

Implementasi Sistem Pengendali On-Off Jarak Jauh PJU Berbasis IoT

Nasrullah^{1*}, Jefri Lianda², Hikmatul Amri³, Adam⁴, Khairudinsyah⁵

¹Fakultas Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Indonesia

^{2,3,4,5}Fakultas Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Indonesia

*nasrullah.020903@gmail.com

Abstrak: Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu fasilitas publik yang berperan penting dalam meningkatkan keamanan, keselamatan, dan kenyamanan masyarakat pada malam hari. Namun, pengoperasian PJU secara manual masih memiliki beberapa kelemahan, seperti kurang efisien dalam pengendalian, membutuhkan tenaga operator, serta menyulitkan proses pemantauan ketika terjadi gangguan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pengendali on-off PJU jarak jauh berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan penerangan jalan. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 NodeMCU sebagai pusat kendali, modul relay sebagai penghubung beban lampu, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring dan pengendalian melalui smartphone. Metode penelitian meliputi tahap perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, implementasi sistem, dan pengujian kinerja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan kondisi lampu PJU secara real-time melalui jaringan internet dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% pada setiap perintah ON dan OFF selama koneksi internet tersedia. Selain itu, sistem juga dapat menampilkan status lampu secara langsung pada aplikasi sehingga memudahkan proses monitoring dari lokasi yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian, implementasi sistem pengendali on-off PJU berbasis IoT dapat menjadi solusi yang efektif, efisien, dan fleksibel dalam pengelolaan penerangan jalan umum, serta berpotensi mendukung pengembangan konsep smart city melalui penerapan teknologi Internet of Things.

Kata kunci: pengendalian jarak jauh, mikrokontroler NodeMCU, sistem monitoring, otomatisasi penerangan, Internet of Things (IoT).

Abstract: The advancement of Internet of Things (IoT) technology has enabled the development of smart systems for controlling and monitoring public infrastructure, including Public Street Lighting (PSL). This study presents the implementation of an IoT-based remote on-off control system designed to improve the efficiency and flexibility of street lighting management. The proposed system employs an ESP32 NodeMCU microcontroller as the control unit, a relay module to switch the lighting load, and the Blynk application to provide a user-friendly interface for remote operation and monitoring through a smartphone. The research was carried out through hardware and software design, system integration, and functional performance testing. Experimental results demonstrated that the developed system responded successfully to all ON and OFF commands transmitted over the internet, achieving a 100% success rate under stable network conditions. In addition, users were able to monitor the operational status of the street lights in real-time, allowing faster and more efficient management from remote locations. The implementation results indicate that the proposed IoT-based control system provides a practical, reliable, and cost-effective solution for modern public street lighting management while supporting the realization of smart city infrastructure.

Keywords: remote control system, NodeMCU microcontroller, real-time monitoring, street lighting automation, Internet of Things (IoT).

Pendahuluan

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu infrastruktur yang memiliki peranan penting dalam meningkatkan keamanan, keselamatan, dan kenyamanan masyarakat, terutama pada malam hari. Keberadaan PJU mampu meningkatkan visibilitas pengguna jalan, mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas, serta meminimalkan potensi tindak kriminal di lingkungan publik. Namun, pada berbagai daerah sistem pengoperasian PJU masih dilakukan secara manual atau menggunakan timer konvensional sehingga kurang fleksibel, membutuhkan biaya operasional

yang lebih besar, dan berpotensi menyebabkan pemborosan energi listrik apabila lampu tetap menyala pada kondisi yang tidak diperlukan (Saputra & Surapati, 2024).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah memberikan solusi dalam sistem monitoring dan pengendalian perangkat elektronik secara jarak jauh melalui jaringan internet. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, setiap perangkat dapat saling berkomunikasi dan bertukar data secara real-time, sehingga proses monitoring dan pengendalian dapat dilakukan menggunakan smartphone dari lokasi yang berbeda. Penerapan IoT juga mampu meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat proses pengawasan, serta mendukung digitalisasi infrastruktur menuju konsep **smart city** (Ashari et al., 2024).

Salah satu implementasi IoT yang banyak dikembangkan adalah sistem pengendali Penerangan Jalan Umum berbasis mikrokontroler. Penggunaan ESP32 sebagai pusat kendali memberikan keunggulan berupa konektivitas Wi-Fi yang terintegrasi, konsumsi daya yang rendah, serta kemudahan dalam proses pemrograman. Selain itu, aplikasi Blynk menyediakan antarmuka yang sederhana sehingga pengguna dapat melakukan monitoring dan pengendalian lampu secara real-time melalui smartphone selama perangkat terhubung dengan jaringan internet (Espressif Systems, 2023).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT pada sistem penerangan jalan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan infrastruktur publik. Sistem monitoring dan pengendalian yang dikembangkan dapat menampilkan kondisi lampu secara langsung, mempercepat proses pengoperasian, serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Selain itu, sistem berbasis IoT juga memberikan kemudahan dalam proses monitoring dan pengendalian dari lokasi yang berbeda sehingga lebih praktis dibandingkan sistem konvensional (Nisrina et al., 2023).

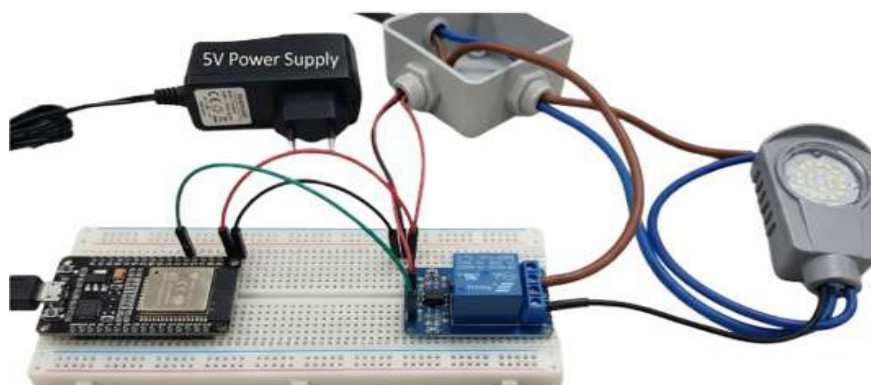
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem pengendali ON-OFF jarak jauh Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32, modul relay, dan aplikasi Blynk. Sistem yang dirancang diharapkan mampu melakukan monitoring dan pengendalian lampu secara real-time, memiliki waktu respons yang cepat, serta meningkatkan efisiensi pengoperasian PJU. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi dalam mendukung pengembangan sistem penerangan jalan yang lebih modern, efektif, efisien, dan mendukung konsep **smart city** (Domínguez-Bolaño et al., 2024).

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan rancang bangun sistem pengendali on-off jarak jauh Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep Internet of Things

(IoT), sistem pengendalian Penerangan Jalan Umum (PJU), mikrokontroler ESP32, modul relay, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring dan pengendalian. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem, modul relay 1 channel sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik menuju lampu PJU, adaptor 5 V sebagai sumber catu daya ESP32, breadboard sebagai media perakitan rangkaian, serta lampu AC yang digunakan sebagai simulasi Penerangan Jalan Umum. Sistem juga memanfaatkan jaringan Wi-Fi sebagai media komunikasi data antara ESP32 dengan aplikasi Blynk sehingga memungkinkan proses pengendalian dilakukan dari jarak jauh menggunakan smartphone yang terhubung ke internet.

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan pengujian sistem untuk mengetahui kemampuan alat dalam mengendalikan kondisi on dan off lampu PJU melalui jaringan internet. Perintah yang diberikan melalui aplikasi Blynk dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 melalui koneksi Wi-Fi, kemudian diproses untuk mengaktifkan atau menonaktifkan modul relay. Relay selanjutnya bekerja sebagai saklar otomatis yang menghubungkan atau memutus aliran listrik menuju lampu sehingga lampu dapat menyala atau padam sesuai perintah pengguna. Selain melakukan pengendalian, sistem juga menampilkan status lampu secara real-time pada aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau kondisi lampu dari lokasi yang berbeda. Hasil pengujian kemudian dianalisis berdasarkan keberhasilan pengiriman perintah, waktu respons sistem, kestabilan koneksi internet, serta keandalan alat dalam mengendalikan lampu PJU secara jarak jauh.



Gambar 1. Rancangan Hardware

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kinerja sistem pengendali On-Off Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT). Analisis dilakukan dengan menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperjelas hubungan antara perintah yang diberikan melalui aplikasi Blynk dengan respons sistem dalam mengendalikan lampu PJU. Data yang dianalisis meliputi status koneksi ESP32 ke jaringan Wi-

Fi, keberhasilan pengiriman perintah ON dan OFF, waktu respons sistem, serta kondisi lampu setelah menerima perintah dari pengguna. Selain itu, status perangkat yang ditampilkan pada aplikasi Blynk digunakan untuk mengevaluasi kestabilan komunikasi data antara mikrokontroler ESP32 dan platform IoT selama proses pengujian.

Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi jaringan internet untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengendalikan lampu PJU secara jarak jauh. Ketika pengguna menekan tombol ON pada aplikasi Blynk, mikrokontroler ESP32 menerima perintah melalui jaringan Wi-Fi dan mengaktifkan modul relay sehingga lampu PJU menyala. Sebaliknya, ketika tombol OFF dipilih, ESP32 menonaktifkan relay sehingga aliran listrik ke lampu terputus dan lampu padam. Seluruh proses tersebut dipantau secara real-time melalui aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lampu secara langsung dari lokasi yang berbeda.

Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam menerima dan menjalankan perintah, kecepatan respons relay terhadap perintah pengguna, serta kestabilan komunikasi data melalui jaringan internet. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap keandalan sistem selama pengoperasian berulang untuk memastikan bahwa lampu PJU dapat dikendalikan secara konsisten tanpa mengalami kegagalan fungsi. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam menarik kesimpulan mengenai performa sistem pengendali On-Off PJU berbasis IoT, serta efektivitas penerapan teknologi Internet of Things dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan penerangan jalan umum, mempermudah proses monitoring, dan mendukung pengembangan sistem smart city.

Hasil dan Pembahasan

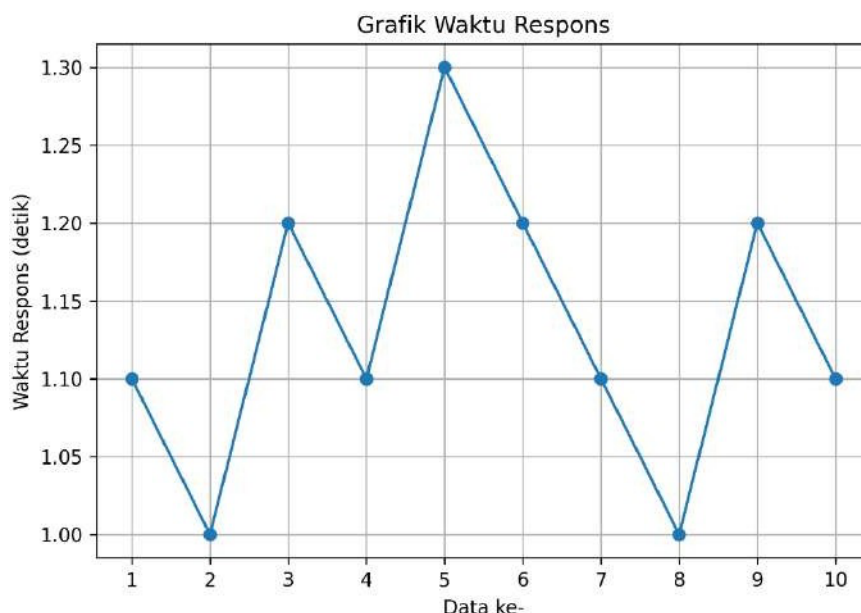
Berdasarkan hasil pengujian sistem pengendali On-Off Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT), sistem mampu bekerja dengan baik dalam mengendalikan lampu PJU secara jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Selama proses pengujian, mikrokontroler ESP32 berhasil terhubung dengan jaringan Wi-Fi dan menerima setiap perintah ON maupun OFF yang dikirimkan melalui aplikasi Blynk. Perintah tersebut kemudian diproses oleh ESP32 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan modul relay sehingga lampu PJU dapat menyala dan padam sesuai dengan perintah yang diberikan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada sepuluh kali percobaan, seluruh perintah yang dikirim melalui aplikasi Blynk berhasil dieksekusi oleh sistem dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Waktu respons sistem berada pada kisaran 1,0–1,3 detik, yang menunjukkan bahwa komunikasi data antara aplikasi Blynk, jaringan internet, dan mikrokontroler ESP32 berlangsung dengan baik. Selain itu, status lampu PJU dapat ditampilkan secara real-time pada aplikasi sehingga pengguna dapat memantau kondisi lampu dari lokasi yang berbeda tanpa harus datang langsung ke lokasi pemasangan.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, implementasi sistem pengendali On-Off PJU berbasis

IoT terbukti mampu meningkatkan efisiensi dalam pengoperasian penerangan jalan umum. Penggunaan teknologi Internet of Things memungkinkan proses monitoring dan pengendalian dilakukan secara cepat, mudah, dan fleksibel melalui smartphone selama perangkat terhubung ke jaringan internet. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan memiliki kinerja yang baik, respons yang cepat, serta berpotensi diterapkan sebagai solusi modern dalam pengelolaan Penerangan Jalan Umum guna mendukung penghematan energi dan pengembangan konsep smart city.

Tabel 1. Hasil Pengujian sistem pengendali On-Off PJU Berbasis IoT

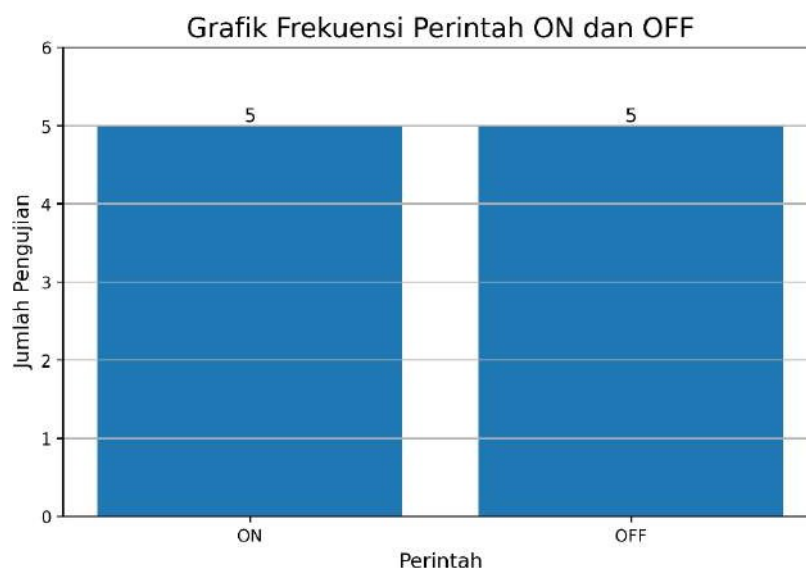
No.	Waktu penguji	Status WI-FI	Perintah Blynk	Status Relay	Kondisi Lampu PJU	Waktu Respons	Hasil
1	08.00 WIB	Terhubung	ON	Aktif	Menyala	1,1	Berhasil
2	09.00 WIB	Terhubung	OFF	Nonaktif	Padam	1,0	Berhasil
3	10.00 WIB	Terhubung	ON	Aktif	Menyala	1,2	Berhasil
4	11.00 WIB	Terhubung	OFF	Nonaktif	Padam	1,1	Berhasil
5	12.00 WIB	Terhubung	ON	Aktif	Menyala	1,3	Berhasil
6	13.00 WIB	Terhubung	OFF	Nonaktif	Padam	1,2	Berhasil
7	14.00 WIB	Terhubung	ON	Aktif	Menyala	1,1	Berhasil
8	15.00 WIB	Terhubung	OFF	Nonaktif	Padam	1,0	Berhasil
9	16.00 WIB	Terhubung	ON	Aktif	Menyala	1,2	Berhasil
10	17.00 WIB	Terhubung	OFF	Nonaktif	Padam	1,1	Berhasil



Gambar 2. Grafik waktu Respons

Pada Gambar 2, grafik waktu respons menunjukkan bahwa sistem pengendali On-Off Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT) memiliki waktu respons yang relatif stabil pada setiap proses pengujian. Waktu respons sistem berada pada kisaran 1,0 hingga 1,3 detik untuk setiap perintah yang dikirim melalui aplikasi Blynk. Pada pengujian pertama, waktu respons tercatat sebesar 1,1 detik, kemudian berubah menjadi 1,0 detik pada pengujian kedua. Selanjutnya, waktu respons meningkat menjadi 1,2 detik pada pengujian ketiga, kembali menjadi 1,1 detik pada pengujian keempat, dan mencapai nilai tertinggi yaitu 1,3 detik pada pengujian kelima. Pada pengujian berikutnya, waktu respons kembali berada pada kisaran 1,0–1,2 detik, sehingga menunjukkan bahwa sistem bekerja secara konsisten selama proses pengujian.

Stabilnya waktu respons selama pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data antara aplikasi Blynk, jaringan Wi-Fi, mikrokontroler ESP32, dan modul relay berlangsung dengan baik. Perbedaan waktu respons yang relatif kecil dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet pada saat proses pengiriman data. Meskipun terjadi sedikit variasi waktu respons, seluruh perintah ON maupun OFF berhasil diterima dan dieksekusi oleh sistem tanpa mengalami kegagalan, sehingga lampu PJU dapat menyala dan padam sesuai dengan perintah yang diberikan oleh pengguna. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dan pengendalian lampu PJU secara real-time melalui aplikasi Blynk. Status lampu dapat ditampilkan secara langsung pada aplikasi sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lampu dari lokasi yang berbeda selama perangkat terhubung ke jaringan internet. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, sistem pengendali On-Off PJU berbasis IoT memiliki tingkat keberhasilan pengendalian sebesar 100%, dengan waktu respons yang cepat dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi pengoperasian Penerangan Jalan Umum, mempermudah proses monitoring jarak jauh, serta berpotensi diterapkan sebagai solusi pendukung pengelolaan infrastruktur smart city.

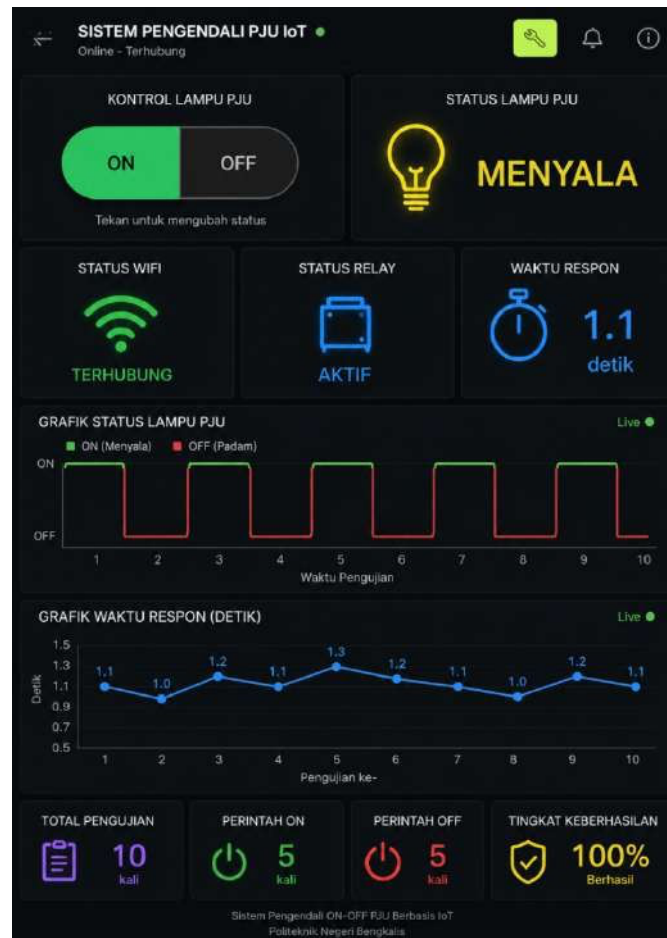


Gambar 3. Grafik Frekuensi perintah ON-OFF

Grafik frekuensi perintah ON dan OFF menunjukkan bahwa jumlah perintah yang dikirim selama proses pengujian memiliki distribusi yang seimbang. Berdasarkan hasil pengujian, perintah ON dikirim sebanyak 5 kali, sedangkan perintah OFF juga dikirim sebanyak 5 kali. Pengujian dilakukan secara bergantian untuk memastikan bahwa sistem mampu menjalankan kedua fungsi pengendalian dengan baik. Pada setiap pengujian, perintah yang dikirim melalui aplikasi Blynk berhasil diterima oleh mikrokontroler ESP32 dan diteruskan ke modul relay sehingga lampu PJU dapat menyala maupun padam sesuai dengan perintah yang diberikan.

Kesetaraan jumlah perintah ON dan OFF selama pengujian menunjukkan bahwa sistem telah diuji secara proporsional pada kedua kondisi operasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kinerja sistem saat menyalakan maupun mematikan lampu PJU. Seluruh proses pengendalian berlangsung secara normal dengan waktu respons yang relatif stabil, sehingga komunikasi data antara aplikasi Blynk, jaringan Wi-Fi, mikrokontroler ESP32, dan modul relay dapat berjalan dengan baik selama proses pengujian. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem Internet of Things (IoT) yang dirancang mampu melakukan pengendalian lampu PJU secara real-time dan andal. Status lampu dapat dipantau langsung melalui aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lampu dari lokasi yang berbeda selama perangkat terhubung ke jaringan internet. Dengan demikian, implementasi sistem pengendali On-Off PJU berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi pengoperasian, mempermudah proses monitoring dan pengendalian jarak jauh, serta memiliki tingkat keandalan yang tinggi untuk diterapkan pada sistem Penerangan Jalan Umum.

Hasil monitoring melalui platform Internet of Things (IoT) menunjukkan bahwa sistem pengendali ON-OFF Penerangan Jalan Umum (PJU) mampu menampilkan status lampu, status koneksi Wi-Fi, status relay, serta waktu respons sistem secara real-time. Data yang ditampilkan merupakan hasil pemrosesan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan dan pengendalian lampu PJU dari jarak jauh menggunakan smartphone. Selain itu, sistem mampu menerima dan mengeksekusi setiap perintah ON maupun OFF dengan baik melalui jaringan internet, serta menampilkan perubahan kondisi lampu secara langsung pada dashboard monitoring. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memiliki tingkat keberhasilan pengendalian sebesar 100% dengan waktu respons berkisar antara 1,0 hingga 1,3 detik pada kondisi jaringan yang stabil. Dengan demikian, sistem pengendali ON-OFF PJU berbasis IoT yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi pengoperasian, mempermudah proses monitoring dan pengendalian jarak jauh, serta mendukung penerapan teknologi smart city dalam pengelolaan penerangan jalan umum.



Gambar 4. Hasil tampilan Sistem Monitoring

Selama proses pengujian, sistem pengendali ON-OFF Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan kinerja yang baik dalam melakukan monitoring dan pengendalian lampu secara real-time dan berkelanjutan. Dashboard monitoring menampilkan informasi berupa status lampu PJU, status koneksi Wi-Fi, status relay, waktu respons sistem, serta grafik hasil pengujian yang diperbarui secara langsung. Berdasarkan hasil pengujian, mikrokontroler ESP32 mampu menerima setiap perintah ON dan OFF yang dikirim melalui aplikasi Blynk dengan baik, kemudian memproses perintah tersebut untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay sehingga kondisi lampu berubah sesuai perintah pengguna. Selama sepuluh kali pengujian, waktu respons sistem berada pada kisaran 1,0 hingga 1,3 detik dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki respons yang cepat dan mampu bekerja secara konsisten selama proses pengujian.

Dashboard monitoring yang dikembangkan mampu menampilkan informasi secara terintegrasi berupa status lampu PJU (Menyala/Padam), status koneksi Wi-Fi (Terhubung), status relay (Aktif/Nonaktif), waktu respons sistem, grafik perubahan status lampu, grafik waktu respons, jumlah perintah ON dan OFF, serta persentase keberhasilan pengujian. Seluruh data yang ditampilkan merupakan hasil komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dan platform Internet of

Things (IoT) melalui jaringan internet. Selama proses pengujian tidak ditemukan keterlambatan yang signifikan dalam pengiriman maupun penerimaan data, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lampu PJU serta melakukan pengendalian dari lokasi yang berbeda secara real-time menggunakan smartphone. Dengan demikian, sistem pengendali ON-OFF PJU berbasis IoT yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi pengoperasian penerangan jalan umum, mempermudah proses monitoring dan pengendalian jarak jauh, serta mendukung penerapan teknologi Internet of Things dalam pengembangan sistem penerangan jalan yang lebih modern, efektif, dan andal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem pengendali ON-OFF Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik menggunakan mikrokontroler ESP32, modul relay, jaringan Wi-Fi, dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring serta pengendalian. Sistem mampu menerima dan mengeksekusi setiap perintah ON maupun OFF yang dikirim melalui aplikasi secara real-time, sehingga pengguna dapat mengendalikan kondisi lampu PJU dari lokasi yang berbeda selama perangkat terhubung dengan jaringan internet.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keberhasilan pengendalian sebesar 100% pada sepuluh kali percobaan dengan waktu respons berkisar antara 1,0 hingga 1,3 detik. Selain itu, dashboard IoT mampu menampilkan status lampu, status koneksi Wi-Fi, status relay, serta grafik hasil pengujian secara langsung sehingga memudahkan proses monitoring kondisi sistem. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara aplikasi Blynk dan mikrokontroler ESP32 berlangsung dengan baik dan stabil selama proses pengujian. Dengan demikian, sistem pengendali ON-OFF PJU berbasis IoT yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi pengoperasian penerangan jalan umum, mempermudah monitoring dan pengendalian jarak jauh, serta memiliki keandalan yang baik untuk mendukung penerapan teknologi Internet of Things dalam pengelolaan infrastruktur penerangan jalan menuju konsep smart city.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Laboratorium Simulasi Tenaga Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis dan ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan dukungan finansial pada penelitian ini.

Referensi

Aditya, L., & Harahap, A. R. (2024). Rancang bangun penerangan jalan umum untuk mengatasi kondisi berkabut menggunakan sensor LDR dan sensor kabut berbasis ESP32. *Jurnal Elektro*, 12(1).

- Ashari, W. M., Kuswanto, J., Asharudin, F., Putra, A. D., & Nurcholis, M. T. (2024). Prototype sistem monitoring lampu penerangan jalan umum menggunakan Zigbee dan ESP32. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(1).
- Asry, A. I., Lutfi, L., Umar, A., & Ahmad, R. (2024). Monitoring system for traffic light lamp damage using Blynk application based on IoT ESP32. *Jurnal Teknologi Transportasi dan Logistik*, 5(1), 59–66.
- Bohara, B., Maharjan, S., & Shrestha, B. R. (2020). *IoT based smart home using Blynk framework*. arXiv.
- Blynk Inc. (2024). *Blynk IoT platform documentation*. Blynk Inc.
- Chowdhury, A. T. M. M., Sultana, J., & Sourav, M. S. U. (2022). *IoT-based efficient streetlight controlling, monitoring and real-time error detection system in major Bangladeshi cities*.
- Domínguez-Bolaño, T., Campos, O., Barral, V., Escudero, C. J., & García-Naya, J. A. (2024). *An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects*.
- Espressif Systems. (2023). *ESP32 series datasheet*. Espressif Systems.
- IEEE. (2021). *IEEE standard for an architectural framework for the Internet of Things (IoT)*. IEEE Standards Association.
- International Telecommunication Union. (2023). *Internet of Things (IoT): Global standards initiative*. International Telecommunication Union.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2022). *Pedoman efisiensi energi pada penerangan jalan umum*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Nisrina, B. G., Hartono, H., & Julaihah, S. (2023). Design of monitoring solar public street lighting (PJUTS) with LoRa ESP32 network based on Internet of Things (IoT). *Proceedings of ICATEAS*, 2(1), 210–216.
- Reziqna, A. R., & Yuwono, T. (2025). Perancangan sistem penerangan jalan umum tenaga surya menggunakan timer RTC berbasis ESP32 di Jalan Kampung Sarirejo. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(3), 31875–31882.
- Saputra, T., & Surapati, U. (2024). Analisis efektivitas sistem kendali otomatis PJU berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan metode regresi linier. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(3), 2582–2595.
- Yazid, Y. A. M., & Permana, R. A. (2023). Prototipe monitoring lampu jalan otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 dan API Bot Telegram. *Jurnal Teknik Informatika*, 9(2), 57–62.