



ANALISIS PERFORMA TRANSMISI DATA TELEMETRI DENGAN METODA CASCADING PADA PANEL SURYA

Aldi Parningotan Sitio¹, Jannus Marpaung², Neilcy Tjahjamoonsih³

^{1,2,3}Universitas Tanjungpura

¹d1021221069@student.untan.ac.id, ²jannusmarpaung@ee.untan.ac.id,

³neilcy.mooniarsih@ee.untan.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas analisis kinerja transmisi data telemetri pada sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan metode *cascading*. Penerapan metode *cascading* bertujuan memperluas jangkauan komunikasi melalui proses penerusan paket data secara berjenjang dari satu *node* menuju *node* berikutnya hingga mencapai *gateway*. Sistem yang dirancang terdiri atas beberapa *node* berbasis ESP32 yang dilengkapi sensor INA219 untuk mengukur tegangan dan arus panel surya serta modul LoRa RA-02 sebagai media komunikasi nirkabel. Data yang diterima oleh *gateway* selanjutnya dikirimkan melalui jaringan internet menuju platform Internet of Things (IoT) Thinger.io agar dapat dipantau secara waktu nyata. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan eksperimental melalui pengujian transmisi data pada variasi jarak 50, 100, 150, dan 200 meter. Kinerja komunikasi dianalisis berdasarkan nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), serta keberhasilan data panel surya diterima oleh *gateway*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan jarak komunikasi menyebabkan penurunan kekuatan sinyal yang ditunjukkan oleh nilai RSSI yang semakin rendah. Meskipun demikian, data tegangan, arus, daya, energi, dan koordinat lokasi tetap dapat diterima dan ditampilkan melalui platform Thinger.io pada seluruh jarak pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode *cascading* dapat diterapkan untuk mendukung transmisi data telemetri pada sistem monitoring panel surya, terutama pada lokasi yang memerlukan komunikasi nirkabel secara bertahap dan berjarak jauh.

Kata Kunci: *Telemetri, Cascading, LoRa, PLTS, IoT, Performa Transmisi Data*

Article History

Received: June 2026

Reviewed: June 2026

Published: June 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative Commons
Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Abstract

This study analyzes the performance of telemetry data transmission in a solar power plant monitoring system using the cascading method. The implementation of the cascading method aims to extend the communication range by forwarding data packets sequentially from one node to another until they reach the gateway. The designed system consists of several ESP32-based nodes equipped with INA219 sensors to measure the voltage and current generated by the solar panels, as well as LoRa RA-02 modules as the wireless communication medium. The data received by the gateway are subsequently transmitted through the internet to the Thingier.io Internet of Things (IoT) platform for real-time monitoring. This study employed an experimental approach by testing data transmission at distances of 50, 100, 150, and 200 meters. Communication performance was evaluated based on the Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal-to-Noise Ratio (SNR), and the successful reception of solar panel data by the gateway. The results indicate that an increase in communication distance leads to a decrease in signal strength, as reflected by lower RSSI values. Nevertheless, voltage, current, power, energy, and location coordinate data were successfully received and displayed on the Thingier.io platform at all tested distances. These findings demonstrate that the cascading method can be applied to support telemetry data transmission in solar panel monitoring systems, particularly in locations that require gradual and long-range wireless communication

Keywords: Telemetry, Cascading, LoRa, Solar Power Plant, IoT, Data Transmission Performance

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan sebuah kebutuhan pokok umat manusia dalam memenuhi kebutuhan energi. Hingga saat ini, masih banyak sumber pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan dasar kebutuhan energi seperti batu bara. Menurut data per tahun 2025, total pembangunan pembangkit listrik bergantung dengan adanya potensi energi baru dan terbarukan (EBT). Dalam beberapa tahun terakhir ini jumlah bahan bakar fosil semakin menipis sehingga dapat mengakibatkan kebutuhan sumber energi baru dan terbarukan menjadi suatu hal yang sangat dibutuhkan [1].

Memantau kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah hal yang sangat penting untuk memastikan bahwa sistem tersebut menghasilkan listrik secara optimal. Sayangnya, cara monitoring yang digunakan saat ini masih dilakukan secara manual. Artinya, setiap hari seseorang harus datang langsung ke lokasi PLTS yang seringkali terpencil atau sulit dijangkau. Orang tersebut kemudian harus mencatat secara fisik angka-angka yang terlihat di layar monitor, seperti tegangan dan arus yang dihasilkan. Cara ini sangat tidak efisien karena memakan waktu, tenaga, dan biaya. Selain itu, data yang didapatkan juga terbatas karena hanya merekam kondisi pada saat itu saja, sehingga jika ada penurunan performa atau kerusakan di malam hari atau di saat tidak ada orang, hal tersebut tidak akan terdeteksi. [2].



Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah sistem telemetri. Telemetri merupakan pemanfaatan teknologi telekomunikasi untuk melakukan pengukuran, perekaman, dan pengiriman data secara otomatis dari perangkat yang berada pada lokasi tertentu menuju stasiun penerima. Melalui sistem telemetri, data hasil pengukuran dapat dikirimkan kepada pengguna tanpa harus melakukan pengamatan secara langsung di lokasi. Sistem ini memungkinkan parameter PLTS dipantau secara berkelanjutan dan dapat membantu pengguna mengetahui perubahan kondisi sistem dengan lebih cepat [3].

Metode *cascading* atau merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk memperluas jangkauan komunikasi telemetri ketika pengiriman data secara langsung ke gateway tidak memungkinkan. Dalam metode ini, data tidak dikirimkan secara langsung, melainkan melalui titik perantara yang berfungsi sebagai *relay* sebelum akhirnya mencapai gateway. Setiap node akan menerima data dari node sebelumnya, menambahkan data sensornya sendiri, lalu meneruskan paket tersebut ke node berikutnya [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring dan telemetri PLTS berbasis IoT. Penelitian tersebut umumnya memanfaatkan sensor tegangan dan arus untuk mengukur keluaran panel surya, kemudian mengirimkan data menuju platform monitoring melalui jaringan komunikasi tertentu [2]. Pengembangan tersebut menunjukkan bahwa penerapan IoT dapat membantu proses pemantauan PLTS secara jarak jauh. Namun, sebagian penelitian masih berfokus pada pengiriman data secara langsung dari perangkat pengukuran menuju penerima dan belum membahas secara khusus performa transmisi data ketika paket diteruskan secara berjenjang melalui beberapa node.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian yang tidak hanya merancang sistem monitoring PLTS, tetapi juga menganalisis kinerja komunikasi ketika metode *cascading* diterapkan pada transmisi data telemetri. Kesenjangan penelitian terletak pada masih terbatasnya pembahasan mengenai perubahan kualitas sinyal akibat variasi jarak dan proses penerusan data antar-node pada sistem monitoring panel surya. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode *cascading* menggunakan modul LoRa RA-02 untuk meneruskan data hasil pengukuran dari satu node menuju node berikutnya hingga diterima oleh gateway dan ditampilkan melalui platform Thinger.io.

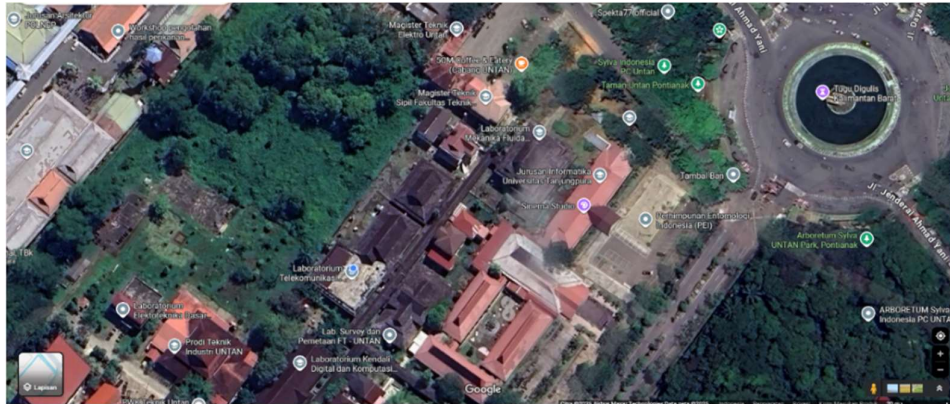
Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis kinerja sistem transmisi data telemetri pada panel surya dengan menggunakan metode *cascading*. Pengujian dilakukan pada variasi jarak 50, 100, 150, dan 200 meter dengan mengamati parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), serta keberhasilan penerimaan data tegangan, arus, daya, energi, dan koordinat lokasi pada gateway. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan metode *cascading* dalam mendukung sistem monitoring PLTS pada lokasi yang membutuhkan pengiriman data secara bertahap dan berjarak jauh.

2. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi yang akan digunakan untuk pengujian dan pengambilan data pada fakultas teknik Untan, lokasi yang menjadi fokus penelitian berada di laboratorium telekomunikasi yang tertera pada Gambar, merujuk pada titik spesifik pengujian yang teridentifikasi dalam Google maps.

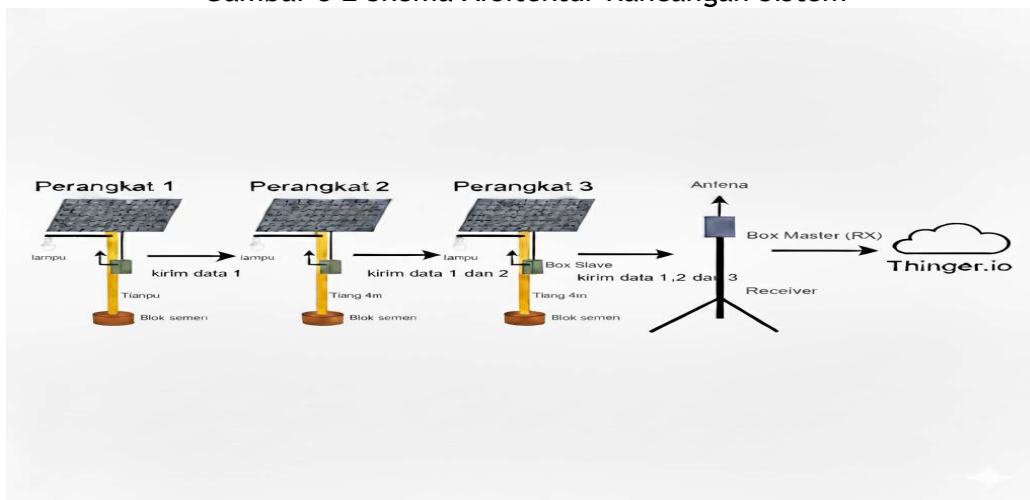
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian



Skema Arsitektur Rancangan Sistem

Gambar skema arsitektur ini menggambarkan rancangan sistem monitoring panel surya yang menggunakan metode cascading dalam transmisi data telemetri. Pada gambar tersebut terlihat tiga panel surya yang masing-masing ditempatkan pada tiang dengan blok semen sebagai penyangga. Setiap panel surya dilengkapi dengan sensor yang berfungsi untuk merekam parameter penting seperti tegangan dan arus yang dihasilkan. Data hasil pengukuran dari panel pertama akan dikirimkan secara berjenjang (*cascading*) ke panel kedua, kemudian diteruskan ke panel ketiga, dan akhirnya sampai ke perangkat gateway. Gateway ini berfungsi sebagai pusat pengumpulan data sebelum meneruskannya ke cloud. Melalui cloud, data dapat dipantau dan diakses secara real-time menggunakan aplikasi berbasis internet seperti thinger.io.

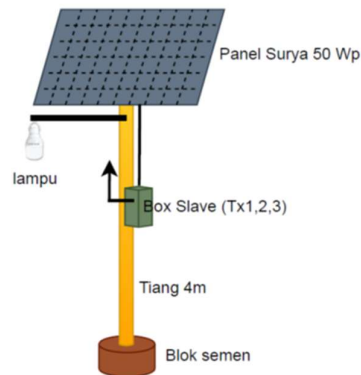
Gambar 3 2 Skema Arsitektur Rancangan Sistem



Suatu pemancar parameter ditunjukkan pada Gambar 3.2. Apabila ditinjau dari tampilan luar terdiri dari: 1) Panel Surya 50 Wp, 2) Tiang penyangga, 3) *Box Slave*, 4) Antena *Omnidirectional* dan 5) Lampu DC 5W.

Panel Surya berfungsi membangkitkan tegangan dan menghasilkan arus DC yang akan diteruskan ke SCC untuk pengisian baterai. SCC juga dapat mengatur arus yang dikeluarkan untuk menghidupkan lampu DC. Di dalam *box slave* terdapat SCC, sensor arus dan tegangan, mikrokontroler dan modul radio LoRa. Mikrokontroler berperan dalam mengkalkulasi arus dan tegangan, dan dengan program aplikasi tertentu secara simultan data parameter PLTS ditransmisikan ke udara melalui antena *omni directional*. Tampilan pemancar parameter PLTS ditunjukkan pada Gambar 3.3.

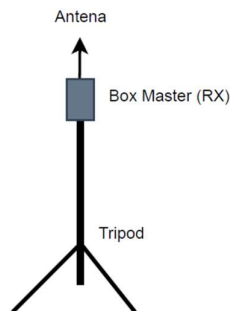
Gambar 3. 2 Pemancar Parameter PLTS



Penerima Data Parameter PLTS

Tampilan penerima ditunjukkan pada Gambar 3.4. *Box* rangkaian penerima diletakkan pada ujung tripod untuk, box dilengkapi antena *omni directional*.

Gambar 3. 3 Penerima Data



Isi *box* penerima adalah mikrokontroler dan modul radio Lora. Mikrokontroler akan mengkalkulasi dan berlogika untuk mengidentifikasi asal data agar tidak tercampur antara satu dengan lainnya. Data-data yang teridentifikasi akan dipisahkan untuk selanjutnya diteruskan ke jaringan internet melalui koneksi WiFi antara penerima dengan router (*access point*) setempat. Untuk dapat melakukan hal tersebut secara simultan, maka pada mikrokontroler penerima dikembangkan aplikasi yang berbeda dengan pada pemancar. Aplikasi tersebut dirancang sedemikian rupa sehingga dapat terhubung ke pemancar PLTS dan jaringan WiFi setempat secara simultan.

3. METODE PENGUJIAN SISTEM

Metode pengujian sistem dilakukan dengan pendekatan eksperimental, yaitu menguji sistem secara langsung pada kondisi nyata untuk mengetahui performa transmisi data telemetri menggunakan metode cascading. Pengujian difokuskan pada kemampuan sistem dalam mengirimkan data dari node sensor menuju gateway melalui beberapa node perantara, serta ketahanan sistem ketika salah satu node mengalami gangguan.

Pengujian sistem diawali dengan penyusunan perangkat keras sesuai topologi cascading yang telah dirancang. Sistem terdiri dari satu node sensor yang membaca data panel surya menggunakan sensor INA219, dua node perantara yang berfungsi sebagai relay data, dan satu gateway yang menerima data akhir dan mengirimkannya ke platform Thinger.io. Seluruh node menggunakan modul komunikasi LoRa SX1278 dengan frekuensi dan parameter komunikasi yang sama. Selanjutnya, sistem diuji dalam beberapa skenario jumlah node, yaitu pengujian dengan



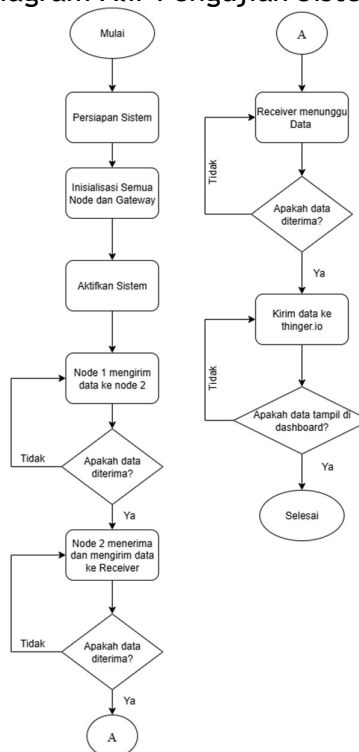
satu node, dua node, dan tiga node cascading. Pada setiap skenario, data telemetri dikirim secara periodik dari node sensor menuju gateway, kemudian dicatat waktu pengiriman dan waktu penerimaan data untuk mengetahui karakteristik delay dan keberhasilan pengiriman data. Selain itu, dilakukan pengujian gangguan sistem dengan cara mensimulasikan kondisi kegagalan pada salah satu node, seperti tidak terbacanya sensor atau pemutusan sementara sensor INA219. Pada kondisi ini diamati apakah sistem masih mampu meneruskan data melalui node cascading menuju gateway. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keandalan metode cascading dalam menjaga kontinuitas transmisi data.

Parameter yang diamati pada metode pengujian sistem meliputi waktu tunda (delay) pengiriman data, tingkat keberhasilan pengiriman paket data, serta konsumsi daya pada masing-masing node. Data hasil pengujian dicatat secara berulang pada setiap skenario dan kemudian diolah dalam bentuk tabel dan grafik untuk dianalisis pada Bab IV. Seluruh pengujian dilakukan dengan pengulangan sebanyak beberapa kali pada kondisi yang sama untuk memperoleh hasil yang lebih stabil dan representatif. Nilai yang digunakan dalam analisis merupakan nilai rata-rata dari seluruh percobaan yang dilakukan.

4. TAHAP PENGUJIAN SISTEM

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem telemetri panel surya yang menggunakan metode cascading dalam proses transmisi data. Pengujian ini dilakukan setelah seluruh perangkat keras dan perangkat lunak sistem berhasil diimplementasikan. Pada tahap ini setiap node membaca data sensor panel surya dan mengirimkan data tersebut secara bertahap menggunakan metode cascading hingga diterima oleh gateway. Parameter yang diamati dalam pengujian sistem meliputi waktu tunda pengiriman data (delay), persentase kehilangan paket data (packet loss), serta kualitas sinyal komunikasi yang ditunjukkan melalui nilai RSSI dan SNR. Proses pengujian dilakukan secara berulang untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Data yang diperoleh kemudian dicatat dan dianalisis untuk mengetahui performa transmisi data pada sistem telemetri yang telah dirancang.

Gambar 3.4 Diagram Alir Pengujian Sistem Keseluruhan

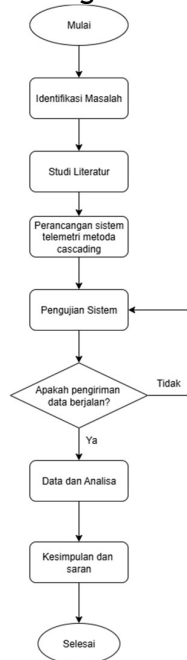




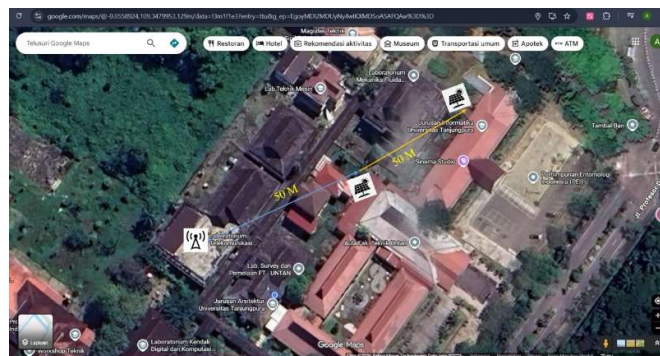
5. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian tugas akhir yang dilakukan sebagai berikut :

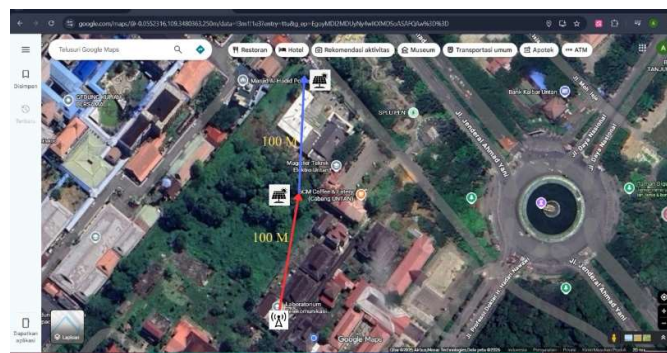
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian



6. HASIL DAN PEMBAHASAN



Peta Lokasi dengan Jarak 50 M



Peta Lokasi dengan Jarak 100 M



Tabel 1.1 Hasil Data pada jarak 50 Meter

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (Wh)	Latitude	Longitude	RSSI (dBm)	SNR (dB)
18.905	0.264	4.770	14.887	-0.055656	109.588638	-107	5,5
19.834	0.628	4.728	18.218	-0.055652	109.601862	-95	6,25
19.671	0.732	4.723	12.071	-0.055677	109.589400	-92	1,50
19.483	0.241	4.652	27.553	-0.055670	109.461713	-94	0,50
18.392	0.238	4.369	15.543	-0.055664	109.552323	-90	3,00

Hasil pengujian pada jarak 50 meter menunjukkan bahwa sistem komunikasi mampu beroperasi dengan baik. Nilai RSSI yang berada pada rentang -107 dBm hingga -90 dBm serta nilai SNR positif pada seluruh pengukuran mengindikasikan bahwa sinyal masih dapat diterima dengan kualitas yang memadai. Selain itu, konsumsi daya relatif stabil pada kisaran 4,37-4,72 W, sehingga sistem dapat bekerja secara andal pada jarak tersebut.

Tabel 1.2 Hasil Data pada jarak 100 Meter

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (Wh)	Latitude	Longitude	RSSI (dBm)	SNR (dB)
16,725	0.801	14,645	10,561	-0,055925	109.347913	-108	5.75
19,225	0.895	17,365	15,748	-0,055932	109.347948	-94	6.5
18,713	0.906	17,446	22,575	-0,055912	109.347983	-93	5.5
18,442	0.930	12,725	18,267	-0,055944	109.347983	-93	7.75
14,750	0.817	8,933	7,177	-0,055926	109.347988	-94	4.25

Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 100 meter, sistem komunikasi LoRa menunjukkan performa yang baik dengan nilai RSSI rata-rata sebesar -96,4 dBm dan SNR rata-rata sebesar 5,95 dB. Nilai SNR yang seluruhnya positif mengindikasikan bahwa sinyal masih dapat diterima dengan baik di atas tingkat noise lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kualitas komunikasi yang stabil dan andal pada jarak 100 meter.

Tabel 1.3 Data Perbandingan Nilai RSSI dengan Jarak

Jarak (m)	RSSI Panel 1	RSSI Panel 2
50	-93,8	-93,8
100	-98,1	-98,6
150	-98,53	-99,53
200	-103,1	-103



Berdasarkan Tabel 1.3, terlihat bahwa peningkatan jarak komunikasi menyebabkan penurunan nilai RSSI pada kedua panel pengukuran. Pada jarak 50 meter diperoleh nilai RSSI sebesar -93,8 dBm, sedangkan pada jarak 200 meter nilai RSSI menurun hingga sekitar -103 dBm. Hasil ini menunjukkan adanya pengaruh rugi-rugi propagasi terhadap kekuatan sinyal yang diterima. Meskipun demikian, nilai RSSI yang diperoleh masih berada dalam batas operasional modul LoRa sehingga komunikasi data tetap dapat berlangsung dengan baik. Perbedaan nilai RSSI antara Panel 1 dan Panel 2 yang relatif kecil juga menunjukkan konsistensi performa sistem pada kedua titik pengukuran.

7. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian sistem telemetri panel surya berbasis LoRa menggunakan metode cascading, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem telemetri panel surya yang terdiri dari Panel Surya 1, Panel Surya 2, dan receiver berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP32, sensor INA219, modul GPS, serta modul komunikasi LoRa RA-02. Sistem mampu melakukan pengukuran parameter tegangan, arus, daya, energi, dan koordinat lokasi secara realtime.
2. Metode cascading berhasil diterapkan pada sistem komunikasi LoRa, dimana data dari Panel Surya 1 diteruskan terlebih dahulu melalui Panel Surya 2 sebelum diterima oleh receiver. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme penerusan data dapat berjalan dengan baik pada seluruh jarak pengujian.
3. Meskipun terjadi penurunan nilai RSSI dan SNR pada jarak yang lebih jauh, sistem masih mampu melakukan pengiriman data telemetri dengan baik. Seluruh data monitoring yang meliputi tegangan, arus, daya, energi, dan koordinat GPS berhasil diterima oleh receiver dan ditampilkan pada platform Thinger.io.
4. Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter, metode cascading terbukti mampu mendukung komunikasi data telemetri panel surya secara stabil dan memperluas jangkauan komunikasi LoRa tanpa memerlukan koneksi langsung antara seluruh node dengan receiver.

REFERENSI

- [1] F. Ardi Wibowo, Y. Agus Pranoto, and R. Primaswara Prasetya, "Penerapan Iot (Internet of Thing) Untuk Monitoring Online Penggunaan Air Pdam Prabayar," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 146-151, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3302.
- [2] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 285-294, 2022, doi: 10.33373/sigmateknika.v5i2.4555.
- [3] A. P. Yuda, D. Riyanto, and J. S. Habiby, "Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya dilengkapi Informasi Lokasi," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 316-325, 2023.
- [4] F. Fauzy, I. S. Areni, and I. C. Gunadin, "Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT," *J. EKSITASI*, vol. 1, no. 1, pp. 14-21, 2022, [Online]. Available: www.edukasielektronika.com