

Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Penerbangan Jalan Komplek Perumahan Poltekbang Medan Berbasis *Internet of Things*

Mikhael Jordan Simanjuntak¹, Liber Tommy Hutabarat², Muhammad. Iqbal³

e-mail: ¹mikhaeljordansimanjuntak10@gmail.com, ²limasodara@gmail.com, ³miqbal@polmed.ac.id

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Medan, Medan, Indonesia

ABSTRACT

Street lighting plays a vital role in ensuring safety and comfort for road users at night. However, the lighting system in Poltekbang Medan Housing Complex is still operated manually without remote monitoring, leading to potential energy waste and inefficiency. This study aims to design an Internet of Things (IoT)-based street lighting monitoring and control system that enables real-time supervision via smartphone. The research method includes literature review, hardware and software design, and system testing. The main components are the ESP32 microcontroller, PZEM-004T sensor for electrical parameter measurement, and relay module for lamp control, integrated with the Blynk application through Wi-Fi connection. Test results show that the system can accurately display electrical data and respond well to control commands, with measurement deviations remaining within acceptable tolerance. The measured lighting intensity of 84 lux closely matches the calculated value of 85.2 lux and complies with the Indonesian National Standard (SNI) for secondary local roads. Therefore, the system is considered feasible as it enhances energy efficiency, accelerates fault handling, and improves safety and comfort through real-time remote monitoring and control.

Keywords: Steet Lighting, IoT, ESP32, Remote Monitoring, Energy Efficiency.

ABSTRAK

Lampu penerangan jalan berperan penting dalam meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan pada malam hari. Namun, sistem penerangan di Komplek Perumahan Politeknik Penerbangan Medan masih dioperasikan manual tanpa pemantauan jarak jauh, sehingga berpotensi boros energi dan kurang efisien. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring dan kontrol penerangan jalan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengawasan *real-time* melalui smartphone. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan lunak, serta pengujian sistem. Komponen utama sistem adalah mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T untuk membaca parameter listrik, dan modul relay sebagai pengendali lampu, yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menampilkan data kelistrikan dengan akurat serta merespons perintah kontrol secara baik, dengan selisih hasil perhitungan dan pengukuran masih dalam batas toleransi. Intensitas pencahayaan terukur sebesar 84 lux, mendekati hasil perhitungan 85,2 lux dan sesuai standar SNI untuk jalan lokal sekunder. Dengan demikian, sistem dinilai layak karena dapat meningkatkan efisiensi energi, mempercepat penanganan gangguan, serta mendukung keamanan dan kenyamanan lingkungan melalui kontrol dan monitoring jarak jauh.

Kata kunci: Penerangan Jalan, IoT, ESP32, Pemantauan Jarak Jauh, Efisiensi Energi.

1. Pendahuluan

Jalan merupakan bagian vital dari prasarana transportasi yang mendukung mobilitas masyarakat serta distribusi barang dan jasa. Dalam pemanfaatannya, keberadaan penerangan jalan umum (PJU) menjadi elemen penting karena berfungsi meningkatkan jarak pandang pengguna jalan, meminimalkan risiko kecelakaan, serta menciptakan rasa aman dan nyaman, terutama pada malam hari. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerangan jalan yang baik dapat menurunkan tingkat kecelakaan lalu lintas sekaligus meningkatkan aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat di malam hari (Dharma et al., 2025).

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7391:2008 telah menetapkan tingkat pencahayaan minimum untuk jalan lokal sekunder sebesar 2–5 lux. Namun, berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, jalan



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

di Komplek Perumahan Poltekbang Medan tercatat memiliki intensitas pencahayaan 0 lux. Kondisi ini menunjukkan tidak adanya penerangan aktif di area jalan, sehingga tidak memenuhi standar minimum yang dipersyaratkan (Efendi & Andriawan, 2023). Kekurangan pencahayaan tersebut meningkatkan potensi terjadinya risiko keamanan, tindak kriminal, serta kecelakaan ringan seperti tersandung atau terjatuh akibat permukaan jalan yang tidak terlihat jelas (Satrio et al., 2024).

Selain itu, permasalahan umum dalam pengelolaan PJU seringkali terkait dengan sistem operasi manual, jarak antar tiang yang tidak merata, pemilihan lampu yang tidak sesuai standar, serta distribusi cahaya yang tidak optimal (Satrio et al., 2024). Kondisi ini membuat pencahayaan jalan menjadi tidak efisien, boros energi, serta sulit diawasi. Untuk menjawab tantangan tersebut, dibutuhkan sistem penerangan modern yang hemat energi, menggunakan lampu LED berumur panjang, serta mampu memberikan distribusi cahaya merata sesuai standar teknis.

Sebagai solusi, teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat diterapkan untuk membangun sistem monitoring dan kontrol penerangan jalan. Melalui IoT, kondisi kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya dapat dipantau secara *real-time*, sementara pengendalian lampu dapat dilakukan jarak jauh melalui jaringan internet. Dengan demikian, pembangunan sistem penerangan berbasis IoT di Komplek Perumahan Poltekbang Medan menjadi langkah tepat untuk meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan estetika lingkungan permukiman.

2. METODE

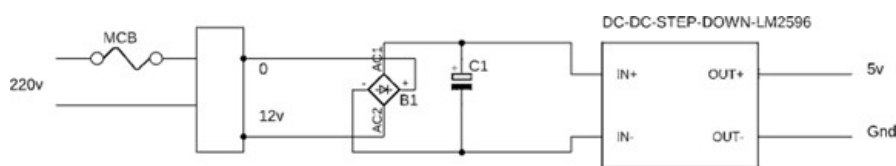
Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan eksperimental (Scribbr, 2025). Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur yang mencakup kajian standar penerangan jalan (SNI 7391:2008), teknologi *Internet of Things* (IoT), serta pemanfaatan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk. Studi literatur ini menjadi dasar dalam menentukan rancangan sistem monitoring dan kontrol penerangan jalan. Setelah itu dilakukan perancangan perangkat keras yang terdiri dari instalasi dan perakitan komponen utama, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, modul relay, *power supply*, LM2596, serta lampu LED 220V sebagai beban. Rangkaian ini dirancang agar ESP32 dapat membaca parameter kelistrikan melalui sensor sekaligus mengendalikan lampu dengan modul *relay*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Instalasi Perangkat Keras

Instalasi perangkat keras dilakukan dengan merangkai seluruh komponen utama sistem secara terstruktur dan sesuai fungsi. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam instalasi perangkat keras:

1. Rangkaian *Power Supply* 12V dengan LM2596

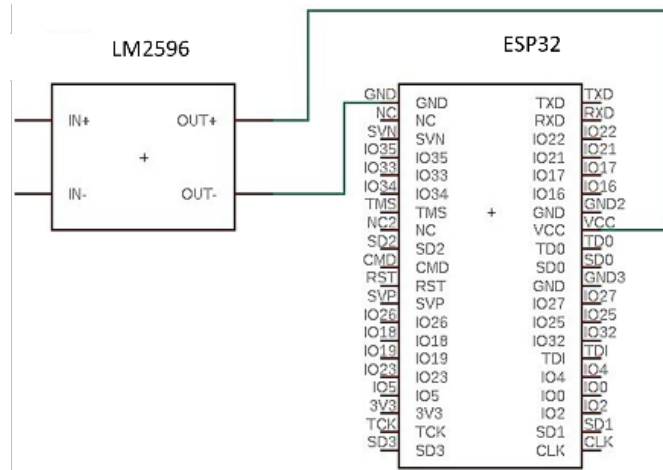


Gambar 1. Rangkaian *Power Supply* 12V dengan LM2596

Tegangan AC 220V dari sumber listrik pertama-tama diturunkan oleh trafo *step down* menjadi tegangan AC yang lebih rendah. Tegangan AC rendah ini kemudian masuk ke dioda *bridge* untuk disearahkan menjadi DC. Setelah itu, kapasitor meredam riak dan menstabilkan tegangan DC tersebut. Tegangan DC yang sudah lebih halus ini kemudian dialirkan ke modul LM2596 untuk diturunkan menjadi 5V yang stabil.

2. Rangkaian LM2596 dengan Pin ESP32

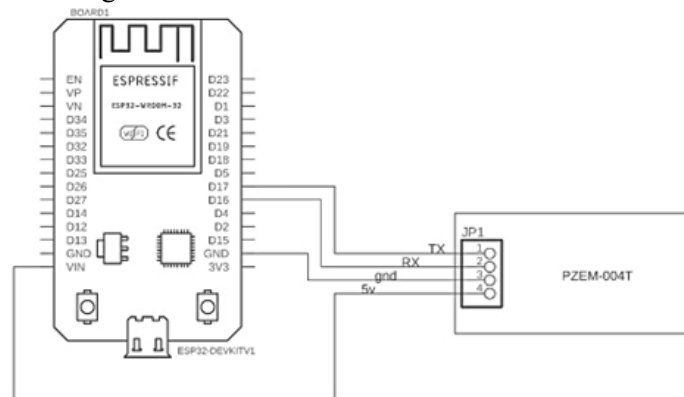




Gambar 2. Rangkaian LM2596 dengan ESP32

Tegangan DC sekitar 12V masuk ke *input* modul LM2596. Di dalam LM2596, tegangan ini diolah menggunakan prinsip *buck converter* yang mengatur siklus kerja (*duty cycle*) melalui saklar transistor berfrekuensi tinggi. Energi yang dilewatkan ke *inductor* dan *capacitor* ini kemudian menghasilkan tegangan DC yang lebih rendah dan stabil, yaitu 5V pada bagian *output*.

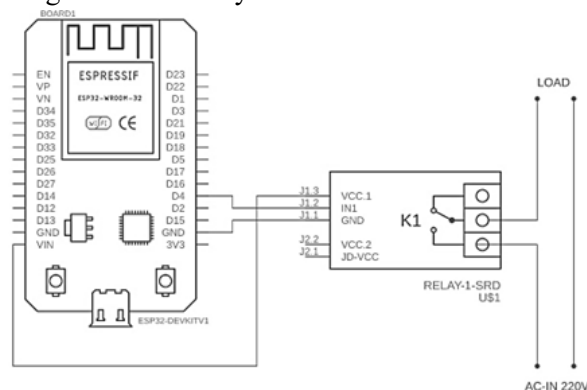
3. Rangkaian Pin ESP32 dengan PZEM-004T



Gambar 3. Rangkaian ESP32 dengan PZEM-004T

ESP32 terhubung dengan modul sensor PZEM-004T melalui komunikasi serial (TX dan RX) untuk membaca parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi. PZEM-004T mengambil data langsung dari sumber listrik melalui rangkaian pengukur internalnya, kemudian mengirimkan data tersebut dalam bentuk digital ke ESP32.

4. Rangkaian Pin ESP32 dengan Modul Relay



Gambar 4. Rangkaian ESP32 dengan Modul Relay

ESP32 terhubung dengan modul *relay* melalui pin *output* digital yang berfungsi sebagai pengendali sakelar elektronik. Saat ESP32 mengirimkan sinyal logika *HIGH* atau *LOW* ke modul relay, maka relay akan berpindah posisi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik ke beban, seperti lampu penerangan jalan.

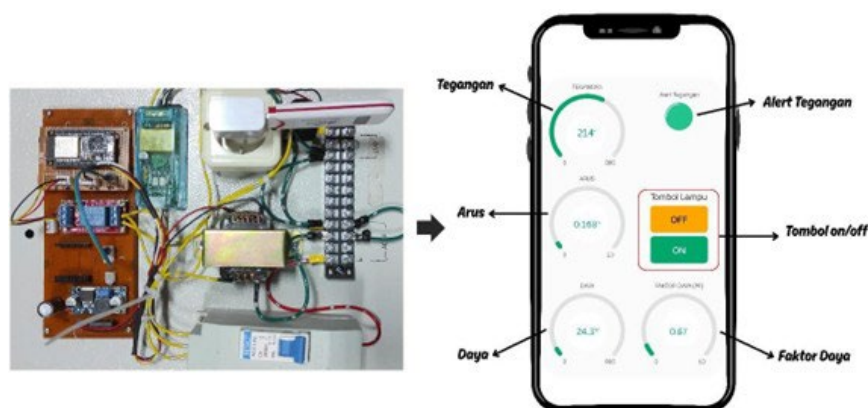
Instalasi Perangkat Lunak

Instalasi perangkat lunak dilakukan untuk mendukung proses pemrograman dan monitoring sistem, yaitu dengan mengatur koneksi antara ESP32 dengan jaringan Wi-Fi dan platform Blynk, membaca parameter kelistrikan dari sensor PZEM-004T, serta mengendalikan relay secara nirkabel melalui aplikasi Blynk. Langkah yang dapat dilakukan untuk inisialisasi perangkat lunak yaitu sebagai berikut:

1. Koneksi ESP32 ke Blynk dan Wi-Fi, dimana ESP32 dihubungkan ke internet melalui Wi-Fi dan disinkronkan dengan aplikasi Blynk menggunakan *template ID*, *token autentikasi*, SSID, dan password. Perintah `Blynk.begin(...)` digunakan untuk inisialisasi.
2. Inisialisasi Sensor PZEM-004T, sensor PZEM004T dihubungkan melalui komunikasi UART2 pada ESP32. Library `PZEM004Tv30.h` digunakan, dengan konfigurasi pin TX 16 dan RX 17 untuk membaca parameter listrik.
3. Kontrol Relay via Aplikasi Blynk, relay dikendalikan dari Blynk menggunakan *Virtual Pin V3*. Perintah `digitalWrite` menentukan kondisi ON/OFF relay, sehingga lampu penerangan bisa dimatikan atau dinyalakan secara jarak jauh.
4. Pembacaan Parameter Listrik, sensor PZEM membaca nilai tegangan, arus, dan daya. Data ditampilkan ke *Serial Monitor* dengan perintah `Serial.print(...)` untuk kebutuhan debugging.
5. Pengiriman Data ke Blynk, nilai tegangan, arus, dan daya dikirimkan ke dashboard Blynk secara *real-time* melalui *Virtual Pin* (V0, V1, V2), sehingga pengguna dapat memantau kondisi listrik langsung dari aplikasi.
6. Uji Coba Program, setelah kode di-*upload* ke ESP32, sistem diuji. Hasil menunjukkan lampu dapat dikontrol dan dimonitor lewat *smartphone*. Data listrik (tegangan, arus, daya, frekuensi, dan faktor daya) tampil *real-time* di *Serial Monitor*, dengan indikator “AMAN” bila tegangan normal.

Sinkronisasi Perangkat Keras dan Aplikasi

Sinkronisasi perangkat keras dan aplikasi merupakan tahap penting dalam memastikan bahwa sistem monitoring dan kontrol Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis IoT dapat berjalan secara terintegrasi dan sesuai dengan fungsinya. Pada tahap ini, seluruh komponen perangkat keras seperti ESP32, sensor PZEM-004T, modul relay, dan *power supply* dihubungkan dan dikonfigurasi agar dapat berkomunikasi dengan aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi.



Gambar 5. Sinkronisasi Perangkat Keras dengan Aplikasi Blynk

Pengujian Sistem Catu Daya

Pengujian ini bertujuan memastikan aliran daya dari *power supply* rakitan 12V ke ESP32 melalui modul LM2596 berjalan normal. Pengujian yang dilakukan ada dua yaitu Pengujian Tegangan *Input*



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

dan *Output* pada *Power Supply*. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa tegangan listrik yang masuk ke trafo (*Power Supply*) adalah 220V AC, sesuai dengan standar tegangan listrik PLN di Indonesia. Tegangan ini menjadi dasar agar trafo dapat melakukan proses penurunan tegangan dengan benar.

Tabel 1. Pengujian Tegangan *Input* dan *Output Power Supply*

Parameter	Tegangan (V)	Hasil Pengukuran Multimeter (V)	Keterangan
Tegangan <i>Input</i>	220 V (AC)	215 V (AC)	Standar
Tegangan <i>Output</i>	12 V (AC)	11.92 V (AC)	Standar

Berdasarkan pengujian pada *input* trafo (*power supply*) pada Tabel 1, tegangan yang seharusnya bernilai 220V tercatat sebesar 215V berdasarkan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi tegangan yang diperbolehkan di Indonesia, yaitu $\pm 10\%$ dari tegangan nominal (198V – 242V). Meskipun demikian, tegangan ini termasuk ke dalam kategori sedikit di bawah standar nominal, yang dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti jauh dari gardu distribusi atau beban berlebih pada jaringan distribusi. Tegangan *output* trafo (*power supply*) sebesar 11,92V AC, sedikit lebih rendah dari nilai teoritis yaitu 12V AC. Selisih sebesar 0,08V masih berada dalam batas toleransi pengukuran, sehingga dapat disimpulkan bahwa trafo berfungsi dengan baik dan mampu menyediakan tegangan *output* yang mendekati nilai nominal.

Pengujian Arus dan Tegangan Lampu Penerangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai arus yang dikonsumsi oleh lampu penerangan secara *real-time* menggunakan sensor PZEM-004T yang terhubung ke mikrokontroler.

Tabel 2. Pengujian Arus Lampu Penerangan

No.	Parameter	Nilai Perhitungan (A)	Hasil Pengukuran Multimeter (A)	Blynk	Keterangan
1	Lampu dalam kondisi baik	$I = \frac{\rho}{V \cos \phi}$ $= \frac{30}{220 \times 0.85}$ $= 0.16 \text{ A}$	0.11 A	0.168 A	Lampu menyala
2	Lampu dalam kondisi rusak	$I = \frac{\rho}{V \cos \phi}$ $= \frac{30}{220 \times 0.85}$ $= 0 \text{ A}$	0 A	0 A	Lampu rusak

Tabel 3. Pengujian Tegangan Lampu Penerangan

No.	Parameter	Nilai Perhitungan (V)	Hasil Pengukuran Multimeter (V)	Blynk	Keterangan
1	Lampu dalam kondisi baik	$V = \frac{\rho}{I \cos \phi}$ $= \frac{30}{0.16 \times 0.85}$ $= 220.5 V$	214.4 V	214 V	Standar

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan nilai arus antara perhitungan teoritis yaitu 0,16 A, multimeter sebesar 0,11 A, dan aplikasi Blynk bernilai 0,168 A akibat keterbatasan multimeter dalam membaca arus pada beban LED. Selisih tersebut masih dalam batas toleransi sehingga tidak memengaruhi kinerja sistem. Selain itu, saat lampu rusak atau tidak terhubung, sistem menampilkan arus, daya, dan faktor daya nol, yang membuktikan kemampuannya mendeteksi anomali beban secara *real-time* dan memberikan informasi akurat terkait kondisi operasional lampu.

Pengujian Daya Lampu Penerangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar daya yang dikonsumsi oleh lampu penerangan. melalui aplikasi secara langsung. Berikut ini data pengujian lampu penerangan:

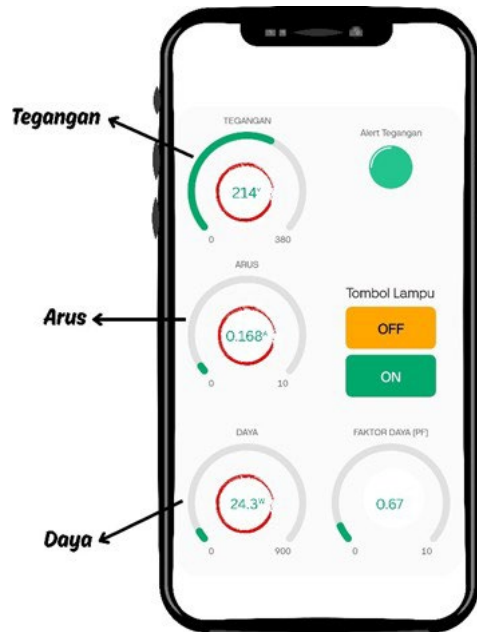
Tabel 4. Pengujian Daya Lampu Penerangan

No.	Parameter	Nilai perhitungan (W)	Hasil Pengukuran Wattmeter (W)	Blynk (W)
1	Daya Lampu Penerangan	$P = VI \cos \phi$ $= 220 \times 0.16 \times 0.85$ $= 29.92 W$	25 Watt	24,3 Watt

Hasil pengujian pada Tabel 4 menunjukkan adanya perbedaan daya antara perhitungan teoritis sebesar 29,92 Watt, pengukuran langsung 25 Watt, dan monitoring melalui Blynk 24,3 Watt. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor daya yang berbeda, yaitu 0,85 pada perhitungan dan 0,67 pada hasil monitoring. Selain itu, penggunaan lampu LED sebagai beban non-linier menyebabkan arus dan tegangan tidak linier sehingga efisiensi daya menurun dan pembacaan menjadi kurang stabil. Akurasi sensor arus dan tegangan dalam sistem monitoring juga turut memengaruhi hasil pengukuran daya yang terpantau.

Pengujian Kontrol Lampu Penerangan

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sistem dapat mengontrol kondisi nyala dan mati lampu penerangan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk. Kontrol dilakukan menggunakan perintah digital yang dikirim dari aplikasi ke mikrokontroler melalui koneksi WiFi.



Gambar 6. Tampilan Monitoring Arus, Tegangan, dan Daya Lampu di Aplikasi

Tabel 5. Pengujian Kontrol Lampu Penerangan

No.	Kondisi Jaringan	Perintah dari Aplikasi	Respon Lampu	Waktu Respon (s)	Status Pengujian	Jarak (m)
1	Stabil	ON	Menyala	1	Berhasil	5 m
2	Stabil	OFF	Mati	1	Berhasil	10 m
3	Lemah	ON	Menyala	3	Berhasil	5 m
4	Lemah	OFF	Mati	4	Berhasil	10 m
5	Terputus	ON	Tidak Respon	—	Gagal	5 m

Pengujian Fluks Cahaya dan Iluminasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya (fluks cahaya) dan seberapa terang cahaya tersebut jatuh pada suatu permukaan (iluminasi).

1. Pengujian Fluks Cahaya

Pengujian ini mengukur total cahaya yang dipancarkan lampu ke segala arah, dinyatakan dalam satuan lumen.

Tabel 6. Pengujian Fluks Cahaya

Perhitungan	Spesifikasi
$\Phi = K \times P$ $\Phi = 120 \times 30$ $\Phi = 3600$ lumen	3000 lumen

Perbedaan terjadi karena hasil perhitungan merupakan nilai teoritis maksimum, sedangkan spesifikasi pabrik mencantumkan nilai rata-rata aktual yang sudah mempertimbangkan efisiensi dan faktor kerugian optik.

2. Pangujian Iluminasi Cahaya

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem penerangan jalan menghasilkan intensitas pencahayaan sebesar 85,2 lux, yang berada di atas kisaran 20–50 lux sesuai rekomendasi SNI 7391:2008 untuk jalan lokal sekunder. Meskipun demikian, standar tersebut menetapkan nilai 20–50 lux sebagai rata-rata pencahayaan, sehingga intensitas di atas 50 lux masih diperbolehkan selama tidak menimbulkan silau dan distribusi cahaya tetap merata. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan nilai 84 lux, mendekati hasil perhitungan dan menandakan bahwa sistem berfungsi optimal sesuai rancangan. Selisih antara hasil perhitungan dan pengukuran dipengaruhi faktor lingkungan, seperti pantulan cahaya, kondisi permukaan jalan, serta toleransi alat ukur.

SIMPULAN

Rancangan sistem monitoring dan kontrol penerangan berbasis *Internet of Things* yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan dengan sangat baik, ditunjukkan oleh berfungsinya perangkat keras dan aplikasi yang saling terintegrasi melalui koneksi Wi-Fi dan platform Blynk pada *smartphone*. Sistem penerangan jalan ini mampu mengatasi kondisi gelap pada malam hari di Komplek Perumahan Politeknik Penerbangan Medan, sehingga meningkatkan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Hasil pengukuran intensitas pencahayaan sebesar 84 lux membuktikan bahwa sistem mampu memberikan pencahayaan yang memadai sesuai kebutuhan lingkungan. Selain itu, fitur yang ada pada monitoring berbasis IoT memungkinkan pengguna memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya secara real-time melalui aplikasi Blynk, sehingga mempermudah deteksi dini gangguan serta identifikasi kondisi abnormal tanpa harus melakukan pemeriksaan langsung ke lokasi.

REFERENSI

- [1] Adani, M. F., dkk. (2020). Journal of Control and Network Systems. *Journal of Control and Network Systems*, 5(1), 119–125.
- [2] Adi, W. (2020). Sistem Kendali Dan Monitoring Peralatan Elektronik Berbasis Nodemcu Esp8266 Dan Aplikasi Blynk. *Electrans*, 4(3), 3–11.
- [3] Adjie, Mohammad. 2015. Perencanaan Instalasi Penerangan Rumah Tinggal. *Jurnal Teknik Elektro*, 7-9.
- [4] Berliana, N. (2021). Sistem perancangan smart PJU berbasis *internet of things*.
- [5] Dhingra, A., & Gupta, M. (2021). "A Survey of IoT and its Applications: From Smart Homes to Industrial IoT." *International Journal of Computer Applications*.
- [6] Ilham, M. R. (2020). Rancang Bangun Pengendali Tegangan Catu Daya Terprogram Berbasis Mikrokontroler. *Politeknik Negeri Sriwijaya*, 8(33), 44.
- [7] Nugraha, S. (2020). *Pengendalian Inverter Full Bridge Satu Fasa Secara Wireless Berbasis Arduino*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Jawa Barat, Indonesia.
- [8] Pandelaki, S., dkk (2023). Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis *Internet of Things*. *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer*, 5(1), 4–10. [9] Adjie, Mohammad. 2015. Perencanaan Instalasi Penerangan Rumah Tinggal. *Jurnal Teknik Elektro*, 7-9.
- [10] Rahmadi. (2020). *Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Desain Rumah Tinggal*. *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 10(2), 61–66.
- [11] Standar Nasional Indonesia 04-0227. (2003). Tegangan Standar. *Tegangan Standar*, (391), 5.
- [12] Standar Nasional Indonesia 7391. (2008). Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan (Standar Nasional Indonesia 7391 :2008). *Sni 7391:2008*, 1–52.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.