandingan penggunaan energi :

Tabel 1. Perbandingan Penggunaan Energi

Aspek	Sebelum	Sesudah	Penghematan
Waktu nyala lampu per hari	12 jam	7 Jam	5 Jam
Persentase penggunaan energi	100%	58.3%	41.7%

3.5 Pembahasan

Dari hasil pengujian, sistem terbukti efektif dalam:

1. Mengurangi konsumsi listrik secara signifikan
2. Menambah kenyamanan pengguna, karena tidak perlu mematikan lampu secara manual
3. Memperpanjang usia lampu, karena lampu tidak menyala terus-menerus
4. Membentuk kesadaran hemat energi di lingkungan kampus.

Dengan pendekatan kuantitatif eksperimental, penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan teknologi sederhana seperti sensor PIR dapat memberikan dampak nyata. Sistem ini dapat menjadi alat bantu penghematan listrik dalam skala besar, terutama di institusi pendidikan yang memiliki banyak ruang kelas. berikut ini video demonstrasi sistem melalui link berikut: <https://youtu.be/-TW7Ug3wLYI?si=R2YhCbG5RvW3RWCC>



Gambar 2. Arduino Uno

Di sini, Arduino UNO mengontrol setiap bagian dari sistem, termasuk relay yang terhubung ke sensor PIR dan katup solenoid. Ia menghubungkan bagian-bagian lain, termasuk sensor PIR, dan membaca data dari sensor untuk mendeteksi gerakan.



Gambar 3. Sensor PIR

Ketika lampu indikator relay menyala, sensor PIR akan berfungsi; jika sensor PIR tidak berfungsi atau tidak dapat mendeteksi gerakan, lampu relay tidak akan menyala. Sekitar ± 2 detik setelah perangkat dinyalakan, sensor PIR akan berfungsi pada puncaknya. Arduino UNO terhubung ke tiga pin pada sensor PIR. Pin I/O sensor PIR terhubung ke pin nomor dua pada Arduino UNO, pin VCC-nya terhubung ke pin VCC Arduino UNO, dan

pin GND-nya terhubung ke pin GND Arduino UNO. Sirkuit untuk Sensor LDR Sensor LDR pada sirkuit ini bertanggung jawab untuk menyalakan dan mematikan lampu di dalam ruangan.



Gambar 4. Relay

Dua saluran dan satu saluran tambahan digunakan oleh setiap lampu dalam relay sistem ini, yang menggunakan dua jenis saluran dan satu saluran. Dalam sirkuit perangkat ini, relay berfungsi sebagai saklar listrik yang mengatur sirkuit pencahayaan otomatis rumah. Lampu akan menyala dan mati selama pengujian ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, karena relay kemudian akan mengaktifkan dan mematikan lampu. Kabel yang digunakan untuk menghubungkan papan Arduino ke komputer. Kabel ini berfungsi untuk mentransfer data (program) dari komputer ke Arduino serta menyediakan daya listrik agar Arduino bisa bekerja. Jenis kabel yang umum digunakan adalah USB type A ke USB type B (seperti pada printer) atau USB type A ke micro/mini USB, tergantung tipe papan Arduino. Kabel jumper kabel kecil yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik pada papan sirkuit seperti breadboard atau Arduino. Kabel ini memudahkan penyambungan tanpa perlu menyolder dan tersedia dalam tiga jenis: male to male, male to female, dan female to female.

4. KESIMPULAN

Setelah melalui serangkaian tahapan mulai dari perencanaan, perakitan, hingga pengujian, sistem lampu otomatis berbasis sensor PIR dan Arduino Uno telah berhasil dikembangkan dan diuji. Sistem ini mampu mendeteksi kehadiran manusia dengan akurat serta secara otomatis mengendalikan lampu sesuai kondisi keberadaan orang di ruangan. Dengan pendekatan berbasis teknologi Internet of Things (IoT), penelitian ini membuktikan bahwa sistem otomatis sederhana dapat menjadi solusi praktis dan berkelanjutan dalam menciptakan lingkungan hemat energi. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengembangkan sistem kontrol otomatis berbasis sensor PIR guna menghemat energi listrik telah tercapai. Sistem ini layak untuk diimplementasikan lebih luas di ruang-ruang publik maupun pribadi.

REFERENCES

- [1] M. M. N. Lindsey Velany Colaco, Dr. Virani Hassanali, "Development of IoT Enabled Energy Saving Smart Lighting and HVAC System for Building Environment," *J. Energy Eng. Thermodyn.*, no. 36, pp. 1–12, 2023, doi: 10.55529/jeet.36.1.12.
- [2] E. Samani *et al.*, "Anomaly detection in IoT-Based PIR occupancy sensors to improve building energy efficiency," *2020 IEEE Power Energy Soc. Innov. Smart Grid Technol. Conf. ISGT 2020*, 2020, doi: 10.1109/ISGT45199.2020.9087681.
- [3] I. G. A. N. G. ALLENDES, "Lighting Energy Savings in an Office Environment Simulating a Motion Detection Dimming System," in *KTH Industrial Engineering and Management*, Second., Stockholm, Sweden 2022: KTH Industrial Engineering and Management, 2022, p. 116.
- [4] R. D. ihan Geraldine, Ramiati, "Smart Light Electricity Automation and Monitoring System Based on the Internet of Things (IOT) on Campus Environment Prototype," *Brililance*, vol. 4, no. 2, p. 9, 2024.
- [5] Rasteja Musti Besari, "Sistem Otomasi untuk Penghematan Energi pada Lampu Penerangan Berbasis Internet of Things," Universitas Gadjah Mada, 2022.
- [6] A. B. Lasera and I. H. Wahyudi, "Pengembangan Prototipe Sistem Pengontrolan Daya Listrik berbasis IoT ESP32 pada Smart Home System," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. vol 5 no 2, 2020, doi:

- 10.21831/elinvo.v5i2.34261.
- [7] and K. P. H. Setiawan, Farzin Abdaoe, “Sistem Kendali Lampu Otomatis Berbasis Iot (Internet Of Things) Menggunakan Node Mcu,” *J. Bangkit Indones*, vol. vol 9 no 1, 2020, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v9i1.130.
- [8] L. Rahmawati, G. Setyawan, D. Teknik, S. Vokasi, and U. G. Mada, “Sistem Saklar Otomatis Berbasis Sensor PIR dengan Fitur Penghitungan Jumlah Orang untuk Optimalisasi Penggunaan Energi,” vol. 14, no. 1, pp. 22–28, 2025.
- [9] T. Aji Shamasta and S. Dhiya Ayuni, “Rancang Bangun Kontrol Otomatis Lampu Pada Ruangan Menggunakan Sensor PIR Berbasis IoT,” pp. 1–7, 2023.
- [10] Suprianto, H. T. Frianto, A. F. Bin Abidin, M. F. bin M. Idros, and A. H. A. Razak, “Electrical Load Control Using PIR Sensor for IoT-based Electrical Power Saving,” *Int. J. Res. Vocat. Stud.*, vol. 3, no. 4, pp. 198–203, 2024, doi: 10.53893/ijrvocas.v3i4.252.
- [11] A. Abdullah et al., “Automatic Lighting System Using PIR Sensor and Firebase in Classroom,” *J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 20 no 3, 2020.
- [12] D. Putra and T. Hidayat, “Smart Home Control System Based on IoT using Blynk and PIR Sensor,” *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 9 no 2, 2021.
- [13] and R. K. P. M. Fikri, R. Maulana, “Sistem Otomatisasi Lampu Kelas Menggunakan Sensor PIR Berbasis IoT,” *J. Elektro dan Sist. Inf.*, vol. 8 no 1, 2022.
- [14] B. Nugroho and R. Saraswati, “IoT-Based Electricity Efficiency Using ESP32 and PIR Sensor with Manual Override Feature,” *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 6 no 3, 2023.
- [15] S. Patel and C. Salazar, “Internet of Things-IOT : Definition , Characteristics , Architecture , Enabling Technologies , Application & Future Challenges,” no. May 2016, 2019, doi: 10.4010/2016.1482.
- [16] I. U. Turyadi, “Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelegen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur,” *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 29–39, 2021, doi: 10.26905/jtmi.v7i1.6040.
- [17] J. P. Chatard, “Infrared passive sensors,” in *The Microwave Engineering Handbook*, B. L. Smith & M.-H. Carpentier, Ed., Springer, 1993, pp. 385–421. doi: 10.1007/978-1-4899-4552-5_18.
- [18] F. Apri Wenando, R. Pratama Santi, Rahmatika Pratama Santi, L. Nur Irsyad, and S. Ramadhani Putri, “Sistem Informasi Parkir Elektronik pada Kampus Universitas Andalas Berbasis Website,” *J. Fasilkom*, vol. 13, no. 01, pp. 61–71, 2023, doi: 10.37859/jf.v13i01.4842.