

EVALUASI JANGKAUAN KOMUNIKASI LORA PADA KONFIGURASI ANTENA DAN MODE TRANSMISI DI KAWASAN PERKOTAAN

Akhdan Nur Luqman¹⁾, Achmad Hamdan²⁾, Dito Valentino³⁾, Dityo Kreshna Argeshwara⁴⁾

1) Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika Universitas Negeri Malang

E-mail: akhdan.nur.2205327@students.um.ac.id

2) Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika Universitas Negeri Malang

E-mail: achmad.hamdan.ft@um.ac.id

3) Teknik Elektro Universitas Negeri Malang

E-mail: dito.valentino.2505348@students.um.ac.id

4) Teknik Elektro Universitas Negeri Malang

E-mail: dityo.kreshna354@gmail.com

Abstrak

Internet of Things (IoT) membutuhkan komunikasi nirkabel yang efisien, hemat energi, dan memiliki jangkauan luas. LoRa (Long Range) menjadi solusi potensial karena mampu beroperasi pada jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Penelitian ini bertujuan menganalisis performa komunikasi LoRa pada dua skenario, yaitu satu arah dan dua arah, dengan variasi antena 5 dBi dan 12 dBi. Metode pengujian dilakukan menggunakan perangkat berbasis ESP32 dan modul LoRa E220 pada dua lokasi: permukiman padat dengan hambatan bangunan serta ruas jalan perkotaan dengan vegetasi. Hasil menunjukkan komunikasi satu arah lebih stabil, mampu menjangkau hingga >590 m dengan antena 12 dBi. Sebaliknya, komunikasi dua arah lebih terbatas, hanya sekitar 273 m, dengan beberapa balasan gagal. Pemilihan antena dan penempatan node strategis menjadi faktor penting untuk optimasi LoRa di kawasan perkotaan.

Kata kunci: LoRa, Komunikasi Data, Jarak.s

Pendahuluan

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu teknologi yang berkembang pesat dan banyak diterapkan pada berbagai bidang, seperti sistem monitoring, smart city, hingga pertanian cerdas [1]. Salah satu kebutuhan utama dalam penerapan IoT adalah komunikasi data nirkabel yang mampu menjangkau area luas, hemat energi, serta dapat diimplementasikan dengan biaya yang efisien [2]. LoRa (Long Range) menjadi salah satu teknologi komunikasi yang dapat menjawab kebutuhan tersebut karena mampu beroperasi pada jarak jauh dengan konsumsi daya rendah [3], [4].

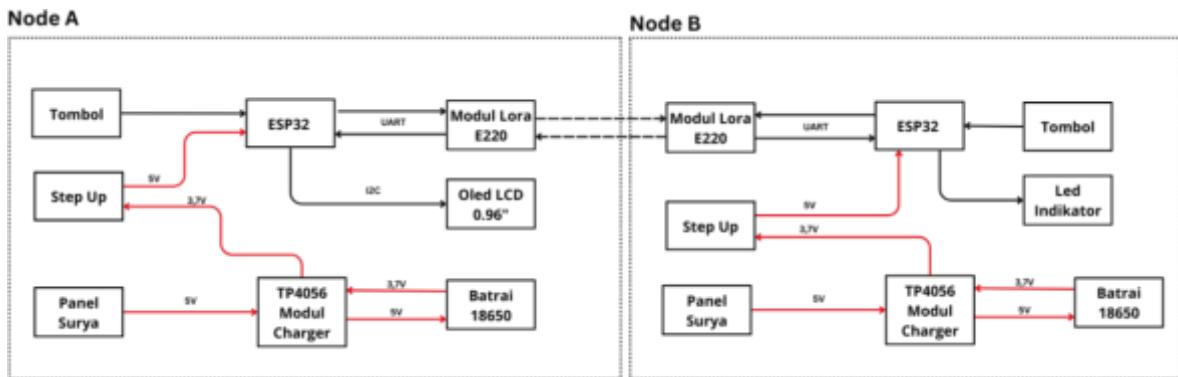
Namun, performa LoRa dapat berbeda-beda tergantung pada kondisi lingkungan, terutama di daerah perkotaan yang memiliki banyak hambatan fisik seperti gedung dan kepadatan lalu lintas frekuensi [5]. Oleh karena itu, pengujian dilakukan dengan dua skenario komunikasi, yaitu satu arah dan dua arah, untuk mengevaluasi performa sistem berbasis LoRa [6]. Pada skenario satu arah, perangkat hanya berfungsi sebagai pengirim data menuju perangkat penerima, sedangkan pada skenario dua arah dilakukan pengiriman dan penerimaan data secara bergantian. Selain itu, pengujian juga memperhatikan perbedaan spesifikasi antena yang digunakan, sehingga dapat dianalisis pengaruh jenis antena terhadap kualitas transmisi dan penerimaan sinyal.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan LoRa dalam menghadapi perbedaan kondisi lingkungan di kawasan perkotaan, serta menjadi bahan pertimbangan dalam penerapan IoT di wilayah serupa. Penggunaan LoRa ini juga bisa mendukung sistem energi terbarukan, misalnya dalam pemantauan panel surya, turbin angin, atau jaringan distribusi listrik pintar (*smart grid*), di mana efisiensi komunikasi data berperan penting untuk pengendalian dan pemanfaatan energi yang berkelanjutan [7], [8]. Dengan demikian, LoRa tidak hanya relevan untuk pengembangan IoT perkotaan, tetapi juga menjadi teknologi komunikasi strategis yang sejalan dengan upaya pertumbuhan ekonomi hijau [9].

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan pendekatan deskriptif analitik. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai perilaku sinyal komunikasi LoRa (Long Range) pada kondisi nyata

serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhinya. LoRa dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki karakteristik jangkauan komunikasi yang luas dengan konsumsi daya rendah, sehingga banyak digunakan dalam sistem Internet of Things (IoT) yang mendukung efisiensi energi.



Gambar 1. Blok diagram alat uji LoRa

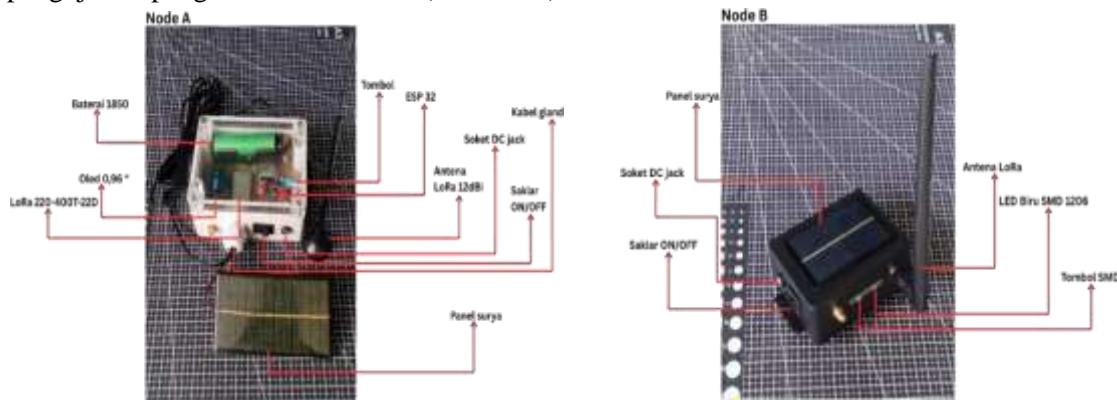
Proses penelitian dilakukan dengan merancang perangkat uji berbasis ESP32 yang terhubung dengan modul LoRa E220. Perangkat ini terdiri atas dua node, yaitu pemancar dan penerima, yang masing-masing dilengkapi antena eksternal serta indikator berupa OLED dan LED. Catu daya perangkat menggunakan baterai Li-ion 18650 yang didukung modul pengisi daya TP4056 dan panel surya mini, sehingga memungkinkan pengujian di lapangan secara mandiri sekaligus menekankan pemanfaatan energi terbarukan.

Pengujian dilakukan di dua lokasi dengan karakteristik berbeda, yaitu lingkungan pemukiman padat dan area jalan raya semi-terbuka. Setiap pengujian dilakukan dengan mengirimkan paket data pada berbagai titik jarak tertentu, kemudian diamati sejauh mana komunikasi dapat berlangsung tanpa gangguan. Selain itu, digunakan beberapa spesifikasi antena LoRa untuk mengetahui pengaruh jenis antena terhadap jangkauan komunikasi. Hasil pengujian dicatat secara manual meliputi jarak, kondisi lingkungan, jenis antena, serta status paket yang berhasil atau gagal diterima.

Hasil dan Pembahasan

Hardware dan Perangkat Uji LoRa

Perangkat uji yang digunakan berbasis mikrokontroler ESP32 dan modul LoRa E220. Setiap node dilengkapi antena eksternal, OLED, dan LED sebagai indikator status komunikasi. Perangkat ditenagai baterai Li-ion 18650 yang didukung TP4056 serta panel surya mini, memungkinkan pengujian lapangan secara mandiri (Gambar 2).



Gambar 2. Hardware sistem uji LoRa node a dan node b

Analisis Jangkauan LoRa pada Permukiman dengan Hambatan Bangunan

Pengujian Pengujian komunikasi dilakukan pada area permukiman dengan variasi jumlah halangan rumah yaitu 2 rumah, 4 rumah, dan 6 rumah. Skema jalur komunikasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema pengujian komunikasi dengan halangan rumah

Tabel 1. Hasil Pengujian Komunikasi Pada Lokasi Dengan Halangan Rumah

Halangan	Mode	5 dBi ↔ 5 dBi	5 dBi → 12 dBi	12 dBi → 5 dBi
		Gagal (balasan dari A tidak terkirim)	Berhasil	Berhasil
2 rumah	Dua arah	Gagal (balasan dari A tidak terkirim)	Berhasil	Berhasil
	Satu arah A→B	Berhasil	Berhasil	Berhasil
	Satu arah B→A	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4 rumah	Dua arah	Tidak berhasil	Tidak berhasil	Gagal (balasan dari A tidak terkirim)
	Satu arah A→B	Berhasil	Berhasil	Berhasil
	Satu arah B→A	Berhasil	Berhasil	Berhasil
6 rumah	Dua arah	Tidak berhasil	Tidak berhasil	Tidak berhasil
	Satu arah A→B	Berhasil	Berhasil	Berhasil
	Satu arah B→A	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Berdasarkan Tabel 1, pada pengujian dengan halangan 2 rumah (27,88 meter) komunikasi satu arah masih dapat berlangsung baik untuk semua konfigurasi antena, sedangkan komunikasi dua arahnya berhasil sebagian, khususnya pada konfigurasi 5 dBi ↔ 5 dBi terjadi kegagalan karena balasan dari Node A tidak dapat diterima Node B. Pada pengujian dengan halangan 4 rumah (52,87 meter), komunikasi satu arah masih berhasil untuk semua konfigurasi, namun komunikasi dua arah mengalami lebih banyak kegagalan, hanya konfigurasi 12 dBi → 5 dBi yang masih sebagian berhasil tetapi balasan tidak diterima. Sementara itu, pada pengujian dengan halangan 6 rumah (87,02 meter), komunikasi dua arah sepenuhnya gagal, namun komunikasi satu arah tetap berhasil untuk semua konfigurasi antena.

Analisis Jangkauan LoRa pada Ruas Jalan Perkotaan dengan Hambatan Vegetasi

Pengujian selanjutnya dilakukan di ruas jalan perkotaan dengan hambatan berupa pepohonan yang berada di sepanjang jalur transmisi. Perangkat uji berbasis ESP32 dan modul LoRa E220 dipasang pada dua node, masing-masing dilengkapi antena eksternal, OLED, dan LED sebagai indikator status komunikasi. Catu daya menggunakan baterai Li-ion 18650 dengan modul pengisi daya TP4056 dan panel surya mini, sehingga memungkinkan pengujian lapangan secara mandiri (Gambar 3).

Pengujian dilakukan dalam dua skenario komunikasi. Skenario pertama adalah satu arah, di mana data dikirim dari node A ke node B atau sebaliknya tanpa balasan. Skenario kedua adalah dua arah, di mana setelah node B menerima data dari node A, node B langsung mengirimkan balasan ke A, sehingga terjadi komunikasi bolak-balik secara real-time. Pengujian dilakukan untuk kombinasi antena 5 dBi dan 12 dBi.



Keterangan:

- : Node A(5dBi) ke Node B(5dBi) (228.67meter)
- : Node B(5dBi) ke Node A(5dBi) (235.16meter)
- : Node A(5dBi) ke Node B(12dBi) (593.33meter)
- : Node B(5dBi) ke Node A(12dBi) (592.1meter)
- : Node A(12dBi) ke Node B(5dBi) (593.55meter)
- : Node B(12dBi) ke Node A(5dBi) (591.95meter)

Gambar 4. Peta jangkauan komunikasi satu arah

Tabel 2. Hasil Uji Komunikasi Dua Arah di lokasi Ruas jalan

Arah	Antena Pemancar	Antena Pemancar	Jarak Maksimum (m)
A → B	5 dBi	5 dBi	228.67
A → B	5 dBi	12 dBi	593.33
A → B	12 dBi	5 dBi	593.55
B → A	5 dBi	5 dBi	235.16
B → A	5 dBi	12 dBi	592.1
B → A	12 dBi	5 dBi	591.95

Pada skenario dua arah, jarak maksimum mengalami penurunan dibanding komunikasi satu arah. Kombinasi antena 5 dBi ↔ 5 dBi hanya mampu menjangkau 188.77 m. Sementara itu, kombinasi asimetris 5 dBi ↔ 12 dBi dan 12 dBi ↔ 5 dBi mencapai sekitar 273 m, namun komunikasi penuh tidak berhasil karena balasan dari node A ke node B gagal terkirim.



Gambar 5. Peta map jarak hasil komunikasi dua arah

Tabel 3. Hasil Uji Komunikasi Dua Arah di lokasi Ruas jalan

Arah	Antena Pemancar	Antena Pemancar	Jarak Maksimum (m)	Status Balasan
A ↔ B	5 dBi	5 dBi	188.77	Berhasil
A ↔ B	5 dBi	12 dBi	273.26	Gagal (balasan dari A tidak terkirim)
A ↔ B	12 dBi	5 dBi	273.96	Gagal (balasan dari A tidak terkirim)

Pengujian Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi dua arah membutuhkan kualitas sinyal yang lebih stabil karena setiap paket data tidak hanya harus diterima dengan benar, tetapi juga dikirimkan kembali sebagai balasan. Kondisi ini membuat jarak maksimum yang dapat dicapai pada komunikasi dua arah lebih pendek dibanding komunikasi satu arah.

Tingkat Antena gain tinggi tetap memberikan jangkauan lebih baik dibanding antena 5 dBi, baik pada skenario satu arah maupun dua arah. Tingkat keberhasilan pengiriman paket mendekati 100% pada jarak pendek (<500 m) untuk semua kombinasi antena, namun mulai menurun pada jarak menengah hingga jauh.

Hasil ini menekankan pentingnya pemilihan antena dan penempatan node secara strategis untuk optimasi sistem IoT berbasis LoRa di lingkungan perkotaan dengan hambatan vegetasi.

Kesimpulan

Penelitian Penelitian menunjukkan komunikasi LoRa satu arah lebih stabil dibanding dua arah. Pada lingkungan permukiman, satu arah berhasil hingga 87,02 m (6 rumah), sedangkan dua arah gagal pada jarak >52,87 m. Di ruas jalan dengan hambatan vegetasi, satu arah menjangkau 228,67 m dengan antena 5 dBi ↔ 5 dBi, dan lebih dari 590 m dengan kombinasi 12 dBi. Namun, dua arah lebih terbatas, hanya 188,77 m (5 dBi ↔ 5 dBi) dan sekitar 273 m untuk kombinasi 12 dBi dengan balasan gagal. Dengan demikian, penggunaan antena gain tinggi dan penempatan node yang tepat penting untuk optimasi LoRa di kawasan perkotaan. Hasil ini juga menegaskan potensi LoRa sebagai teknologi hemat energi yang mendukung pemantauan energi terbarukan dan aplikasi IoT untuk pertumbuhan ekonomi hijau berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis Ucapan terima kasih dan apresiasi diberikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Malang yang telah memberikan pendanaan serta fasilitas dalam kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] F. K. Shaikh, S. Karim, S. Zeadally, dan J. Nebhen, “Recent trends in internet-of-things-enabled sensor technologies for smart agriculture,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 9, no. 23, hlm. 23583–23598, 2022.
- [2] S. A. Ansar, K. Jaiswal, S. Aggrawal, A. Srivastava, dan V. Singh, “NB IoT: Transitioning from IoT to an eco-friendly IoT approach,” dalam *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing LLC, 2023, hlm. 020012. Diakses: 26 September 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2954/1/020012/2925172>
- [3] P. Malik, R. Sharma, U. Ghosh, dan W. S. Alnumay, “Internet of Things and long-range antenna’s; challenges, solutions and comparison in next generation systems,” *Microprocess. Microsyst.*, vol. 103, hlm. 104934, 2023.
- [4] D. Gao dkk., “WiLo: Long-range cross-technology communication from Wi-Fi to LoRa,” *IEEE Trans. Commun.*, 2024, Diakses: 26 September 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10680638/>
- [5] S. Pang, D. Kong, D. Liu, R. Pan, H. Wang, dan X. Wang, “Evaluation of LoRa Network Link Quality in Complex Urban Environments Based on Static and Dynamic Parameters,” *IEEE Access*, 2024, Diakses: 26 September 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10666499/>
- [6] H. Soy, T. Fatih Ateş, dan A. Osman Özkan, “Feasibility of LoRa-based Infrastructure-to-Vehicle (I2V) communication for road weather information systems,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 38, no. 4, hlm. e6002, Mar 2025, doi: 10.1002/dac.6002.
- [7] G. Y. Odongo, R. Musabe, D. Hanyurwimfura, dan A. D. Bakari, “An efficient LoRa-enabled smart fault detection and monitoring platform for the power distribution system using self-powered IoT devices,” *IEEE Access*, vol. 10, hlm. 73403–73420, 2022.
- [8] L. Jia, Z. Li, dan Z. Hu, “Applications of the Internet of Things in renewable power systems: A survey,” *Energies*, vol. 17, no. 16, hlm. 4160, 2024.
- [9] B. S. Aljabri dan A. H. Alharthy, “Integrating LoRa and IoT Technologies for Sustainable Urban Management: A Smart City Framework for Makkah”, Diakses: 26 September 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieomsociety.org/proceedings/oман2024/70.pdf>.