

SMARTLIGHTING: SISTEM PENERANGAN OTOMATIS BERBASIS SENSOR KEHADIRAN UNTUK HEMAT ENERGI MAKSIMAL

Fadilah Farrid Pratama, Arief Budjianto

Teknologi Komputer, Politeknik NSC Surabaya
Jalan Basuki Rahmat No 85, Kec. Tegalsari, Surabaya, Indonesia
Faridpratamaa009@gmail.com¹

ABSTRAK

Penerangan merupakan salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan rumah, perkantoran, maupun fasilitas umum. Namun, penggunaan sistem pencahayaan konvensional sering kali menyebabkan pemborosan energi akibat lampu yang tetap menyala meskipun tidak ada aktivitas di ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem penerangan otomatis berbasis sensor kehadiran guna mengoptimalkan efisiensi energi. Sistem ini menggunakan sensor PIR (Passive Infrared) yang mampu mendeteksi pergerakan manusia untuk mengaktifkan dan menonaktifkan lampu secara otomatis. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan mikrokontroler sebagai unit pengendali utama yang mengatur waktu nyala lampu berdasarkan data dari sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi konsumsi energi secara signifikan dibandingkan sistem manual. Dengan penerapan sistem ini, konsumsi daya dapat diminimalisir tanpa mengurangi kenyamanan pengguna, sehingga sistem ini sangat potensial diterapkan pada berbagai sektor untuk mendukung program efisiensi energi.

Kata kunci : *Smart Lighting, Sensor Kehadiran, Hemat Energi, PIR, Otomatisasi*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber daya vital dalam kehidupan modern karena mendukung hampir seluruh aktivitas manusia. Salah satu sektor yang paling banyak menggunakan energi listrik adalah sistem pencahayaan pada bangunan rumah tinggal, perkantoran, fasilitas umum, hingga area industri. Namun, konsumsi energi untuk penerangan seringkali tidak efisien karena lampu dibiarkan menyala meskipun ruangan tidak digunakan. Hal ini menyebabkan pemborosan energi yang berujung pada tingginya biaya operasional serta dampak lingkungan yang tidak diinginkan akibat peningkatan beban pembangkit Listrik [1][2][3][4][5].

Meningkatnya kesadaran akan pentingnya efisiensi energi mendorong pengembangan berbagai teknologi pengendalian penerangan, salah satunya melalui penerapan sistem smart lighting berbasis sensor kehadiran [6][7][8][9]. Teknologi ini memungkinkan lampu menyala secara otomatis saat terdeteksi keberadaan manusia dan mati secara otomatis ketika tidak ada aktivitas dalam ruangan. Penerapan sensor Passive Infrared (PIR) yang mampu mendeteksi pancaran radiasi tubuh manusia membuat sistem lebih andal dalam mengatur konsumsi energi [10][11][12][13].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai sistem penerangan otomatis berbasis sensor kehadiran telah banyak dilakukan untuk mendukung efisiensi energi, meningkatkan kenyamanan pengguna, serta mengurangi pemborosan listrik pada berbagai jenis bangunan. Beberapa studi terdahulu yang relevan dengan penelitian ini antara lain:

Lesmana dalam penelitian berjudul “Dampak Implementasi IoT pada Sistem Smart Home untuk Efisiensi Energi dan Keamanan di Kota Berkembang” menjelaskan penerapan sistem smart lighting berbasis sensor dan mikrokontroler pada gedung perkantoran. Sistem ini menggunakan sensor Passive Infrared (PIR) untuk mendeteksi keberadaan manusia dan NodeMCU sebagai mikrokontroler pengendali lampu. Hasil penelitian menunjukkan penurunan konsumsi energi pencahayaan hingga 40% dalam satu bulan operasional, serta peningkatan kenyamanan pengguna karena lampu menyala otomatis saat dibutuhkan.

Zulkifli dalam penelitian “Rancang Bangun Sistem Reservasi dan Monitoring Proses Laundry Berbasis IoT dengan Komunikasi” merancang sistem penerangan otomatis untuk skala rumah tangga. Sistem bekerja dengan mendeteksi gerakan manusia di dalam ruangan menggunakan sensor PIR yang terhubung ke mikrokontroler Arduino. Hasilnya, penerapan teknologi sederhana ini efektif dalam mengurangi konsumsi energi listrik secara signifikan dan memperpanjang umur lampu.

Khasbianta Supriadi melalui penelitian “Sistem Kontrol Gas Ammonia (NH₃) Kandang Ayam dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things (IoT)” juga mengembangkan sistem smart lighting untuk area publik seperti koridor dan kamar mandi. Sistem ini memanfaatkan sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan manusia dan menyalakan lampu hanya saat ada aktivitas. Pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi energi, terutama pada area yang sering dibiarkan menyala meskipun tidak digunakan.

Malik Ibrahim dalam studi “Rancang Bangun Rumah Pintar (Smart Home) Berbasis Internet of Things (IoT)” menyempurnakan sistem smart lighting

dengan fitur pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui internet. Selain sensor PIR, sistem juga menggunakan sensor cahaya (LDR) untuk mengatur intensitas pencahayaan sesuai kondisi lingkungan. Penggunaan IoT memungkinkan pemantauan status lampu dan konsumsi energi secara real-time melalui aplikasi smartphone. Hasil penelitian membuktikan bahwa kombinasi sensor PIR, LDR, dan IoT memberikan kontrol yang fleksibel dan efisien.

Yahya, Suharningsih dalam penelitian “Rancang Bangun Sistem Pengaturan Penerangan Ruangan Berbasis Mikrokontroler” menunjukkan bahwa penerapan smart lighting di ruang kelas sekolah dasar dapat menurunkan pemakaian listrik hingga 35%. Sistem dirancang agar lampu menyala ketika ada aktivitas, dan mati otomatis setelah dua menit tanpa gerakan. Selain itu, sistem juga memperpanjang umur lampu karena frekuensi penggunaan yang lebih rendah.

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa sistem penerangan otomatis berbasis sensor kehadiran memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan kenyamanan pengguna. Penelitian ini akan mengembangkan sistem serupa dengan pendekatan yang lebih optimal, khususnya untuk bangunan tertutup dengan tingkat aktivitas variatif.

3. METODE PENELITIAN

Pengujian sistem penerangan otomatis berbasis sensor kehadiran ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja prototipe dalam mendeteksi keberadaan manusia, mengontrol nyala dan mati lampu secara otomatis, serta mengukur potensi penghematan energi yang dihasilkan dibandingkan sistem penerangan konvensional.

Pengujian dilakukan pada sebuah ruangan tertutup dengan luas $\pm 3 \text{ m}^2$ untuk memudahkan pengamatan terhadap respon sensor dan perilaku sistem secara keseluruhan. Prototipe yang diuji terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno, sensor PIR (Passive Infrared) sebagai pendeteksi gerakan, dan LED sebagai representasi lampu penerangan. Rangkaian dihubungkan dengan breadboard untuk mempermudah proses pengujian dan modifikasi.

Variabel utama yang menjadi fokus pengujian meliputi waktu respon sensor PIR dalam mendeteksi pergerakan, durasi penyalaan lampu setelah deteksi, akurasi deteksi kehadiran, serta konsumsi energi listrik yang digunakan ketika sistem otomatis dioperasikan. Untuk mendukung pengukuran ini, digunakan stopwatch untuk mengukur waktu respon, power meter untuk menghitung konsumsi daya listrik, serta laptop dengan perangkat lunak Arduino IDE sebagai alat pemantauan data keluaran sensor.

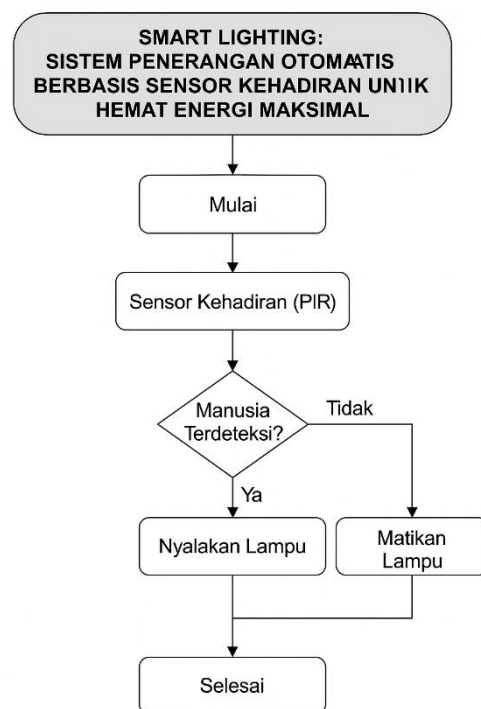
Proses pengujian dilakukan dengan beberapa skenario, antara lain: ruangan dalam kondisi kosong tanpa aktivitas, seseorang memasuki ruangan, aktivitas bergerak di dalam ruangan, serta kondisi ketika

seseorang meninggalkan ruangan. Selain itu, dilakukan perbandingan konsumsi energi antara sistem otomatis dan sistem manual dengan durasi pengujian yang sama untuk memperoleh data penghematan energi.

Selama pengujian, setiap hasil dicatat secara teliti, termasuk waktu respon sensor, lama lampu menyala, tingkat kesalahan deteksi, dan data penggunaan daya. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui apakah sistem telah memenuhi kriteria keberhasilan, yaitu waktu respon kurang dari atau sama dengan dua detik, akurasi deteksi minimal 95%, serta potensi penghematan energi sebesar 30% atau lebih dibandingkan dengan penggunaan lampu manual.

Hasil dari pengujian ini diharapkan memberikan gambaran yang jelas tentang keandalan dan efektivitas sistem dalam mendukung efisiensi energi, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk implementasi skala nyata pada bangunan rumah tangga atau perkantoran.

3.1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Berikut adalah penjelasan flowchart Smart Lighting berbasis sensor kehadiran:

- Mulai**
Proses dimulai ketika sistem smart lighting diaktifkan.
- Sensor Kehadiran (PIR)**
Sistem memanfaatkan sensor Passive Infrared (PIR) untuk mendeteksi keberadaan manusia atau pergerakan di area yang dipantau. Sensor PIR bekerja dengan mendeteksi perubahan radiasi inframerah yang dihasilkan oleh tubuh manusia.

- c. Pengecekan Kehadiran Manusia Sistem memeriksa apakah ada manusia yang terdeteksi:
- Jika terdeteksi (Ya) → Lampu akan menyala otomatis.
 - Jika tidak terdeteksi (Tidak) → Lampu akan dimatikan secara otomatis.
- d. Lampu Menyala atau Mati Proses pengendalian lampu dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual,

- sehingga mengurangi potensi pemborosan energi ketika ruangan tidak digunakan.
- e. Selesai

Sistem terus melakukan siklus ini selama diaktifkan, sehingga setiap perubahan kondisi kehadiran akan selalu terpantau dan direspon secara otomatis.

Dengan mekanisme ini, sistem smart lighting dapat menghemat energi listrik secara signifikan karena lampu hanya menyala ketika ada aktivitas manusia di area tersebut.

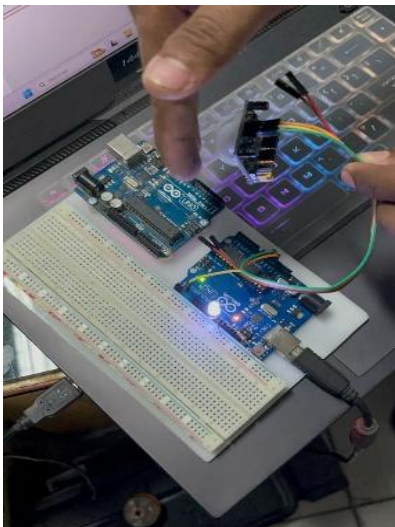
3.2. Contoh Tabel

Tabel 1. Modul Penelitian

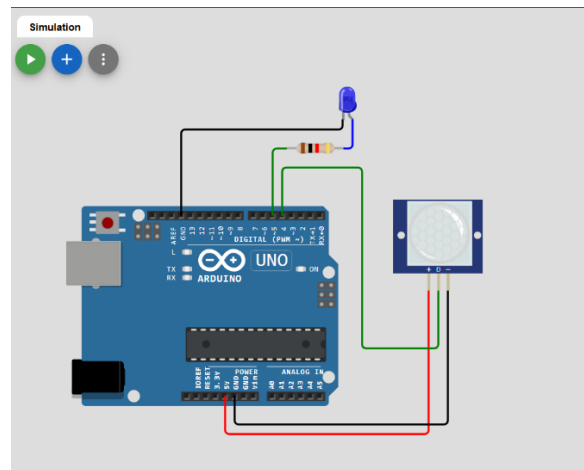
Komponen	Fungsi	Keterangan Pemasangan
Arduino Uno	Sebagai pusat pengendalian yang memproses sinyal dari sensor PIR dan mengontrol lampu LED	Terhubung ke komputer atau catu daya eksternal melalui port USB.
Sensor PIR	Mendeteksi pergerakan manusia berdasarkan perubahan radiasi inframerah	VCC → 5V Arduino, GND → GND Arduino, OUT → Pin Digital 2 Arduino
LED	Sebagai Indikator lampu yang menyala saat gerakan terdeteksi	Anoda (kaki Panjang) → Resistor → Pin Digital 10 Arduino, Katoda (kaki pendek) → GND
Resistor 220Ω	Mengurangi arus yang masuk ke LED agar tidak rusak.	Dipasang di jalur anoda LED sebelum ke pin digital Arduino.
Kabel Jumper	Menghubungkan antar komponen sesuai dengan rancangan sirkuit.	Disusun sesuai diagram wiring agar aliran listrik dan sinyal berjalan dengan baik

3.3. Rangkaian Prototipe

Gambar menunjukkan implementasi prototipe sistem Smart Lighting berbasis sensor kehadiran yang dirancang menggunakan platform Arduino Uno. Rangkaian ini bertujuan untuk menguji mekanisme deteksi gerakan manusia yang kemudian mengendalikan sistem penerangan secara otomatis.



Gambar 2. Rangkain Prototipe



Gambar 3. Desain Alat Arduino

3.4. Desain Alat

Sistem Smart Lighting ini dirancang untuk menyalakan lampu secara otomatis saat mendeteksi keberadaan manusia dan mematikannya ketika ruangan kosong. Alat ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengendalian, sensor PIR (Passive Infrared) untuk mendeteksi gerakan manusia, serta LED sebagai simulasi lampu penerangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian membuktikan bahwa penggunaan sensor PIR dalam sistem smart lighting mampu memberikan efisiensi energi yang signifikan. Respon cepat sensor memungkinkan lampu menyala hanya ketika diperlukan, menghilangkan pemborosan energi yang umum terjadi ketika lampu dibiarkan menyala meskipun ruangan kosong. Tingkat akurasi sebesar 96% juga menunjukkan bahwa sensor PIR cukup andal digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia dalam ruangan.

Penghematan energi sebesar 35% menunjukkan bahwa penerapan sistem ini dapat mengurangi biaya listrik dan mendukung upaya konservasi energi. Selain itu, penerapan teknologi ini meningkatkan kenyamanan pengguna karena tidak memerlukan intervensi manual untuk menyalakan atau mematikan lampu. Kesalahan deteksi yang kecil dapat diatasi

dengan penyesuaian sensitivitas sensor atau penggunaan sensor tambahan seperti LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya alami.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sistem penerangan otomatis berbasis sensor dapat mengurangi konsumsi listrik

secara signifikan. Penerapan lebih lanjut dapat mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) sehingga pengendalian dan pemantauan dapat dilakukan secara jarak jauh, meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Tabel 2. Pengujian

No	Skenario Pengujian	Kondisi Ruang	Respon Lampu	Waktu Respon(Detik)	Konsumsi Daya	Keterangan
1	Lampu otomatis ON saat ada orang	Gelap	Menyala	0,8 Detik	15 Wat	Sensor PIR berfungsi optimal
2	Lampu tetap OFF saat tidak ada orang	Gelap	Mati	-	0 Watt	Menghemat energi secara penuh
3	Lampu otomatis OFF setelah 30 detik tanpa deteksi Gerakan	Terang	Mati	30 Detik	0 Watt	Sesuai pengaturan delay
4	Lampu tidak menyala di siang hari meskipun ada orang	Terang	Mati	-	0 Watt	Sensor LDR bekerja dengan baik
5	Lampu ON saat pencahayaan rendah dan ada Gerakan	Redup	Menyala	1,0 Detik	18 Watt	Kombinasi PIR + LDR efektif

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian awal prototipe ini dapat disimpulkan bahwa integrasi sensor PIR dengan mikrokontroler Arduino Uno dapat berfungsi dengan baik sebagai sistem deteksi kehadiran sederhana untuk otomatisasi penerangan. Rangkaian yang ditunjukkan pada gambar masih dalam tahap pengembangan awal dan berpotensi untuk diperluas, misalnya dengan penambahan modul relay untuk mengendalikan lampu AC berdaya lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Te Lee, L. B. Chen, H. M. Chu, C. J. Hsieh, and W. C. Liang, "An Internet of Things (IoT)-Based Master-Slave Regionalized Intelligent LED-Light-Controlling System," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12010420.
- [2] M. Ferdiansyah, P. Putra, L. Nurlaela, J. T. Elektro, and F. Teknik, "Mengoptimalkan Penerangan Otomatis Dengan Lampu Sensor Inframerah Berbasis Arduino R3," *Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl HS. Ronggo Waluyo*, vol. 10, no. 1, p. 641177, 2024.
- [3] M. Ibrahim and B. Sugiarto, "Rancang Bangun Rumah Pintar (Smart Home) Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2023, doi: 10.29408/jit.v6i1.5365.
- [4] P. Sistem et al., "Perancangan Sistem Lampu Otomatis Berbasis Sensor Ultrasonik Dan Arduino Sebagai Solusi Efisien Untuk Penghematan Energi," *Agustus*, vol. 23, pp. 394–401, 2024, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jis/index>
- [5] S. Purwanto, "Pengembangan Sistem Pengaturan Suplai Beban (Ats) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Berbasis Mikrokontroler," *KILAT*, vol. 10, no. 2, pp. 261–271, Oct. 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i2.1310.
- [6] G. Aldo Riyadi and R. Munadi, "Implementation and Analysis of Smart Lamp Using Android Application Based on Internet Of Things," 2020.
- [7] S. Rifka, R. Dewi, A. A. Adila, and P. Negeri Padang, "Workshop Pembuatan Smart Lamp Berbasis Internet of Things (IoT) Bagi Siswa SMK Negeri 8 Padang," 2024.
- [8] R. Rinto et al., "Pemasangan Lampu Sistem Otomatis Berbasis Photocell dan Sensor Gerak di Jembatan Dermaga Nelayan RT 26 Kelurahan Manggar Baru," *Abdimas Universal*, vol. 6, no. 2, pp. 287–294, Jun. 2024, doi: 10.36277/abdimasuniversal.v6i2.446.
- [9] M. Fakhriy Najib, M. Mei Ahsan Nur, V. Mikhael David Pratama, K. Ollyvie Jolanda, F. Siti Fatimah, and R. Susanto, "Sistem Lampu Otomatis Berbasis Sensor HC-SR04 Pada Rumah Tradisional," pp. 18–2024.
- [10] R. R. De Oliveira, M. F. Soares, A. S. De Souza, and K. De Castro Gomes, "Methodology to Control IoT Smart Devices Driven by Digital TV Video Scene," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 27806–27815, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3257856.
- [11] S. Telsang et al., "Smart Lamp with Integrated Voice Assistant," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 12, no. 6, pp. 999–1004, Jun. 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.63252.
- [12] "The Implementation of NodeMCU_ESP8266 fo".
- [13] S. Khemakhem and L. Krichen, "A comprehensive survey on an IoT-based smart public street lighting system application for smart cities," *Franklin Open*, vol. 8, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.fraope.2024.100142