



Sistem Monitoring dan Kontrol Lampu Jalan Berbasis Komunikasi Many-to-One dan One-to-Many dengan Modul NRF24L01

Muhammad Asdar Rustan^{1*}, A. Abd. Jabbar², Muhammad Zainal³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

*Email : muh.asdar200019@gmail.com

Abstract: Public Street Lighting (PSL) plays an important role in supporting safety, security, and comfort for road users. Therefore, an effective monitoring and control system is required to improve energy efficiency and facilitate lamp condition monitoring. This study aims to design and develop a street lighting monitoring and control system based on many-to-one and one-to-many communication using the NRF24L01 PA LNA module. The system consists of one master node and five slave nodes equipped with Photodiode sensors to detect ambient light intensity and BH1750 sensors to monitor lamp conditions. This research employed an applied research method with an experimental approach through system design, implementation, and testing. The results showed that the system successfully performed data communication between the master node and slave nodes effectively. The BH1750 sensor achieved an average error of 7.27% with an accuracy of 92.73%, while the Photodiode sensor was able to detect changes in ambient light intensity effectively. The NRF24L01 PA LNA module achieved a communication range of up to 103 meters with delays ranging from 2.41 ms to 20.42 ms. The system was also capable of real-time lamp condition monitoring and both automatic and manual lamp control. Based on the test results, the proposed system operated according to the research objectives and is feasible to be implemented as an efficient and centralized street lighting monitoring and control solution.

Keyword : Street Lighting; Monitoring; Control, Many-to-One; One-to-Many.

1. PENDAHULUAN

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu infrastruktur penting dalam mendukung keselamatan, keamanan, dan kenyamanan pengguna jalan, terutama pada malam hari. Pengelolaan PJU secara manual masih memiliki beberapa kendala, seperti pemborosan energi, keterlambatan dalam mengetahui kondisi lampu, serta kurangnya efisiensi dalam proses pengontrolan dan pemantauan (Maiya et al., 2026). Kondisi tersebut dapat menyebabkan lampu yang mengalami gangguan tidak segera diketahui dan proses perawatan menjadi kurang efektif. Selain itu, pengoperasian lampu yang tidak disesuaikan dengan kondisi lingkungan dapat menyebabkan penggunaan energi yang kurang optimal (Zainudin, 2025). Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat memantau kondisi lampu dan melakukan pengendalian secara lebih efisien dan terpusat (Purnomo & Hidayat, 2026).

Teknologi Internet of Things (IoT) dan komunikasi nirkabel dapat digunakan untuk membantu monitoring dan pengendalian PJU (Nrartha, 2021). Sensor BH1750 digunakan

untuk membaca intensitas cahaya, sedangkan ESP32 mengolah data dan mengendalikan lampu sesuai kondisi yang ditentukan (Ilham et al., 2026). Komunikasi NRF24L01 memungkinkan data kondisi lampu dikirimkan menuju pusat kontrol sehingga monitoring beberapa titik dapat dilakukan secara terpusat (A Abd Jabbar & Arisanti, 2023).

Pada penerapan beberapa titik lampu, konsep *many-to-one* memungkinkan beberapa *node* mengirimkan data menuju satu *master*, sedangkan *one-to-many* memungkinkan *master* mengirimkan perintah kepada beberapa *node* (Abotaleb, 2023). Dengan komunikasi tersebut, monitoring dan pengendalian lampu dapat dilakukan secara terpusat tanpa pemeriksaan langsung pada setiap titik.

Penelitian terdahulu oleh (Purnamasari, 2025) menunjukkan bahwa sensor cahaya BH1750 dapat digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dengan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan sensor konvensional seperti LDR. Penelitian tersebut menggunakan NodeMCU berbasis Wi-Fi untuk melakukan otomatisasi lampu berdasarkan intensitas cahaya. Selanjutnya, penelitian (Bano et al., 2024) menggunakan sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya dan menampilkan hasil pengukuran melalui LCD berbasis I2C. Namun, sistem tersebut masih terbatas pada pemantauan lokal dan belum menerapkan komunikasi antarperangkat untuk pengendalian beberapa titik. Penelitian (A Abd Jabbar & Arisanti, 2023) mengembangkan sistem kendali Penerangan Jalan Umum berbasis komunikasi two-way menggunakan NRF24L01 dan Arduino Pro Mini. Sistem tersebut menggunakan beberapa node dan satu pusat kontrol serta mampu mengirimkan data dari node menuju master dan menerima perintah dari master.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa BH1750 dapat digunakan untuk membaca intensitas cahaya, sedangkan NRF24L01 dapat digunakan sebagai media komunikasi antarperangkat. Namun, masih diperlukan pengembangan sistem yang mengintegrasikan kedua fungsi tersebut dengan ESP32 untuk monitoring dan kontrol beberapa titik PJU secara terpusat. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan kontrol PJU berbasis ESP32 menggunakan NRF24L01 dengan komunikasi *many-to-one* dan *one-to-many*.

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan kontrol PJU berbasis ESP32 dengan komunikasi *many-to-one* dan *one-to-many* menggunakan NRF24L01. Beberapa node mengirimkan data kondisi lampu dan intensitas cahaya menuju master, sedangkan master mengirimkan perintah pengendalian kepada node. Pengujian dilakukan untuk mengetahui fungsi sistem dan jarak komunikasi antara node dan master.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Parepare, Sulawesi Selatan, dengan lokasi uji coba pengambilan data dilakukan di universitas Muhammadiyah parepare. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Juni 2025 hingga, Maret 2026.

2.2 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*), karena penelitian meliputi perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring dan kontrol lampu jalan (Waruwu, 2024). Sistem menggunakan ESP32 dan NRF24L01 dengan komunikasi *many-to-one* dan *one-to-many* untuk menghubungkan beberapa *node* dengan *master*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui fungsi sistem dan jarak komunikasi antar-*node* dan *master*.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai komponen elektronik yang dirancang untuk membangun sistem monitoring dan kontrol penyiraman tanaman berbasis komunikasi *many-to-one* dan *one-to-many* menggunakan esp32. Komponen-komponen tersebut dirinci pada Tabel 1.

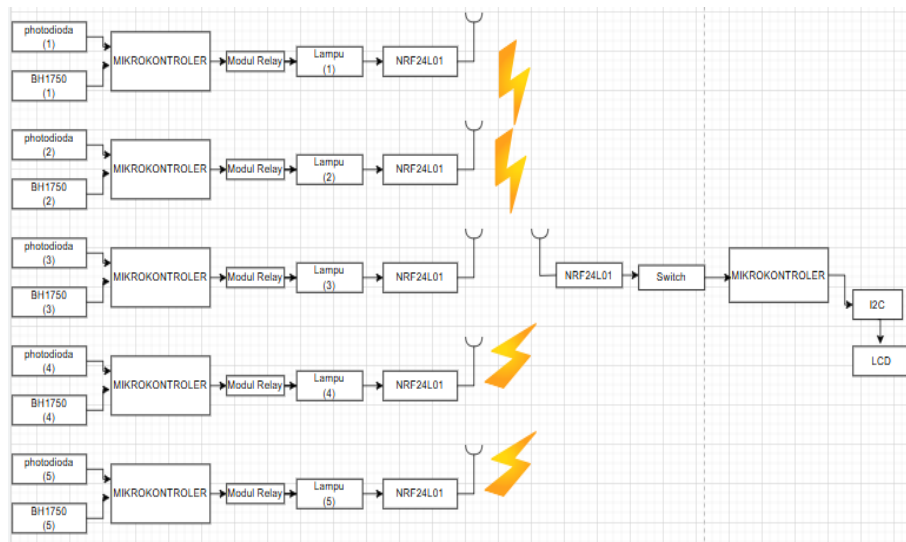
Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama Komponen	Spesifikasi / Fungsi
1	Arduino Pro Mini	Mikrokontroler sebagai pusat kendali pada node untuk mengolah data sensor dan mengendalikan lampu.
2	NRF24L01 PA LNA	Modul komunikasi nirkabel 2,4 GHz untuk mengirim dan menerima data antara node dan master.
3	Sensor BH1750	Sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya lingkungan sebagai dasar pengendalian lampu secara otomatis.
4	LCD 20 x 4	Menampilkan data hasil monitoring, seperti intensitas cahaya dan kondisi lampu secara <i>real-time</i> .
5	Lampu	Aktuator penerangan yang digunakan sebagai objek monitoring dan pengendalian sistem.
6	Relay	Berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghidupkan dan mematikan lampu berdasarkan perintah dari sistem.
7	Sensor Photodiode	Sensor untuk mendeteksi kondisi atau intensitas cahaya sebagai masukan dalam sistem pengendalian lampu.

2.4 Rancangan Sistem

Keterhubungan sistem yang terdiri atas satu node master sebagai pusat monitoring dan kontrol serta beberapa node slave sebagai unit pembacaan dan pengendalian lampu jalan. Setiap node slave menggunakan Arduino Pro Mini yang terhubung dengan sensor Photodiode dan BH1750 untuk membaca kondisi cahaya lingkungan dan intensitas cahaya lampu. Data hasil pembacaan dikirimkan menuju node master menggunakan modul NRF24L01 melalui komunikasi *many-to-one*. Selanjutnya, node master menerima dan menampilkan data ID node serta status lampu pada LCD 20×4. Berdasarkan data sensor atau perintah pengguna melalui push button, node master mengirimkan perintah pengendalian kepada beberapa node slave menggunakan komunikasi *one-to-many*.

Perintah tersebut diterima oleh node slave dan digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan lampu melalui modul relay.



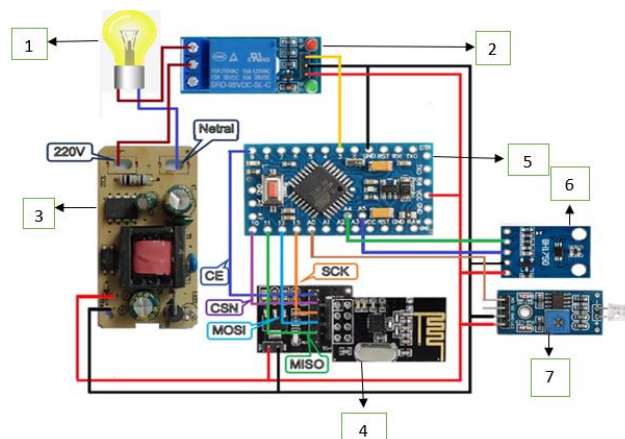
Gambar 1. Blok Diagram

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perancangan sistem terbagi atas dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras terdiri dari Arduino Pro mini, sensor *Photodiode*, Sensor BH1750, *relay*, dan NRF24L01 PA LNA.

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan sistem monitoring dan kontrol penyiraman tanaman ini, dilakukan integrasi antara Arduino Pro mini, sensor *Photodiode*, Sensor BH1750, *relay*, dan NRF24L01 PA LNA dan LCD 20x4.



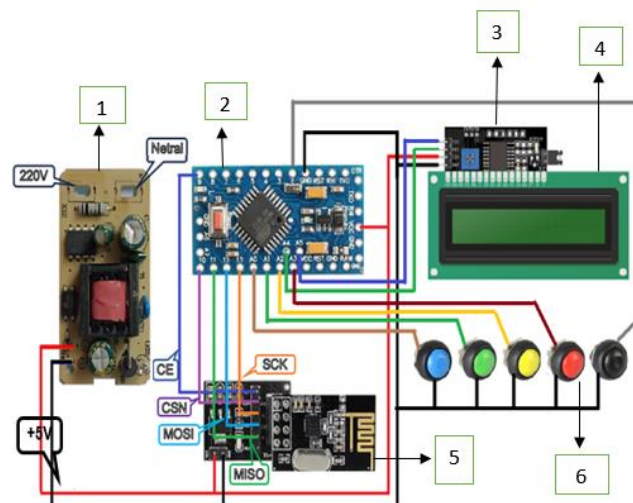
Keterangan : 1. Lampu, 2. Relay, 3. Adaptor daya, 4. NRF24L01 PA LN, 5. Arduino Pro Mini; 6. Sensor BH1750; 7. Sensor Photodiode

Gambar 2. Skema Rangkaian Node Slave



Gambar 3. Node Slave

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 ditunjukkan skema rangkaian *node slave* yang terdiri atas Arduino Pro Mini sebagai pusat pengolahan data, sensor Photodiode dan BH1750 sebagai masukan, modul NRF24L01 PA LNA sebagai media komunikasi, serta relay sebagai pengendali lampu jalan. Sensor Photodiode digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan sebagai dasar penentuan kondisi siang atau malam, sedangkan BH1750 digunakan untuk membaca intensitas cahaya lampu. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh Arduino Pro Mini dan dikirimkan ke *node master* melalui komunikasi nirkabel menggunakan NRF24L01. Selanjutnya, perintah dari *node master* diterima oleh Arduino Pro Mini untuk mengendalikan lampu melalui relay. Seluruh rangkaian memperoleh suplai daya dari adaptor, dengan NRF24L01 menggunakan tegangan 3,3 V melalui regulator AMS1117.



Keterangan : 1. Adaptor daya; 2. Arduino Pro Mini; 3. Inter-Integrated Circuit (I2C); 4. LCD; 5. NRF24L01 PA LNA; 6. Switch/Push Button

Gambar 4. Skema Rangkaian Node Master



Gambar 5. Node Master

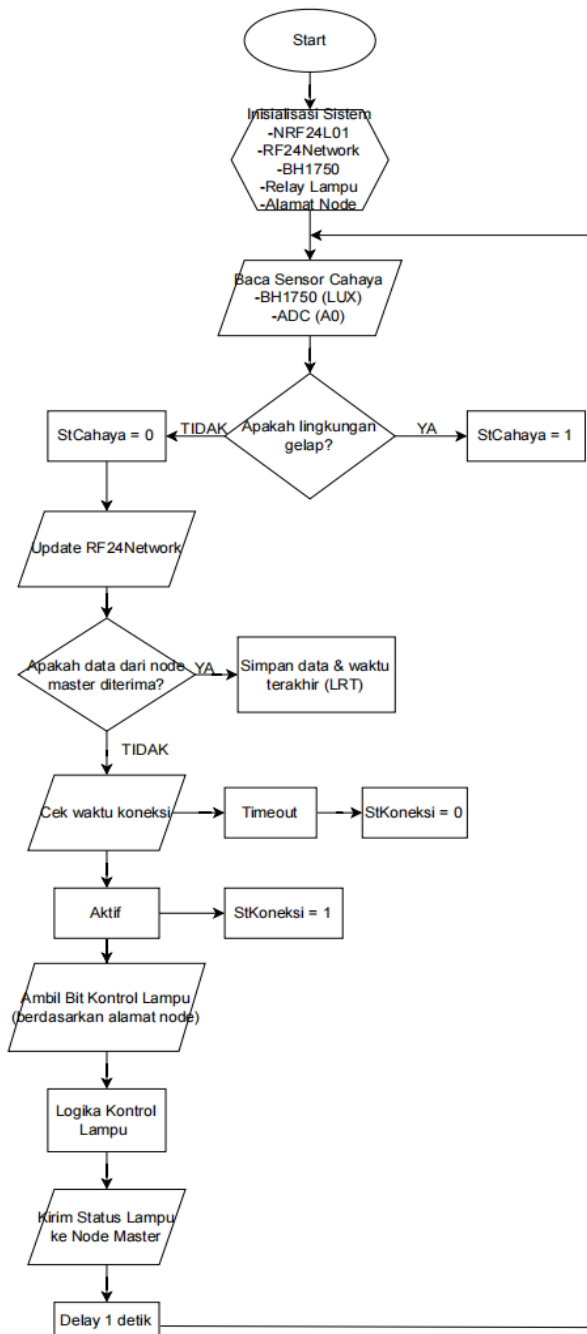
Pada Gambar 4 dan Gambar 5 ditunjukkan skema rangkaian *node master* yang terdiri atas Arduino Pro Mini, modul NRF24L01 PA LNA, LCD 20×4, dan *push button*. Data dari masing-masing *node slave* diterima oleh *node master* menggunakan komunikasi *many-to-one* dan ditampilkan pada LCD 20×4. Selanjutnya, perintah dari *push button* dikirimkan ke *node slave* melalui komunikasi *one-to-many* untuk mengontrol kondisi lampu jalan.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak bertujuan mengontrol dan memantau perangkat keras yang terhubung, seperti sensor Photodiode, BH1750, relay, dan LCD 20×4 melalui program pada mikrokontroler Arduino Pro Mini.

a. Diagram Alir (*Flowchart*) Node Slave

Node slave bekerja dalam membaca kondisi cahaya dan mengendalikan lampu jalan. Proses dimulai dengan inisialisasi sensor Photodiode, BH1750, relay, dan komunikasi NRF24L01. Sistem kemudian membaca kondisi cahaya lingkungan dan status lampu, lalu mengirimkan data tersebut ke *node master*. Berdasarkan kondisi cahaya dan perintah dari *node master*, relay akan mengaktifkan atau mematikan lampu. Selanjutnya, status lampu dikirimkan kembali ke *node master* sebagai data monitoring.

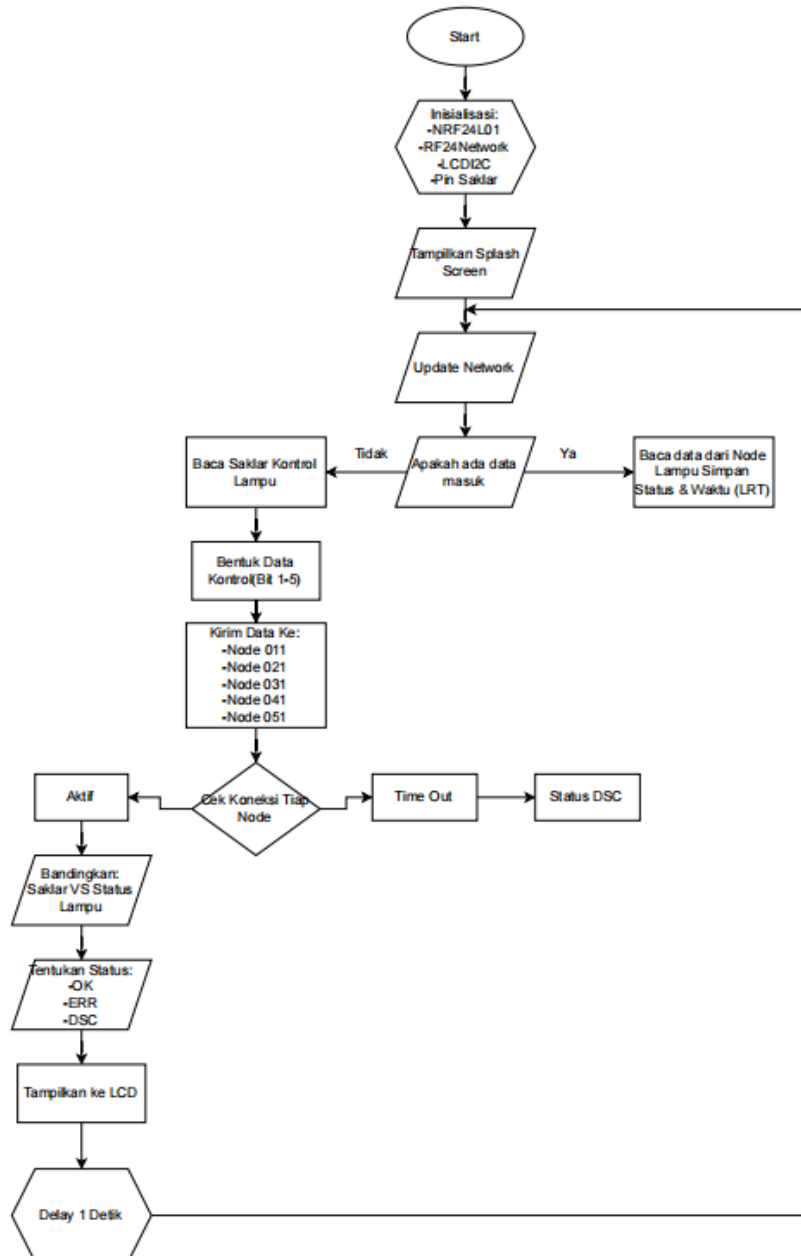


Gambar 6. Diagram Alir (*Flowchart*) Node Slave

b. Diagram Alir (*Flowchart*) Node Master

Node master bekerja dalam melakukan monitoring dan kontrol lampu jalan. Proses dimulai dengan inisialisasi NRF24L01, LCD I2C, dan *push button*. Sistem kemudian menerima data dari *node slave* dan menampilkan status lampu pada LCD. Berdasarkan input *push button*, *node master* mengirimkan perintah ON/OFF kepada *node slave* melalui komunikasi NRF24L01. Selanjutnya, sistem membandingkan perintah dengan

status lampu yang diterima untuk menentukan kondisi sistem, yaitu OK, ERR, atau DSC, kemudian menampilkannya pada LCD.



Gambar 7. Diagram Alir (Flowchart) Node Master

3.3 Pengujian Sensor BH1750

Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor BH1750 dalam membaca intensitas cahaya lampu. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi, yaitu saat lampu padam dalam ruangan gelap, saat lampu menyala dengan sensor diarahkan ke lampu, serta saat sensor ditutup. Nilai intensitas cahaya hasil pembacaan sensor

dicatat untuk menentukan kondisi lampu berdasarkan nilai lux. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor BH1750 dalam membaca perubahan intensitas cahaya berdasarkan kondisi lampu. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi lampu, yaitu padam, menyala, dan saat sensor ditutup. Setiap kondisi diamati berdasarkan nilai intensitas cahaya (lux) yang terbaca oleh sensor. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor BH1750

Jarak (cm)	Pembacaan Alat Ukur (Lux)	Pembacaan Sensor (Lux)	Error (%)
5	1570	1653	5.29
10	1050	1045	0.48
15	496	519	4.64
20	373	370	0.80
25	230	245	6.52
30	190	187	1.58
Rata-Rata Error (%)			3.22

3.4 Pengujian Sensor Photodiode

Pengujian sensor Photodiode dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi intensitas cahaya sebagai acuan pengendalian lampu. Sensor dihubungkan pada port analog Arduino Pro Mini sehingga menghasilkan nilai pembacaan dalam bentuk ADC (*Analog to Digital Converter*). Pengujian dilakukan pada kondisi cahaya yang berbeda, yaitu terang dan gelap. Pada kondisi gelap, nilai ADC yang terbaca lebih tinggi, sedangkan pada kondisi terang nilai ADC lebih rendah. Berdasarkan hasil pengujian, nilai ADC di bawah 1010 dikategorikan sebagai kondisi terang, sedangkan nilai di atas 1010 dikategorikan sebagai kondisi gelap. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Photodiode

Jarak (cm)	Pembacaan Alat Ukur (Lux)	Pembacaan Sensor (mV)
0	2408	4.89
5	2363	12.71
10	1036	33.72
15	490	87.00
20	287	227.80
30	225	242.91

3.5 Pengujian Kinerja Sistem

Setelah pengujian sensor Photodiode dan BH1750 dilakukan, selanjutnya dilakukan pengujian kinerja sistem. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan monitoring dan kontrol lampu jalan berbasis komunikasi many to one dan one to many menggunakan modul NRF24L01. Pengujian kinerja sistem dilakukan dalam empat kondisi, yaitu pengujian komunikasi *many-to-one*, pengujian komunikasi *one-to-many*, pengujian jarak komunikasi NRF24L01 PA LNA, serta pengujian kondisi sistem.

a. Pengujian komunikasi Many to One

Pada penelitian ini, sistem menerapkan komunikasi *many-to-one* menggunakan modul NRF24L01 PA LNA. Pada komunikasi *many-to-one*, beberapa *node slave* mengirimkan data hasil pembacaan sensor Photodiode dan BH1750 kepada satu *node master*. Data yang diterima berupa kondisi intensitas cahaya lingkungan dan kondisi lampu pada masing-masing *node slave*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *node master* dapat menerima data dari setiap *node slave*, sehingga proses monitoring kondisi lampu dapat dilakukan dengan baik.

Tabel 4. Hasil Pengujian Komunikasi Komunikasi Many to One

Node Pengirim	Node Penerima	Data yang Dikirim	Status
Node Slave 1	Master	Data BH1750 dan Photodiode	Berhasil
Node Slave 2	Master	Data BH1750 dan Photodiode	Berhasil
Node Slave 3	Master	Data BH1750 dan Photodiode	Berhasil
Node Slave 4	Master	Data BH1750 dan Photodiode	Berhasil
Node Slave 5	Master	Data BH1750 dan Photodiode	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa *node 1* sampai *node 5* berhasil mengirimkan data hasil pembacaan sensor kepada *node master*. Dengan demikian, komunikasi *many-to-one* berhasil diterapkan, karena beberapa *node slave* dapat mengirimkan data menuju satu *node master* sebagai penerima. Pada komunikasi *one-to-many*, *node master* berhasil mengirimkan perintah kendali kepada *node 1* sampai *node 5* melalui modul NRF24L01 PA LNA. Perintah yang diterima oleh masing-masing *node* digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan lampu melalui relay. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi *one-to-many* berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang sehingga pengendalian lampu pada setiap *node* dapat dilakukan dengan baik.

b. Pengujian Komunikasi One to Many

Pada penelitian ini, sistem menerapkan komunikasi *one-to-many* menggunakan modul NRF24L01 PA LNA. Pada komunikasi *one-to-many*, satu *node master* mengirimkan perintah kendali kepada beberapa *node slave*. Perintah yang dikirim berupa kontrol ON/OFF lampu pada masing-masing *node slave*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap *node slave* dapat menerima perintah dari *node master* dan mengendalikan lampu melalui relay sesuai perintah yang diberikan, sehingga proses pengendalian lampu dapat dilakukan dengan baik.

Tabel 5. Hasil Pengujian Komunikasi Komunikasi One to Many

Node Pengirim	Node Penerima	Perintah yang Dikirim	Status
Master	Node Slave 1	ON/OFF	Berhasil
Master	Node Slave 2	ON/OFF	Berhasil
Master	Node Slave 3	ON/OFF	Berhasil
Master	Node Slave 4	ON/OFF	Berhasil
Master	Node Slave 5	ON/OFF	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa node master dapat mengirimkan perintah kontrol lampu kepada node 1 sampai node 5. Dengan demikian, komunikasi one to many berhasil diterapkan, karena satu node master sebagai pengirim dapat mengirimkan perintah kepada beberapa node lampu sebagai penerima.

c. Pengujian Jarak Komunikasi NRF24L01

Pengujian jarak komunikasi dilakukan untuk mengetahui jarak maksimum setiap node slave lampu untuk berkomunikasi dengan node master. Pengujian dilakukan pada 5 lampu yang menjadi node slave.

Tabel 5. Pengujian Jarak komunikasi NRF24L01 PA LNA

Lampu	Jarak Max (Meter)	Tampilan LCD
1	103	DSC
2	101	DSC
3	98	DSC
4	98	DSC
5	95	DSC

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5 modul NRF24L01 PA LNA mampu melakukan komunikasi data dengan baik pada jarak yang berbeda. Lampu 1 memiliki jarak komunikasi maksimum 103 m, Lampu 2 sebesar 101 m, Lampu 3 dan Lampu 4 sebesar 98 m, sedangkan Lampu 5 mencapai 95 m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem komunikasi many-to-one dan one-to-many dapat berjalan dengan baik hingga jarak

maksimum 103 m, sehingga NRF24L01 PA LNA dapat digunakan untuk mendukung monitoring dan pengendalian lampu jalan secara nirkabel.

d. Pengujian Kondisi Sistem



Gambar 8. Pengujian Analisis Kondisi Sistem

Pada pengujian status OK, nilai Control Lampu (CL) sebesar 11111 dan Status Lampu (SL) sebesar 11111 menunjukkan bahwa seluruh lampu L1 sampai L5 berada dalam kondisi ON sesuai dengan perintah yang diberikan. Indikator OK menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara perintah dan kondisi aktual lampu yang terdeteksi sensor.

Pada pengujian status ERR, nilai CL sebesar 11111 dan SL sebesar 11101 menunjukkan bahwa seluruh lampu diperintahkan ON, tetapi lampu L4 terdeteksi dalam kondisi OFF. Sistem menampilkan indikator ERR pada lampu L4, sedangkan lampu lainnya menunjukkan OK. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ketidaksesuaian antara perintah dan kondisi aktual lampu.

Pada pengujian status DSC, nilai CL sebesar 11111 dan SL sebesar 1111- menunjukkan bahwa salah satu *node slave* tidak memberikan respons kepada *node master*. Indikator DSC menunjukkan adanya gangguan komunikasi yang dapat disebabkan oleh *node slave*

tidak aktif, gangguan sinyal, atau jarak komunikasi melebihi jangkauan NRF24L01 PA LNA.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kondisi OK, ERR, dan DSC berdasarkan kesesuaian perintah, kondisi lampu, dan respons komunikasi. Dengan demikian, sistem monitoring dan kontrol lampu jalan dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring dan kontrol lampu jalan berbasis Arduino Pro Mini dengan komunikasi NRF24L01 PA LNA menggunakan metode *many-to-one* dan *one-to-many* berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem mampu membaca kondisi cahaya lingkungan menggunakan sensor Photodiode dan mendeteksi intensitas cahaya lampu menggunakan sensor BH1750 serta mengendalikan lampu melalui relay. Hasil pengujian sensor BH1750 pada *node* 5 menunjukkan rata-rata error sebesar 7,27% dengan tingkat akurasi sebesar 92,73%. Sensor Photodiode mampu merespons perubahan intensitas cahaya dari 2408 lux hingga 225 lux dengan perubahan keluaran sensor dari 4,89 mV hingga 242,91 mV, sehingga dapat digunakan untuk membedakan kondisi terang dan gelap sebagai acuan pengendalian lampu secara otomatis.

Komunikasi antar-*node* menggunakan modul NRF24L01 PA LNA berhasil menerapkan metode *many-to-one* dan *one-to-many*. Metode *many-to-one* memungkinkan beberapa *node slave* mengirimkan data kondisi lampu kepada satu *node master*, sedangkan metode *one-to-many* memungkinkan *node master* mengirimkan perintah kontrol kepada beberapa *node slave*. Hasil pengujian jarak menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan komunikasi hingga jarak maksimum 103 meter. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu melakukan monitoring dan pengendalian lampu jalan pada beberapa titik secara terpusat dengan komunikasi antar-*node* yang dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang dirancang.

REFERENSI

- A Abd Jabbar, & Arisanti, S. I. (2023). *SISTEM PENGONTROLAN DAN PEMANTAUAN LAMPU JALAN MENGGUNAKAN MODUL NRF A. 3*(1), 23–27.
- Abotaleb, M. (2023). Improved Performance of Wi-Fi Based Communication with Multiple Sensors Through Collaboration Between the WebSerial Remote Serial Monitor and ESP-NOW Protocol. *Scientific Journal of Gdynia Maritime University*, 6988(127), 42–56. <https://doi.org/10.26408/127.04>
- Bano, T. B., Widagda, I. G. A., Luh, N., Trisnawati, P., Made, I., Wibawa, S., Putra, I. K., & Sandi, I. N. (2024). *Perancangan Alat Ukur Intensitas Cahaya menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. 8*(1), 95–101.

- Ilham, F. A., Monika, D., Otomasi, T., Industri, L., Elektro, T., Jakarta, P. N., Prof, J., & Kampus, G. A. S. (2026). *Pengujian Akurasi Sensor BH1750 Berbasis ESP32 pada Sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya*. 12.
- Maiya, D., Nasution, S., & Hasibuan, F. H. (2026). *Pengembangan Smart Penerangan Jalan Umum (PJU) Tenaga Surya dengan Adaptive Dimming Berbasis Kepadatan Lalu Lintas*. 2(1), 15–21.
- Nratha, I. M. A. (2021). *SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN PERANGKAT KOMUNIKASI LoRa*. 8(2), 95–102.
- Purnamasari, D. N. (2025). *Evaluasi Latensi , Jangkauan , dan Redundansi Jalur Komunikasi Multihop Menggunakan Modul NRF24L01 Evaluation of Latency , Range , and Path Redundancy in Multihop Communication Using the NRF24L01 Module*. 8, 55–61.
- Purnomo, E., & Hidayat, W. (2026). *Penerapan Internet of Things untuk Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Kota Bogor*. 02(02), 58–71. <https://doi.org/10.36350/jskom.v2i2.97>
- Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>
- Zainudin, D. S. (2025). *IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL LAMPU PINTAR BERBASIS*. 1(2), 115–120.