



Implementasi Teknologi LoRa untuk Monitoring *Real-Time* Lampu PJU Berbasis Solar Panel

Sujono Sujono¹, Moh. Anshori Aris Widya², Zakiah Nur Cahya Putri³

¹⁻³Universitas Kh.A. Wahab Hasbullah, Indonesia

Alamat: Tambakberas Jl. Garuda No.9, Tambak Rejo, Kec. Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61419, Indonesia

Korespondensi penulis: sujono@unwaha.ac.id

Abstract. *In the digital age, public road lighting (PJU) monitoring efficiency is becoming essential for effective infrastructure management. The research developed a PJU monitoring system based on LoRa technology and an Arduino microcontroller to monitor the operating conditions of PJU solar panels in real time. The system uses the LoRa 433 MHz module for remote data communication and is equipped with a voltage sensor to monitor batteries and solar panels as well as an ACS712 current sensor to measure current consumption on LED lights. The data is displayed on an I2C 16x2 LCD screen, making monitoring easy. LoRa technology offers the advantages of broad communication range and low power consumption. The development method used is prototyping, including needs analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. Test results show that the system works well, with sensors providing adequate accuracy and LoRa communication enabling remote data access. The system improves the efficiency and accuracy of PJU monitoring, as well as reduces time and effort in the monitoring process. Overall, the system is an effective solution for PJU management in the digital age.*

Keywords: *Microcontroller, LoRa, PJU, Solar Panel, Arduino*

Abstrak. Dalam era digital, efisiensi pemantauan Penerangan Jalan Umum (PJU) menjadi penting untuk pengelolaan infrastruktur yang efektif. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring PJU berbasis teknologi LoRa dan mikrokontroler Arduino untuk memantau kondisi operasional PJU solar panel secara real-time. Sistem ini menggunakan modul LoRa 433 MHz untuk komunikasi data jarak jauh dan dilengkapi dengan sensor tegangan untuk memantau baterai dan panel surya serta sensor arus ACS712 untuk mengukur konsumsi arus pada lampu LED. Data ditampilkan pada layar LCD 16x2 I2C, memudahkan pemantauan. Teknologi LoRa menawarkan keuntungan jangkauan komunikasi yang luas dan konsumsi daya rendah. Metode pengembangan yang digunakan adalah prototyping, mencakup analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Hasil pengujian menunjukkan sistem berfungsi dengan baik, dengan sensor memberikan akurasi yang memadai dan komunikasi LoRa memungkinkan akses data jarak jauh. Sistem ini meningkatkan efisiensi dan akurasi pemantauan PJU, serta mengurangi waktu dan usaha dalam proses pemantauan. Secara keseluruhan, sistem ini merupakan solusi efektif untuk pengelolaan PJU di era digital.

Kata kunci: Mikrokontroler, LoRa, PJU, Solar Panel, Arduino

1. LATAR BELAKANG

Lampu jalan berfungsi untuk penerangan malam hari, meningkatkan keselamatan lalu lintas, dan keamanan pengguna jalan. Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah tanggung jawab Pemerintah Daerah, sementara PLN hanya menyediakan aliran listrik dan menarik Pajak Penerangan Jalan. Permintaan untuk pengadaan atau perluasan PJU diajukan kepada Pemerintah Daerah sesuai Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No 27 Tahun 2018.

Fungsi utama lampu PJU adalah memberikan pencahayaan yang membantu navigasi, meningkatkan keselamatan, dan mendukung keindahan lingkungan jalan. Saat ini, banyak lampu PJU masih menggunakan listrik dari PLN, yang memerlukan biaya tinggi. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) menawarkan solusi dengan menggunakan lampu LED hemat energi yang dicolokkan ke panel surya, mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi.

Pemantauan dan pengendalian PJU secara jarak jauh masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring PJU berbasis teknologi LoRa dan mikrokontroler untuk memantau kondisi lampu solar panel secara real-time. Teknologi LoRa memungkinkan komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, menawarkan solusi efisien dan hemat biaya untuk pengelolaan PJU.

2. KAJIAN TEORITIS

1. Lampu PJU

Lampu PJU adalah lampu yang umumnya dialiri listrik, listrik telah menjadi sumber energi utama dalam setiap kegiatan manusia baik di rumah tangga maupun industri (*Putra Liando, n.d.*).

2. Modul LoRa

Lora (long range) merupakan salah satu teknologi di bidang IoT yang dapat diaplikasikan dalam sistem control (Asnawi, R, 2023).

3. Sensor Tegangan

Modul sensor ZMPT101B adalah sensor tegangan yang dapat mengukur tegangan dari 0-1000V. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan menurunkan tegangan masukan menggunakan step down transformator, kemudian dengan masuk ke op-amp dan akan didapat nilai keluaran yang stabil tergantung dari nilai masukannya (*Putra I Gede Dharma Adi, 2020*).

4. Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sensor arus berbasis IC yang menggantikan transformator arus besar. Sensor ini memanfaatkan efek hall untuk mengubah medan magnetik yang dihasilkan arus menjadi tegangan linier. Tegangan keluaran sensor berupa sinyal AC yang perlu diubah menjadi sinyal DC oleh rangkaian penyearah sebelum diolah oleh mikrokontroler (Pongoh Deitje, 2022).

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2020 dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Penerangan Jalan Umum berbasis IoT dan Android" oleh Imam et al., bertujuan untuk menyalakan dan mematikan lampu secara manual maupun otomatis, serta memonitor keadaan lampu. Sistem ini menggunakan Wemos D1 sebagai mikrokontroler dan modul relay untuk controlling lampu. Kelebihan dari penelitian ini adalah kemampuannya untuk mengendalikan lampu secara manual dan otomatis serta menggunakan sensor LDR untuk memonitor intensitas cahaya dan status lampu melalui aplikasi Android. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor LDR dapat mendeteksi intensitas cahaya dan menginformasikan status lampu. Namun, penelitian ini memiliki kekurangan karena tidak dilengkapi dengan sensor kendaraan dan tidak dapat mendeteksi gangguan arus listrik pada lampu.

Penelitian lain pada tahun 2019 oleh Hikmawan & Suprayitno meneliti tentang "Sistem Pengendali Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) melalui Jaringan Internet Berbasis Android". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mematikan dan menyalakan lampu secara manual dan otomatis. Keunggulan dari sistem ini terletak pada penggunaan saklar untuk kontrol manual dan sensor LDR atau timer untuk kontrol otomatis. Modul Ethernet digunakan untuk komunikasi data, dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan smartphone Android sebagai pemantau dan pengendali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Android dapat mengirim dan menerima sinyal informasi melalui internet ke website, dengan akurasi pengukuran arus mencapai 100% dan tegangan 95,23%. Namun, kekurangan dari penelitian ini adalah keterbatasan jarak koneksi Bluetooth HC-05 yang hanya mencapai maksimal 20 meter.

Selanjutnya, penelitian pada tahun 2019 yang dilakukan oleh Surya Putra et al. berjudul "Rancang Bangun Smart Lighting dan Monitoring Kondisi Lampu Jalan Berbasis Wireless Sensor Network menggunakan LoRa" bertujuan untuk memantau kondisi jalan secara realtime dan meningkatkan efisiensi konsumsi daya lampu. Sistem ini menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi status lampu dan sensor microwave untuk mendeteksi pergerakan objek. Keunggulan dari sistem ini adalah penghematan energi lampu hingga 48% dari total waktu operasi serta pengiriman notifikasi email jika lampu tidak mengirimkan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data konsumsi energi ditampilkan di website dan notifikasi dikirimkan jika lampu rusak. Kekurangan dari penelitian ini adalah adanya keterlambatan dalam mendeteksi kerusakan lampu sebelum lampu gagal mengirimkan data.

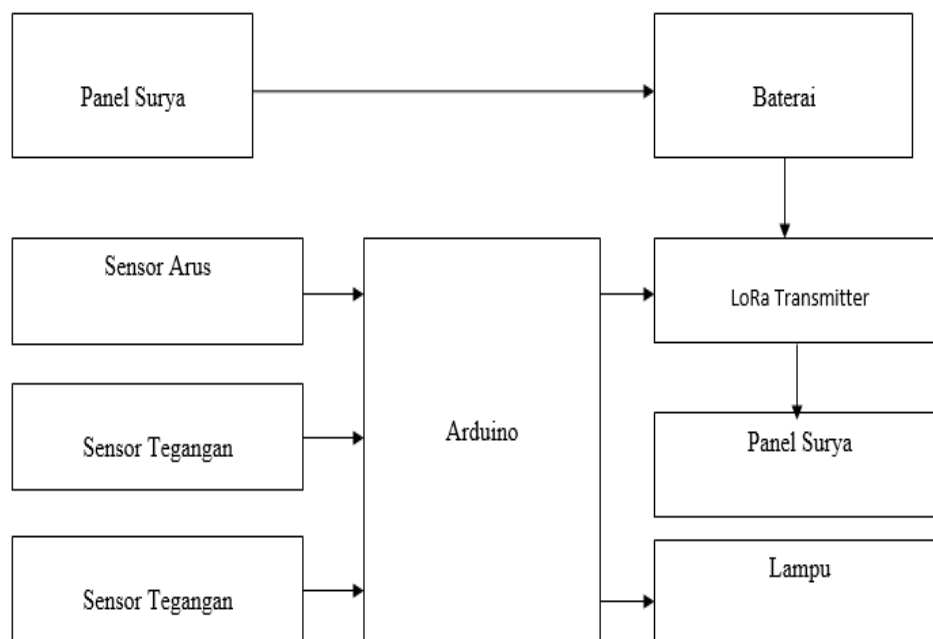
3. METODE PENELITIAN

Metode pengembangan yang digunakan adalah *prototyping*. Metode *prototyping* menghasilkan sebuah prototype sistem yang menjadi jembatan antara pengembang dan pengguna dalam proses pengembangan sistem informasi. Keberhasilan pembuatan prototype bergantung pada pemahaman awal antara pengembang dan pengguna bahwa prototype digunakan untuk mendefinisikan kebutuhan awal. Tahapan model *prototyping* mencakup pengumpulan kebutuhan alat, observasi dan pengumpulan data, perancangan alur sistem, pembangunan prototype, pengkodean sistem, pengujian sistem, dan evaluasi sistem.

Terdapat beberapa tahap *prototyping*, yaitu: Pertama, tahap komunikasi bertujuan untuk menentukan tujuan keseluruhan dari alat yang akan dibuat dan dikembangkan. Selanjutnya, tahap perencanaan cepat fokus pada pembuatan desain alat dengan cepat. Pada tahap modelling quick design & construction of prototype, perhatian beralih pada aspek alat yang akan terlihat pada penggunaan akhir dan menuju pembangunan prototype. Terakhir, tahap development delivery & feedback melibatkan evaluasi dan umpan balik untuk memenuhi kebutuhan lebih lanjut.

Diagram Blok

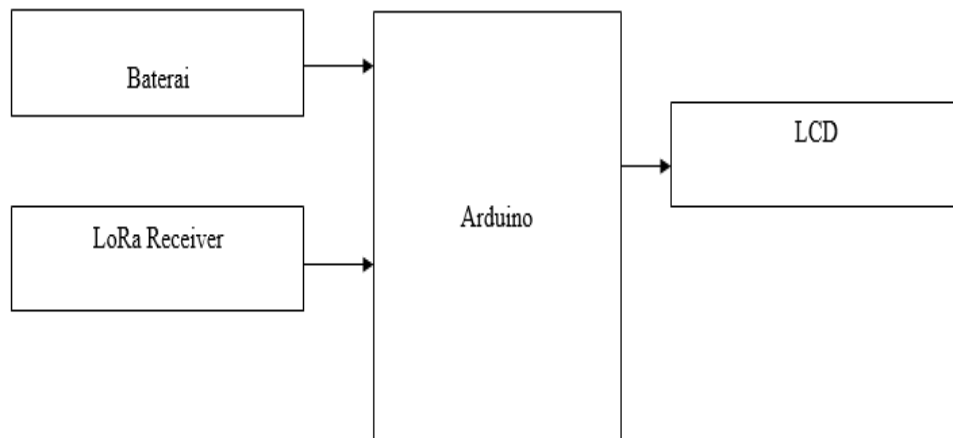
Berikut adalah diagram blok dari alat yang sudah dibuat. Penulis membuat 2 diagram blok, yaitu transmitter dan receiver.



Gambar 1. Diagram Blok Transmitter

Long Range Device (LoRa Transmitter): Perangkat yang mengirimkan data dari lampu PJU atau sensor-sensor terkait yaitu: sensor arus dan 2 sensor tegangan melalui jaringan LoRa. Mikrokontroler (Arduino Uno): Mikrokontroler yang menerima data dari gateway melalui antarmuka komunikasi dan mengatur pengaturan atau kontrol lampu PJU. Lampu PJU (Tenaga Surya): Lampu jalan umum yang menggunakan panel surya untuk mengumpulkan dan menyimpan energi serta menyala sesuai dengan perintah yang diterima dari mikrokontroler. Sensor Arus – Mengukur arus Lampu. Sensor Tegangan 1 - Mengukur tegangan baterai. Sensor Tegangan 2 – Mengukur tegangan panel surya. Baterai - Menyediakan daya untuk sistem. Panel Surya – Mengisi daya baterai.

Berikut adalah diagram blok Reciver:

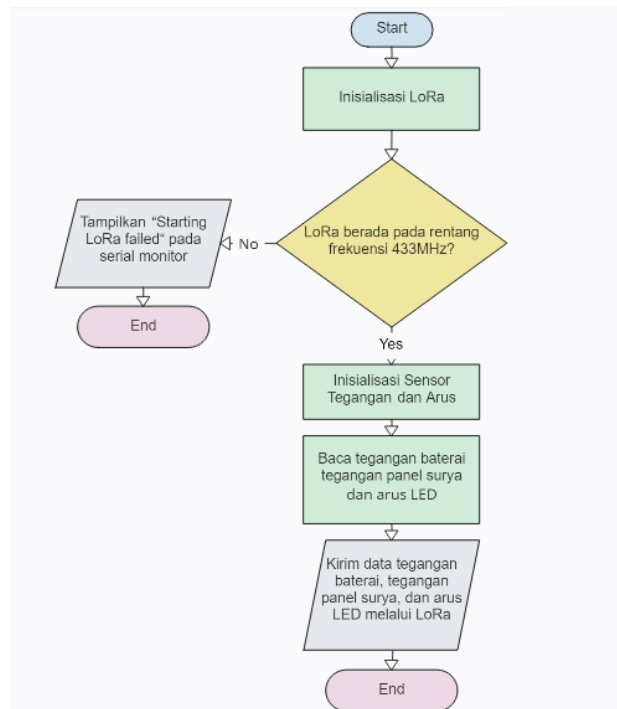


Gambar 2. Diagram Blok Receiver

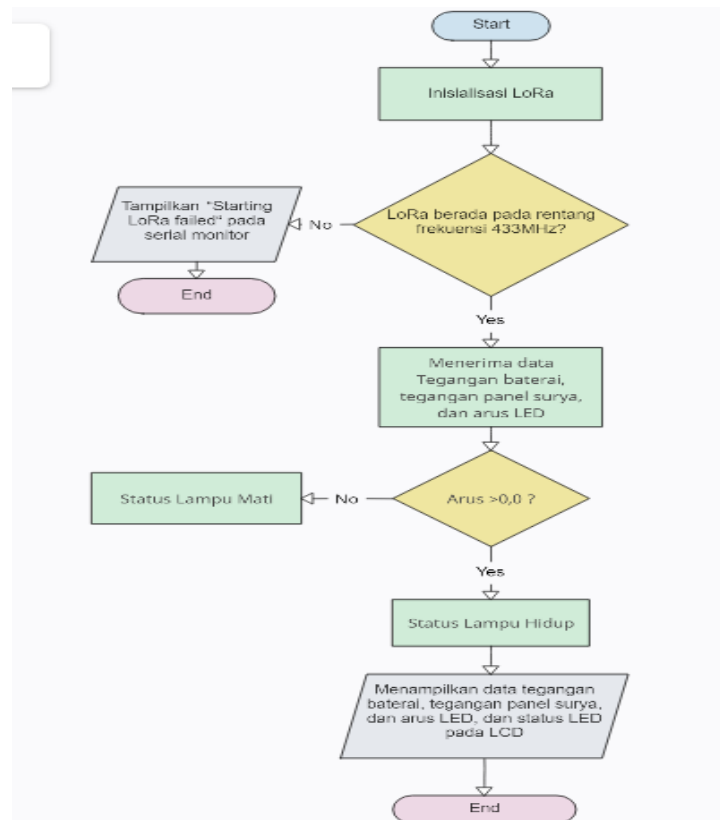
Flowchart

Terdapat 2 flowchart yang diterapkan oleh penulis, yaitu alur flowchart untuk transmitter dan alur flowchart untuk receiver.

Pada sistem PJU (Penerangan Jalan Umum) solar panel, proses pengiriman dan penerimaan data diatur oleh dua perangkat: transmitter dan receiver. Program pada transmitter dimulai dengan menginisialisasi LoRa, Program kemudian memeriksa apakah frekuensi LoRa berada dalam rentang yang benar, yaitu 433 MHz. Jika frekuensinya benar, transmitter melanjutkan dengan menginisialisasi sensor-sensor untuk membaca tegangan baterai dan panel surya, serta arus yang mengalir ke lampu LED. Data yang diperoleh kemudian dikirim melalui modul LoRa. Jika frekuensi tidak sesuai, program akan menampilkan pesan kesalahan "Starting LoRa failed" di serial monitor dan berhenti.



Gambar 3. Flowchart Transmitter



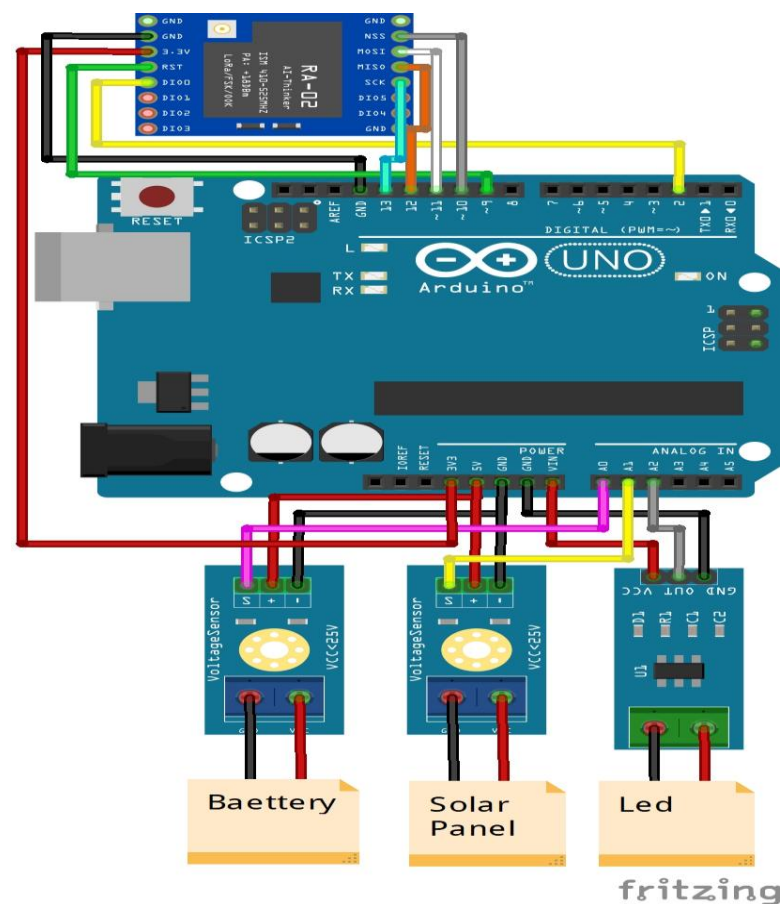
Gambar 4. Flowchart Reciver

Sementara itu, program pada receiver dimulai dengan menginisialisasi modul LoRa untuk menerima data. Setelah memastikan bahwa frekuensi LoRa berada dalam rentang

yang benar, receiver siap menerima data dari transmitter. Data yang diterima mencakup tegangan baterai, tegangan panel surya, dan arus LED. Receiver kemudian memeriksa apakah arus yang diterima berada dalam rentang yang diharapkan. Berdasarkan nilai arus ini, receiver menentukan apakah lampu LED hidup atau mati. Seluruh data yang diterima dan status lampu kemudian ditampilkan pada serial monitor dan LCD untuk pemantauan. Jika frekuensi LoRa tidak sesuai, program receiver juga akan menampilkan pesan kesalahan "Starting LoRa failed" dan berhenti.

Skematik

Di bawah ini adalah desain skema yang memperlihatkan penggunaan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan beberapa sensor yang digunakan dalam monitoring lampu PJU:



Gambar 5. Skematik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, hasil dan pembahasan akan menguraikan temuan utama dari penelitian dan analisis mendalam terkait implementasi sistem.

1. Pengujian Sensor Arus

Tabel 1. Pengujian Sensor Arus

No	Jenis Sensor	Kondisi Pengujian	Arus (A)	Keterangan
1	Sensor ACS712	Led Redup	0,03 A	Arus kecil, LED sangat redup
2	Sensor ACS712	Led Sedang	0,08 A	Arus sedang, LED cukup terang
3	Sensor ACS712	Led Terang	-0,11A hingga -0,82 A	Arus negatif, kemungkinan keterbatasan sensor dalam mengukur arus tinggi

Hasil pengujian sensor arus ACS712 menunjukkan bahwa pada kondisi LED redup, arus yang mengalir sebesar 0.03 A, menunjukkan arus yang kecil sehingga LED sangat redup. Pada kondisi LED sedang, arus yang mengalir sebesar 0.08 A, menunjukkan arus sedang sehingga LED cukup terang. Namun, pada kondisi LED terang, arus yang terukur adalah -0.11 A hingga 0,82 A. Arus negatif ini mengindikasikan bahwa sensor mungkin mengalami keterbatasan dalam mengukur arus tinggi.

2. Pengujian Sensor Tegangan

Tabel 2. Pengujian Sensor Tegangan

No	Jenis Sensor	Kondisi pengujian	Tegangan (V)	Keterangan
1	Sensor Tegangan Baterai	Baterai Hampir Kosong	1.79 - 1.93	Tegangan rendah, baterai hampir kosong
2	Sensor Tegangan Panel Surya	Malam Hari (tanpa sinar matahari)	0.21	Tegangan sangat rendah, panel surya tidak aktif

Pengujian tegangan pada malam hari menunjukkan bahwa tegangan panel surya berada pada 0.21 V. Tegangan yang sangat rendah ini disebabkan oleh ketiadaan sinar matahari, sehingga panel surya tidak aktif dan tidak menghasilkan daya. Selain itu, pengujian

tegangan baterai menunjukkan hasil antara 1.79 V hingga 1.93 V. Tegangan ini menunjukkan bahwa kondisi baterai hampir kosong, sehingga tegangan yang tersedia sangat rendah. Kedua hasil pengujian ini menunjukkan kondisi yang sesuai dengan lingkungan pengujian, yaitu malam hari dengan baterai yang hampir habis

3. Pengujian Modul LoRa

Tabel 3. Pengujian Sensor Tegangan

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Keterangan
1	1 meter	-48 hingga -52	9.25 hingga 10.00	Komunikasi sangat baik
2	2 meter	-52 hingga -55	9.50 hingga 10.00	Komunikasi baik
3	3 meter	-54 hingga -63	9.50 hingga 10.50	Komunikasi mulai menurun
4	4 meter	-108	-12.75	Komunikasi sangat terganggu

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak 1 meter, RSSI berkisar antara -48 hingga -52 dBm dan SNR antara 9.25 hingga 10.00 dB, yang menunjukkan kualitas komunikasi sangat baik. Pada jarak 2 meter, RSSI berkisar antara -52 hingga -55 dBm dengan SNR antara 9.50 hingga 10.00 dB, menunjukkan kualitas komunikasi masih baik. Pada jarak 3 meter, RSSI antara -54 hingga -63 dBm dan SNR antara 9.50 hingga 10.50 dB menunjukkan komunikasi mulai menurun. Pada jarak 4 meter, RSSI mencapai -108 dBm dan SNR -12.75 dB, yang mengindikasikan komunikasi sangat terganggu dan mungkin tidak dapat diandalkan.

Hasil pengujian sensor arus, tegangan, dan tampilan LCD I2C memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja sistem dalam kondisi yang diuji. Pengukuran arus pada kondisi LED terang menunjukkan adanya keterbatasan sensor ACS712 dalam mengukur arus tinggi. Pengukuran tegangan menunjukkan tegangan yang rendah pada panel surya dan baterai dalam kondisi malam hari, yang sesuai dengan ekspektasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring PJU solar panel berbasis LoRa 433 MHz yang efektif dalam meningkatkan efisiensi dan kehandalan pemantauan PJU secara real-time. Sistem ini memanfaatkan sensor tegangan dan arus serta layar LCD I2C untuk menampilkan data secara akurat dan komunikasi LoRa untuk akses jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan baik, memberikan kemudahan dalam pengelolaan daya serta transparansi dalam pemantauan PJU.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk meningkatkan akurasi sensor melalui kalibrasi lebih mendalam dan penggunaan sensor presisi tinggi, serta mengoptimalkan komunikasi LoRa dengan pengaturan frekuensi dan antena yang lebih baik. Selain itu, antarmuka pengguna pada LCD I2C dapat diperbaiki dengan menambahkan informasi lebih banyak dan visualisasi data yang lebih baik. Integrasi dengan platform IoT dapat meningkatkan fleksibilitas dan analisis data, sementara pengujian lapangan dalam berbagai kondisi akan memastikan kehandalan sistem secara lebih luas.

DAFTAR REFERENSI

Putra, L. (n.d.).

Putra, I. G. D. A., & Widya, R. (2020). Sistem monitoring operasional lampu runway threshold identification light (RTIL) di laboratorium airfield ground lighting Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*.

Putra, D. S., Karna, N. B. A., & Mayasari, R. (2019). Rancang bangun smart lighting dan monitoring kondisi lampu jalan berbasis wireless sensor network menggunakan LoRa. *eProceedings of Engineering*, 6(2).

Pongoh, D. B. M. (2022). Rancang bangun sistem pembelajaran laboratorium virtual berbasis IoT (Internet of Things) di laboratorium konversi energi, distribusi, dan proteksi. *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi*. Politeknik Negeri Manado.

Imam, R., & Bimantoro, F. (2020). Rancang bangun sistem monitoring dan controlling penerangan jalan umum berbasis IoT dan Android. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)*, 2(1), 101-112.

Buwana, D. P., Setiawidayat, S., & Mukhsin, M. (2018). Sistem pengendalian lampu penerangan jalan umum (PJU) melalui jaringan internet berbasis Android. *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, 3(3), 149-154.

Asnawi, R., Pramono, H. S., Sukir, S., Maarif, S., & Hidayatullah, I. R. (2023, November). Unjuk kerja modul wireless sensor network berbasis LoRa RFM95W sebagai media pembelajaran mata kuliah kendali dan akuisisi data. In *Seminar Nasional Teknik Elektro*.