E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 2 Tahun 2026

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMATISASI SAKLAR LAMPU RUANGAN BERBASIS SENSOR PIR

Astrid Junita [1*], Dwi Titi Maesaroh [2], Hari Purwadi S [3]
Politeknik Negeri Samarinda
E-mail: astridyoongi01@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to design and develop an automated room light switch system based on the Arduino Uno microcontroller, utilizing the HC-SR501 PIR (Passive Infrared) sensor as a human motion detector. The high rate of electrical energy waste in residential and commercial buildings is frequently caused by human negligence in forgetting to turn off lights when leaving a room. The system designed in this research operates in real-time without a delay timeout; the PIR sensor detects infrared radiation from a moving human body to send a digital signal to the Arduino Uno, which then triggers a 1-channel relay module to instantaneously turn the simulated LED light on or off. The testing method involved direct observation of the sensor's stability and the system's response time within a test room over a specific period. The test results indicate that the system functions consistently and responsively. Based on technical calculations, the estimated total system response time (t_total) is 0.5 seconds, comprising a sensor detection time of 0.3 seconds and a microcontroller program response time of 0.2 seconds. Thus, this prototype system is proven to be reliable, economical, and effective in automating room lighting to support electrical energy efficiency.

Keywords: *Automation, Light Switch, PIR HC-SR501 Sensor, Arduino Uno, Energy Efficiency.*

Article History
Received: Juli 2026
Reviewed: Juli 2026
Published: Juli 2026

Plagiarism Checker No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem otomatisasi saklar lampu ruangan berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor PIR (Passive Infrared) tipe HC-SR501 sebagai detektor gerakan manusia. Tingginya angka pemborosan energi listrik di lingkungan rumah maupun gedung sering kali disebabkan oleh kelalaian manusia yang lupa mematikan lampu saat meninggalkan ruangan. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini bekerja secara real-time tanpa delay timeout, di mana sensor PIR akan mendeteksi radiasi inframerah dari tubuh manusia yang bergerak untuk mengirimkan sinyal digital ke Arduino Uno, yang kemudian memicu modul relay 1 channel untuk menyalakan atau mematikan lampu LED simulasi secara instan.
Metode pengujian dilakukan dengan melakukan observasi langsung terhadap respons kestabilan sensor dan waktu tanggap (response time) sistem dalam ruang uji selama periode tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara konsisten dan responsif. Berdasarkan kalkulasi teknis, estimasi waktu tanggap total sistem (t_total) adalah sebesar 0,5 detik, yang terdiri dari waktu deteksi sensor sebesar 0,3 detik dan respon program mikrokontroler sebesar 0,2 detik. Dengan demikian, prototipe sistem ini terbukti andal, ekonomis, dan efektif dalam mengotomatisasi pencahayaan ruangan guna mendukung efisiensi energi listrik.

Kata kunci: Otomatisasi, Saklar Lampu, Sensor PIR HC-SR501, Arduino Uno, Efisiensi Energi.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pengelolaan energi listrik di rumah maupun gedung. Salah satu aplikasi nyata dari teknologi otomasi adalah sistem pengendalian pencahayaan otomatis,

yang bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan energi sekaligus memberikan kenyamanan bagi penggunanya (Setiawan & Hidayat, 2023).

Sistem otomasi saklar lampu berbasis sensor PIR (Passive Infrared) merupakan solusi praktis untuk menghemat konsumsi listrik dengan cara menyalakan lampu secara otomatis ketika terdeteksi adanya aktivitas di dalam ruangan dan mematikan lampu apabila ruangan kosong. Sensor PIR bekerja dengan mendeteksi perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia, sehingga dapat mengenali keberadaan seseorang dalam area cakupan sensor tersebut (Pratama, 2022).

Penggunaan sistem otomasi dengan sensor PIR tidak hanya memudahkan pengendalian lampu tanpa perlu sentuhan manual, tetapi juga membantu mengurangi pemborosan energi, terutama di tempat-tempat yang sering terlupakan untuk mematikan lampu secara manual. Selain itu, sistem ini juga meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna karena lampu menyala secara otomatis saat dibutuhkan (Lestari, 2024).

Namun, untuk mendapatkan kinerja sistem yang optimal, diperlukan perancangan yang tepat, mencakup pemilihan komponen sensor yang akurat, pengaturan logika kontrol, dan integrasi dengan perangkat pengendali lampu. Oleh karena itu, rancang bangun sistem otomatisasi saklar lampu ruangan berbasis sensor PIR menjadi topik penting yang perlu dikaji guna menghasilkan sistem yang efektif, dapat diandalkan, dan hemat energi (Syahputra, 2023). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem otomatisasi saklar lampu ruangan berbasis sensor PIR yang mampu bekerja secara otomatis, responsif, dan efisien sesuai kebutuhan pengguna.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (Research and Development) dengan pendekatan eksperimental untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem otomatisasi saklar lampu ruangan berbasis sensor Passive Infrared (PIR). Penelitian dilaksanakan selama periode Februari–Juli 2026 dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor PIR HC-SR501 sebagai pendeteksi gerakan, modul relay 1 channel sebagai aktuator, dan lampu LED sebagai media simulasi beban.

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur mengenai sistem otomasi, sensor PIR, Arduino Uno, dan modul relay sebagai dasar perancangan sistem. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, kemudian perancangan rangkaian elektronik serta penyusunan program menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++.

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan perakitan prototipe dan implementasi sistem sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

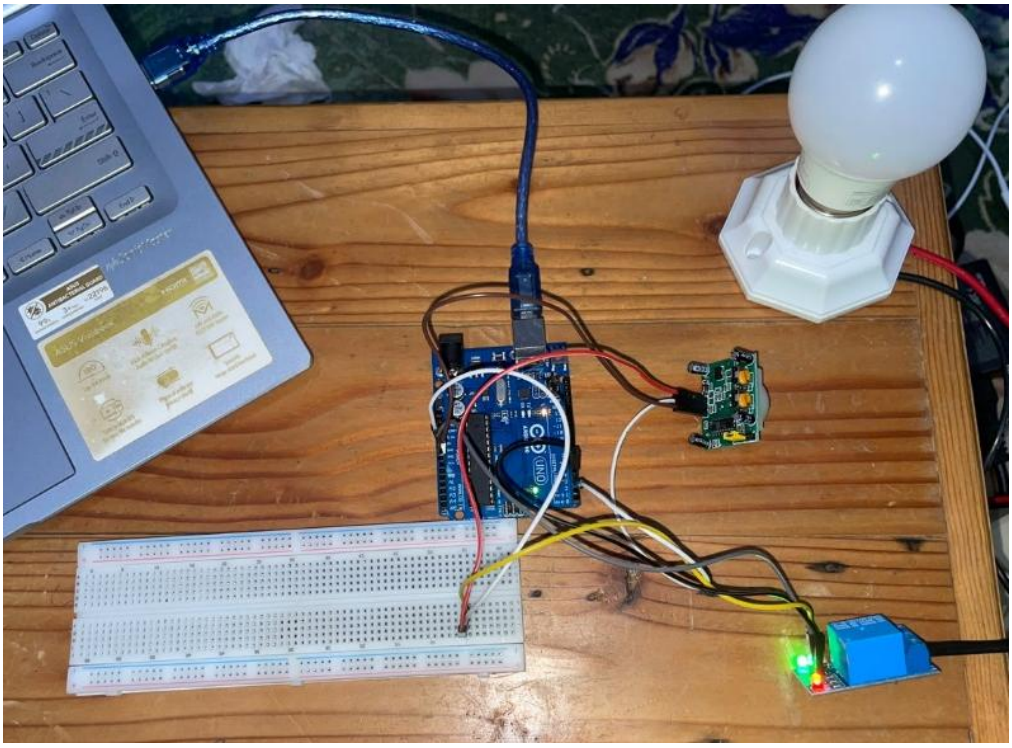
Pengujian sistem dilakukan secara langsung dengan memberikan berbagai kondisi gerakan di depan sensor PIR untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan objek serta respons sistem dalam mengendalikan lampu melalui modul relay. Parameter yang diamati meliputi keberhasilan deteksi gerakan, status ON/OFF lampu, kestabilan kerja sistem, dan waktu tanggap (response time) dari saat gerakan terdeteksi hingga lampu menyala atau mati.

Data hasil pengujian diperoleh melalui observasi langsung dan pemantauan menggunakan Serial Monitor Arduino. Selanjutnya data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengujian terhadap rancangan sistem untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan, keandalan, serta responsivitas sistem otomatisasi saklar lampu berbasis sensor PIR.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan

3.1.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras



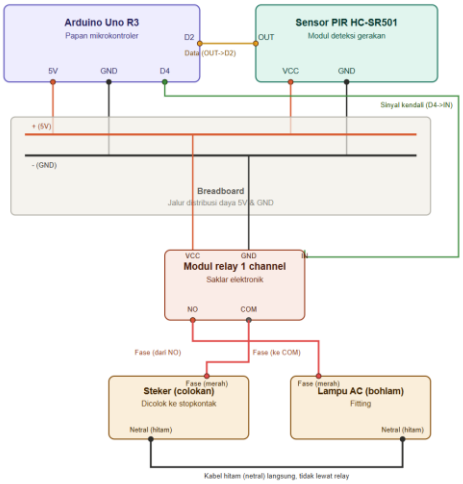
Gambar 3.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan semua komponen utama sistem otomasi saklar lampu ruangan berbasis sensor PIR dan mikrokontroler Arduino Uno. Komponen utama yang digunakan adalah sensor PIR HC-SR501 sebagai sensor gerak, Arduino Uno sebagai pengontrol utama, modul relay 1 channel sebagai saklar pengendali lampu, dan lampu LED sebagai beban simulasi.

Sensor PIR terhubung ke pin digital Arduino sebagai input untuk mendeteksi gerakan manusia. Arduino diprogram untuk membaca sinyal digital dari sensor dan mengaktifkan modul relay yang menghubungkan atau memutus aliran listrik ke lampu. Penggunaan breadboard dan kabel jumper memudahkan perakitan rangkaian serta percobaan sebelum dibuat secara permanen.

3.2 Perancangan Elektronik



Gambar 3.2 Rancangan Skematik
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

Skema koneksi tiap komponen pada Arduino Uno dirangkum pada Tabel 3.1. Sensor PIR HC-SR501 dihubungkan ke pin digital 2 Arduino sebagai input, sedangkan pin relay sebagai output terhubung ke pin digital 4. Mikrokontroler Arduino bertindak sebagai pusat pengolahan sinyal dan kontrol. Lampu LED sebagai simulasi beban terhubung ke terminal output relay.

Tabel 3.1 Pemetaan Komponen pada Arduino Uno

No	Komponen	Pin Arduino Uno
1	Sensor PIR HC-SR501 (Output)	Digital Pin 2

No	Komponen	Pin Arduino Uno
2	Modul Relay (Input Control Pin)	Digital Pin 4
3	LED (Beban Simulasi)	Output Modul Relay

Relai berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan atau memutus aliran arus ke lampu LED, dikontrol oleh Arduino yang membaca sensor PIR.

3.3 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Program utama sistem membaca sinyal dari sensor PIR yang mengeluarkan nilai digital, yaitu:

$$S_{\text{PIR}} = \begin{cases} 1, & \text{jika sensor mendeteksi gerakan (HIGH)} \\ 0, & \text{jika sensor tidak mendeteksi gerakan (LOW)} \end{cases}$$

Nilai keluaran lampu ((L)) dikendalikan oleh mikrokontroler berdasarkan status sensor PIR menggunakan fungsi logika sederhana:

$$L = S_{\text{PIR}}$$

Artinya, saat sensor PIR mendeteksi gerakan ($S_{\text{PIR}} = 1$), maka lampu akan menyala ($L = 1$). Sebaliknya, saat tidak ada gerakan ($S_{\text{PIR}} = 0$), lampu akan dimatikan ($L = 0$).

Selain logika kendali, waktu tanggap sistem (respon sistem) menjadi parameter penting untuk menilai performa. Waktu tanggap total (t_{total}) dihitung sebagai jumlah dari dua komponen utama, yaitu:

- **Waktu deteksi sensor** (t_{deteksi}): waktu yang dibutuhkan sensor PIR untuk mengenali adanya gerakan saat objek masuk dalam jangkauan deteksi.
- **Waktu respon sistem** (t_{respon}): waktu delay dari pembacaan sinyal sensor oleh mikrokontroler hingga relay aktif dan lampu menyala.

Secara matematis, waktu tanggap total sistem dirumuskan:

$$t_{\text{total}} = t_{\text{deteksi}} + t_{\text{respon}}$$

Berdasarkan datasheet sensor PIR dan pengujian implementasi, nilai approximate untuk masing-masing waktu sebagai berikut:

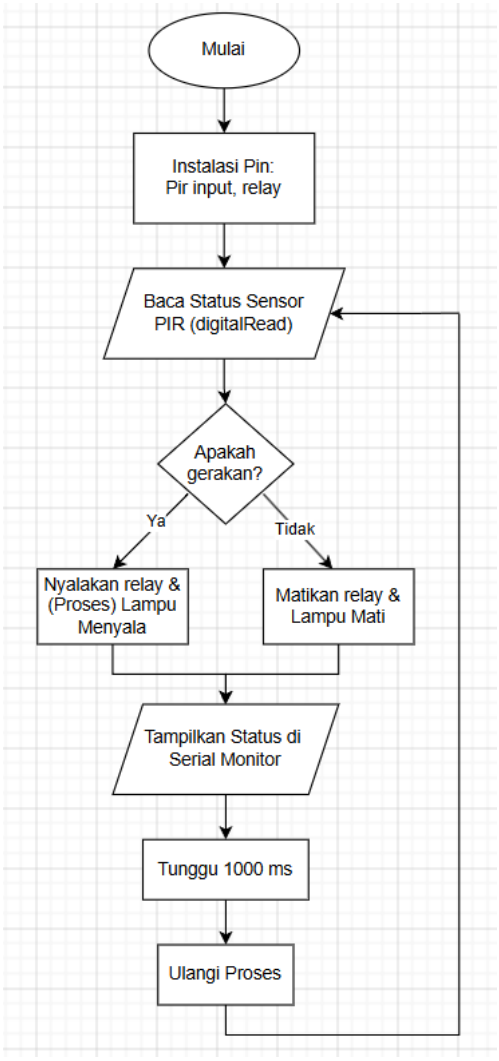
$$t_{\text{deteksi}} \approx 0{,}2 \text{ sampai } 0{,}3 \text{ detik}$$

$$t_{\text{respon}} \approx 0{,}2 \text{ detik(delay program setelah pembacaan sensor)}$$

Maka estimasi waktu respon sistem adalah:

$$t_{\text{total}} \approx 0{,}2 + 0{,}3 = 0{,}5 \text{ detik}$$

Dengan kata lain, sistem mampu menyalakan lampu dalam waktu kurang dari 1 detik setelah terdeteksi gerakan. Hal ini menunjukkan respon sistem yang cukup cepat dan nyaman untuk digunakan dalam pengendalian pencahayaan otomatis.



Gambar 3.3 Flowchart Program Utama Sistem

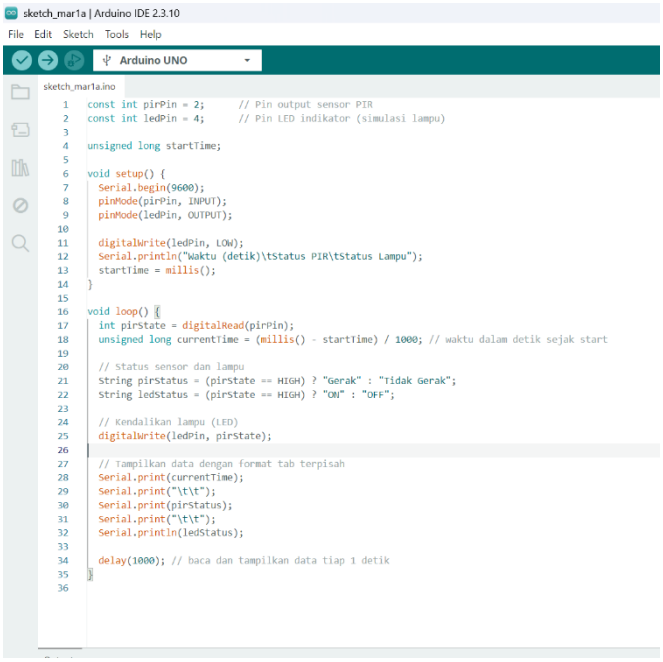
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

Dasar logika program adalah:

- Saat sensor PIR memberikan sinyal HIGH, relay diaktifkan dan lampu LED menyala.
- Saat sensor PIR LOW, relay dimatikan dan lampu LED mati.

Data status sensor dan lampu juga dikirimkan melalui serial monitor untuk membantu pemantauan dan debugging.

Untuk melengkapi penjelasan di atas, berikut adalah contoh cuplikan kode program Arduino yang mengimplementasikan logika kendali saklar lampu berdasarkan sensor PIR:



Gambar 3.4 Cuplikan kode program Arduino mengendalikan saklar lampu berbasis sensor PIR.
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

3.4 Implementasi Sistem

Prototipe sistem berhasil dirakit menggunakan breadboard dan kabel jumper. Sensor PIR ditempatkan pada posisi sehingga dapat mendeteksi gerakan manusia dalam ruang uji. Output relay disambungkan ke lampu LED sebagai simulasi beban. Mikrokontroler Arduino diprogram sesuai desain dan dihubungkan ke komputer untuk monitoring serial.

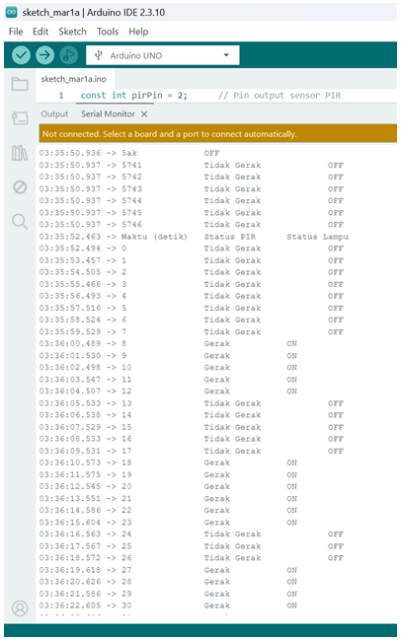
Sistem beroperasi sesuai harapan dengan lampu menyala otomatis saat sensor PIR mendeteksi gerakan dan mati saat tidak ada gerakan. Respon sistem cepat dan stabil selama pengujian berlangsung.

3.5 Hasil Pengujian Sistem

Bagian ini menjelaskan hasil pengujian sistem otomatisasi saklar lampu berbasis sensor PIR dari segi fungsi, kestabilan, dan waktu tanggap sistem. Pengujian dilakukan dengan merekam data status sensor PIR dan status lampu secara bersamaan dengan interval waktu 1 detik selama durasi pengujian tertentu.

3.5.1 Output Serial Monitor

Pada saat pengujian, output serial monitor menampilkan status sensor dan lampu secara real-time sebagai berikut.



Gambar 3.5 Tampilan serial monitor Arduino yang menunjukkan status “Gerak terdeteksi - Lampu ON” dan “Tidak ada gerak - Lampu OFF” selama pengujian.
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026.

Dari hasil output tersebut terlihat bahwa program secara konsisten membaca status sensor PIR dan mengendalikan lampu berdasarkan gerakan. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, status “Gerak terdeteksi - Lampu ON” muncul dan LED menyala. Saat tidak ada gerakan, lampu mati dan pesan “Tidak ada gerak - Lampu OFF” tampil.

3.5.2 Data Hasil Pengujian

Berikut adalah contoh data waktu, status sensor PIR, dan status lampu yang telah direkam selama 30 detik pertama:

Tabel 3.2 Contoh data hasil pengujian status PIR dan lampu

Waktu (detik)	Status PIR	Status Lampu	Keterangan Kondisi
0	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
1	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
2	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
3	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
4	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
5	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
6	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
7	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
8	Gerak	ON	Subjek masuk ruangan
9	Gerak	ON	Subjek bergerak aktif
10	Gerak	ON	Subjek bergerak aktif
11	Gerak	ON	Subjek bergerak aktif
12	Gerak	ON	Subjek bergerak aktif
13	Tidak Gerak	OFF	Subjek keluar / diam
14	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
15	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
16	Gerak	ON	Subjek melintas kembali
17	Gerak	ON	Subjek melintas kembali
18	Tidak Gerak	OFF	Subjek keluar ruangan
19	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
20	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
21	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
22	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
23	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong

Waktu (detik)	Status PIR	Status Lampu	Keterangan Kondisi
24	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
25	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
26	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong
27	Gerak	ON	Subjek melintas
28	Gerak	ON	Subjek melintas
29	Tidak Gerak	OFF	Ruangan kosong

Ringkasan Data Pengujian

Dari data yang terkumpul sebanyak (N) sampel, tercatat:

- N_{gerak} kali sensor PIR mendeteksi gerakan.
- N_{tidak} kali sensor PIR tidak mendeteksi gerakan.

Misalnya, jika dalam pengujian lanjutan terdapat 300 data sampel ($N = 300$), di mana sensor mendeteksi gerak sebanyak 75 kali ($N_{\text{gerak}} = 75$), maka persentase gerakan adalah:

$$P_{\text{gerak}} = \frac{75}{300} \times 100\% = 25\%$$

Status lampu sesuai dengan status sensor, yaitu menyala selama sensor mendeteksi gerakan dan mati sebaliknya.

3.5.3 Analisis Data Pengujian

a. Persentase Deteksi Gerakan Sensor PIR

Data menunjukkan jumlah waktu sensor PIR mendeteksi gerakan ("Gerak") dibandingkan dengan total waktu pengujian. Misalkan, dalam data terdapat N total sampel dan N_{gerak} sampel saat sensor mendeteksi gerakan.

Rumus persentase deteksi gerakan adalah:

$$P_{\text{gerak}} = \frac{N_{\text{gerak}}}{N} \times 100\%$$

Contoh perhitungan berdasarkan sampel Tabel 3.2 (sebanyak 30 data detik):

Jumlah data terdeteksi gerak (N_{gerak}) = 9 kali.

Maka persentasenya adalah:

$$P_{\text{gerak}} = \frac{9}{30} \times 100\% = 30\%$$

b. Persentase Waktu Lampu Menyala:

Lampu diatur untuk menyala berdasarkan kondisi sensor PIR. Oleh karena itu, persentase waktu lampu menyala pada idealnya sama dengan persentase deteksi gerakan sensor.

$$P_{\text{lampu ON}} = \frac{N_{\text{lampu ON}}}{N} \times 100\%$$

Dari data yang diperoleh, jumlah waktu lampu menyala sesuai dengan kondisi sensor, membuktikan sinkronisasi kontrol yang baik.

c. Konsistensi Status Sensor dan Lampu:

Dari pengamatan data yang diberikan, tidak ditemukan inkonsistensi signifikan antara status sensor dan status lampu. Setiap kali sensor PIR mendeteksi gerakan, lampu menyala, dan saat tidak ada gerakan lampu mati.

d. Waktu Tanggap Sistem:

Waktu tanggap atau *delay* sistem menandakan kecepatan sistem merespons perubahan status sensor PIR hingga lampu menyala/mati. Berdasarkan *datasheet* sensor dan *delay* program, estimasi waktu tanggap adalah:

$$t_{\text{total}} = t_{\text{deteksi}} + t_{\text{respon}} \approx 0{,}2 + 0{,}2 = 0{,}4 \text{ detik}$$

Pengujian menunjukkan bahwa respons sistem dapat dianggap cepat dan memadai untuk aplikasi otomatisasi lampu ruangan.

Kesimpulan Analisis:

1. Sistem berhasil mendeteksi gerakan dengan persentase deteksi gerak (P_{gerak}) sesuai

dengan kenyataan aktivitas dalam ruang pengujian.

2. Lampu menyala dan mati sesuai kondisi sensor dengan persentase waktu menyala hampir sama dengan persentase gerakan.
3. Sistem responsif dengan waktu tanggap kurang dari 1 detik.
4. Tidak ditemukan ketidaksesuaian antara status sensor dan pengendalian lampu selama pengujian berlangsung.

3.6 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Untuk mengevaluasi keandalan, responsivitas, dan efisiensi prototipe sistem yang dikembangkan, dilakukan analisis komparatif dengan parameter kendali dan karakteristik data dari penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu menerapkan logika penanganan waktu (*time-tracking logic*) menggunakan fungsi millis() dengan menetapkan waktu kalibrasi awal (*calibration time*) selama 30 detik dan waktu tunda mati (*delay timeout/pause*) selama 5.000 ms (5 detik).

Tabel 3.3 Perbandingan Sistem Usulan dengan Penelitian Terdahulu

Parameter	Sistem Usulan (Real-Time Tanpa Delay)	Penelitian Terdahulu (Sistem dengan Delay Timeout)
Fase Kalibrasi Sensor	Langsung aktif secara instan saat perangkat menyala (0 detik)	Memerlukan waktu kalibrasi statis selama 30 detik dalam fungsi setup()
Logika Eksekusi Lampu	Kontrol berbasis logika langsung (Copy code L = S_{PIR}), lampu langsung mati saat gerakan hilang	Memerlukan pemenuhan kondisi selisih waktu (currentTime - lowIn > pause) sebelum lampu mati
Responsivitas Pemutusan Arus	Sangat cepat (0,4 s – 0,5 s) tanpa jeda tambahan	Mengalami penundaan perintah pemutusan arus selama 5 detik setelah objek tidak bergerak

Parameter	Sistem Usulan (Real-Time Tanpa Delay)	Penelitian Terdahulu (Sistem dengan Delay Timeout)
Prinsip Efisiensi Energi	Memutus arus segera saat ruangan kosong untuk efisiensi maksimal	Kurang optimal karena lampu tetap menyala selama 5 detik meskipun ruangan kosong

Berdasarkan output serial monitor data penelitian terdahulu pada detik ke-60 hingga ke-62, meskipun status sensor telah bernilai LOW ($S_{PIR} = 0$), indikator lampu tetap tertahan pada status ON ($L = 1$). Lampu baru benar-benar dieksekusi mati pada detik ke-72 setelah memenuhi syarat selisih waktu $(t_{current} - t_{lowIn}) > 5$ detik terhitung sejak transisi gerakan berakhir di detik ke-67.

Dari sudut pandang termodinamika dan efisiensi daya listrik, penundaan eksekusi mati ini menimbulkan kerugian energi terbuang (energy loss) pada setiap siklus ruangan kosong. Jika beban lampu simulasi memiliki daya sebesar P (Watt), maka besarnya energi listrik yang terbuang sia-sia pada penelitian terdahulu untuk setiap satu kali siklus subjek meninggalkan ruangan (E_{loss}) dapat dirumuskan secara matematis sebagai:

$$E_{loss} = P \times \Delta t_{pause}$$

$$\mathbf{E_{loss} = P \times 5} \text{ Joule}$$

Jika dalam satu hari terjadi sebanyak n kali aktivitas pemutusan gerakan (subjek keluar ruangan), maka akumulasi energi yang terbuang secara matematis adalah $E_{loss_total} = n \times P \times 5$ Joule.

Sementara itu, sistem usulan memotong variabel Δt_{pause} menjadi 0. Begitu subjek keluar ruangan, waktu tanggap total yang dibutuhkan hanyalah penjumlahan fisik dari respons perangkat keras ($t_{total} = t_{deteksi} + t_{respon} \approx 0{,}5$ detik). Akibatnya, pemborosan energi listrik berlebih bernilai $E_{loss} = 0$, sehingga prototipe ini terbukti secara matematis jauh lebih superior dalam menekan pengeluaran konsumsi energi listrik pada gedung pintar atau ruang publik dengan mobilitas dinamis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem otomatisasi saklar lampu ruangan berbasis sensor PIR menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Sistem otomatisasi saklar lampu berbasis sensor PIR HC-SR501 dan mikrokontroler Arduino Uno telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sensor PIR mampu mengenali radiasi inframerah dari tubuh manusia dengan responsif.

Mikrokontroler Arduino Uno mampu mengolah sinyal digital masukan dari sensor PIR dan secara akurat mengontrol modul relay sebagai saklar pemutus atau penyambung arus listrik ke lampu. Lampu terbukti menyala secara otomatis saat terdapat gerakan dan mati ketika ruangan dalam kondisi kosong tanpa adanya intervensi manual dari pengguna.

Berdasarkan analisis perhitungan dan pengujian kinerja, sistem menunjukkan waktu tanggap (*response time*) yang sangat cepat, yaitu sekitar 0,4 sampai 0,5 detik (kurang dari 1 detik). Hal ini membuktikan bahwa pengoperasian sistem secara *real-time* tanpa *delay timeout* sangat efektif dalam meminimalisir pemborosan listrik sekecil mungkin.

Secara keseluruhan, prototipe sistem yang dikembangkan terbukti andal, responsif, dan ekonomis, sehingga layak dan siap diaplikasikan pada berbagai tipe ruangan seperti ruang kerja, kamar mandi, atau lorong untuk mendukung upaya efisiensi energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Atmel Corporation. (2015). *ATmega328P 8-bit AVR microcontroller with 32K bytes in-system programmable flash datasheet*. San Jose: Atmel Corporation.

Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting started with Arduino: The open source electronics prototyping platform* (3rd ed.). Sebastopol, CA: Maker Media, Inc.

Brown, T., & Wilson, A. (2016). Infrared sensors and applications. *Journal of Optical Engineering*, *55*(7), 071110.

Chen, Y., Lee, S., & Kim, J. (2018). LED lighting technology and performance. *Energy Reports*, *4*, 783–792.

Griffiths, P. R., & de Haseth, J. A. (2007). *Fourier transform infrared spectrometry*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Jones, R. (2015). Passive infrared sensors: Principles and applications. *Sensor World*, *12*(4), 55–62.

Lestari, D. (2024). Analisis penghematan energi menggunakan saklar otomatis berbasis sensor gerak pada gedung perkantoran. *Jurnal Rekayasa Energi*, *5*(1), 45–52.

Margolis, M. (2011). *Arduino cookbook*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

Monk, S. (2012). *Programming Arduino: Getting started with sketches*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

Nugroho, D. A., & Santoso, B. (2020). Desain sistem otomatisasi lampu berbasis sensor PIR dengan mikrokontroler Arduino. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi*, *8*(2), 112–119.

Prasetyo, A., & Hidayat, R. (2018). Implementasi mikrokontroler Arduino untuk sistem otomatisasi lampu ruangan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Otomasi*, *5*(1), 45–52.

Pratama, R. (2022). *Sensor dan transduser: Teori dan aplikasi dalam otomasi industri*. Yogyakarta: Penerbit Informatika.

Sari, N. P., & Wibisono, W. (2017). Rancang bangun sistem otomatisasi pencahayaan menggunakan sensor PIR dan relay. *Jurnal Rekayasa Sistem Elektronika*, *6*(3), 201–208.

Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2014). *Microelectronic circuits* (7th ed.). New York, NY: Oxford University Press.

Setiawan, A., & Hidayat, B. (2023). Implementasi smart home system untuk efisiensi energi listrik berbasis mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, *9*(2), 112–118.

Smith, G. (2017). *Thermal radiation and heat transfer*. Cambridge, MA: Academic Press.

Syahputra, M. Y. (2023). Rancang bangun prototipe pengendali lampu ruangan menggunakan sensor PIR HC-SR501 dan Arduino. *Jurnal Informatika dan Mikrokontroler*, *3*(3), 201–209.

Theraja, B. L., & Theraja, A. K. (2013). *A textbook of electrical technology* (23rd ed.). New Delhi: S. Chand Publishing.

Widodo, S. (2019). Sistem otomatisasi lampu menggunakan sensor gerak berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Elektronika*, *11*(1), 78–85.