

Implementasi LoRa sebagai Media Komunikasi Data Tinggi Air pada Lahan Gambut

Noptin Harpawi¹, Yuli Triyani², Made Rahmawaty³, Muhammad Rizki Saputra⁴

^{1,2,4} Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru, 28265, Indonesia

³ Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru, 28265, Indonesia

Corresponding Author: noptin@pcr.ac.id

Riwayat Artikel

Diserahkan: 21 Mei 2025

Direvisi: 13 Oktober 2025

Diterima: 22 Oktober 2025

Dipublikasi: 30 November 2025

Abstrak

Kebakaran hutan di lahan gambut merupakan ancaman serius, terutama di Riau yang memiliki 3,89 juta hektar lahan gambut dan sangat rentan saat musim kemarau. Kebakaran ini sulit dikendalikan karena api dapat menjalar di bawah permukaan tanah yang kering. Salah satu upaya pencegahan adalah pemantauan tinggi muka air secara *real-time* untuk menjaga kelembapan lahan. Teknologi *Long Range* (LoRa), dengan jangkauan jauh dan konsumsi daya rendah, lebih efektif dibandingkan sistem IoT berbasis jaringan seluler yang terbatas di wilayah terpencil. Penelitian ini mengembangkan sistem LoRa multi-hop sebanyak tujuh hop untuk mengirim data dari area terpencil ke jaringan seluler melalui jalur sungai tanpa infrastruktur mahal. Solusi ini lebih efisien dengan penghematan biaya hingga 96%-99% dibandingkan metode lainnya. Sistem akan diterapkan di PT Rimba Mandau Lestari, Kabupaten Siak, Riau, untuk menggantikan pemantauan manual yang kurang efektif. Pengujian menunjukkan penggunaan *Low Noise Amplifier* (LNA) meningkatkan kualitas sinyal dengan rata-rata RSSI -97,6 dBm dan *Delivery Success Rate* 100%, dengan delay mencapai 12,36 detik.

Kata kunci: LoRa, *Low Noise Amplifier* (LNA), *Node*, *Gateway*, *Blynk*, *Internet of Things* (IoT).

Abstract

Peatland Forest Fires pose a serious threat, particularly in Riau, which has 3.89 million hectares of peatland and is highly vulnerable during the dry season. These fires are difficult to control because the flames can spread beneath the dry surface of the soil. One preventive measure is real-time monitoring of the water table to maintain soil moisture. Long Range (LoRa) technology, with its long-range communication and low power consumption, is more effective than cellular-based IoT systems, which are limited in remote areas. This study developed a seven-hop LoRa multi-hop system to transmit data from remote areas to a cellular network via river routes without the need for expensive infrastructure. The solution is more efficient, offering a cost reduction of up to 96%-99% compared to other methods. The system will be applied at PT Rimba Mandau Lestari, Siak Regency, Riau, to replace the less effective manual monitoring approach. Testing results showed that the use of a Low Noise Amplifier (LNA) improved signal quality, achieving an average RSSI of -97.6 dBm and a Delivery Success Rate of 100%, with a delay of up to 12.36 seconds.

Keywords: LoRa, *Low Noise Amplifier* (LNA), *Node*, *Gateway*, *Blynk*, *Internet of Things* (IoT)

1. Pendahuluan

Kebakaran hutan di lahan gambut, terutama saat musim kemarau, menjadi ancaman serius, seperti yang sering terjadi di provinsi Riau

dengan lahan gambut terluas di Sumatra, mencapai 3,89 juta hektar dari total 6,49 juta hektar [1]. Lahan gambut yang kering sangat rentan terbakar karena api dapat menjalar

Harpawi dkk.

melalui bawah permukaan tanah. Oleh karena itu, pemantauan tinggi muka air menjadi penting sebagai upaya pencegahan. Teknologi *Long Range* (LoRa) dinilai efektif untuk pengiriman data di daerah terpencil karena jangkauan jauh, konsumsi daya rendah, dan ukuran perangkat yang kecil [2].

Penelitian [3] menggunakan jaringan seluler untuk mengirim data tinggi muka air secara real-time sebagai sistem peringatan dini. Namun, tantangan sinyal seluler di lokasi terpencil menjadi kendala utama. Penelitian ini mengembangkan sistem tersebut dengan menggunakan LoRa sebagai solusi komunikasi utama, terutama dalam konfigurasi multi-hop di sepanjang sungai menuju area dengan sinyal seluler yang baik. LoRa multi-hop terbukti lebih ekonomis, menghemat hingga 98%–99% biaya dibandingkan dengan solusi tower tinggi, dan 96%–99% dibandingkan komunikasi satelit.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem komunikasi berbasis LoRa yang andal dan hemat biaya untuk mengatasi keterbatasan jaringan di lahan gambut. Dengan implementasi multi-hop, dengan menggunakan LNA dan jalur propagasi di atas air, serta integrasi dengan platform monitoring seperti Blynk, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam pengembangan sistem peringatan dini kebakaran hutan, sekaligus menjadi referensi bagi penerapan teknologi IoT di wilayah-wilayah terpencil.

2. Metode Penelitian

2.1. Studi Literatur

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan teknologi LoRa dan IoT dalam sistem peringatan dini dan monitoring.

Penelitian [3] mengembangkan sistem pendeteksi kebakaran hutan pada lahan gambut menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan sensor suhu, kelembapan, dan asap, serta transmisi data real-time melalui jaringan seluler.

Implementasi LoRa sebagai Media Komunikasi....

Penelitian [4] merancang sistem monitoring dan kontrol lahan pertanian berbasis LoRa dan ESP32 untuk mengatur pengairan melalui motor DC, dengan data ditampilkan melalui antarmuka Kodular. Pada [5] dikembangkan sistem pengaturan penerangan jalan hemat daya menggunakan sensor ultrasonik dan komunikasi LoRa untuk mengatur intensitas LED. Penelitian [6] merancang sistem monitoring suhu, kelembapan, dan kecepatan angin berbasis LoRa, dengan jangkauan komunikasi hingga 1200 meter dalam kondisi NLoS. Pada [7] dikembangkan sistem pemantauan tinggi air lahan sawah menggunakan modul LoRa E32 dengan mode hemat daya yang mampu bertahan hingga empat hari tanpa panel surya. Penelitian [8] menganalisis performa LoRa berdasarkan variasi *spreading factor* (SF) dan menemukan bahwa SF11 unggul untuk jarak jauh meskipun berdampak pada lamanya waktu transmisi. Pada [9] diimplementasikan sistem pemantauan level air menggunakan LoRa *point-to-point*, dan melakukan pengujian pada parameter SF, *bandwidth*, dan *coding rate* untuk mengamati nilai RSSI dan SNR. Penelitian [10] meneliti optimasi konsumsi daya LoRa melalui konfigurasi parameter BW, SF, dan CR, di mana SF7 dan BW 125 kHz memberikan efisiensi konsumsi daya yang baik.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan pendekatan komunikasi modern yang mengintegrasikan objek sehari-hari dengan mikrokontroler dan *transceiver* untuk komunikasi digital, serta mendukung protokol komunikasi antar perangkat dan pengguna melalui internet [11]. Penerapan IoT sangat luas, seperti sistem pelacakan pendaki di daerah pegunungan menggunakan LoRa sebagai media transmisi dan terhubung ke internet [12]. Dalam IoT terdapat teknologi *Customer IoT* (CIoT), namun CIoT memiliki kelemahan seperti isu keamanan,

Harpawi dkk.

privasi, akses tanpa izin, dan eksploitasi *buffer* akibat produksi massal tanpa perhatian terhadap keamanan [13]. Berbeda dengan *Industrial IoT* (IIoT), aspek keamanan menjadi prioritas karena keterhubungan perangkat yang rentan terhadap serangan siber, sehingga perlindungan privasi dan keamanan data sangat penting dalam desain sistem [14]. Meskipun memiliki kekurangan, IoT tetap menjadi teknologi dengan jangkauan luas dan protokol standar yang memungkinkan penerapan praktis di lapangan [11].

2.2.2. Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) merupakan teknologi komunikasi dalam *Internet of Things* (IoT) yang termasuk dalam kategori *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), karena memiliki konsumsi daya rendah dan *bandwidth* kecil [2]. LoRa umumnya menggunakan frekuensi tanpa lisensi seperti 433 MHz, 868 MHz, dan 2.4 GHz [2]. Di Indonesia, frekuensi yang diperbolehkan untuk perangkat LoRa adalah 923–925 MHz sesuai Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 13 Tahun 2018 [15].

Teknologi ini menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), yang mentransmisikan data melalui sinyal "chirps" dengan parameter utama yang disebut *Spreading Factor* (SF), biasanya berkisar antara SF7 hingga SF12 tergantung kebutuhan [2]. Keunggulan utama LoRa adalah daya rendah, jangkauan luas, dan biaya yang efisien, sehingga cocok untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya minimal.

Dalam penelitian ini digunakan modul LoRa LilyGO V2.1_1.6 dengan chip SX1276, yang telah dilengkapi ESP32 dan layar OLED 0.96 inci, serta mendukung frekuensi 923 MHz dan kompatibel dengan Arduino IDE [16].

2.2.3. ESP32

ESP32 merupakan sistem pada chip (SoC) yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan

Implementasi LoRa sebagai Media Komunikasi....

banyak digunakan dalam aplikasi *Internet of Things* (IoT) karena performanya yang tinggi, efisiensi daya, dan fitur yang lengkap [17] [18]. Chip ini mendukung Wi-Fi dan *Bluetooth dual-mode*, prosesor *dual-core Xtensa LX6* hingga 240 MHz, serta fitur hemat daya seperti *deep-sleep*. Fitur keamanan seperti enkripsi dan *secure boot* juga disematkan untuk melindungi data [18]. ESP32 mendukung berbagai *peripheral* seperti UART, SPI, I2C, ADC, dan DAC, yang memungkinkan integrasi dengan berbagai perangkat eksternal. Karena kemampuannya ini, ESP32 banyak digunakan dalam rumah pintar, pemantauan kesehatan, dan aplikasi lain yang membutuhkan konektivitas nirkabel dan pemrosesan cepat [18].

2.2.4. Low Noise Amplifier (LNA)

Low Noise Amplifier (LNA) merupakan komponen penting pada penerima sinyal radio yang berfungsi memperkuat sinyal lemah dengan tambahan *noise* seminimal mungkin. LNA biasanya ditempatkan pada tahap awal rantai penerima untuk meningkatkan sensitivitas dan menjaga kualitas sinyal [19].

Salah satu jenis LNA yang banyak digunakan adalah SPF5189Z, yang berbasis teknologi *Gallium Arsenide* (GaAs) dan beroperasi pada rentang frekuensi 50 MHz hingga 4000 MHz. LNA ini memiliki gain tinggi sekitar 18–20 dB dan noise figure rendah sekitar 0.6 dB pada 900 MHz, sehingga sangat efektif memperkuat sinyal di lingkungan dengan gangguan tinggi seperti lahan gambut [20]. Dalam sistem komunikasi LoRa, penggunaan SPF5189Z dapat meningkatkan jangkauan dan kualitas transmisi data secara signifikan.

2.2.5. Blynk

Blynk adalah *platform Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna mengendalikan perangkat keras seperti Arduino, Raspberry Pi, dan ESP8266/ESP32 secara jarak jauh melalui aplikasi seluler. Aplikasi ini menyediakan

Harpawi dkk.

: antarmuka intuitif berbasis *widget*, seperti tombol dan grafik, sehingga pengguna dapat membangun kontrol perangkat tanpa menulis kode kompleks [21]. *Blynk* terdiri dari tiga komponen utama: *Blynk App* (antarmuka pengguna pada ponsel), *Blynk Server* (pengelola komunikasi antara aplikasi dan perangkat), dan *Blynk Library* (perangkat lunak yang memungkinkan perangkat keras berkomunikasi dengan server melalui protokol seperti HTTP atau MQTT) [22].

Keunggulan Blynk dalam proyek IoT antara lain kemudahan integrasi tanpa perlu banyak pemrograman, kompatibilitas multi-platform, serta kemampuan monitoring dan kontrol secara real-time. Hal ini menjadikannya ideal untuk otomatisasi rumah, pemantauan energi, dan aplikasi IoT lainnya [23].

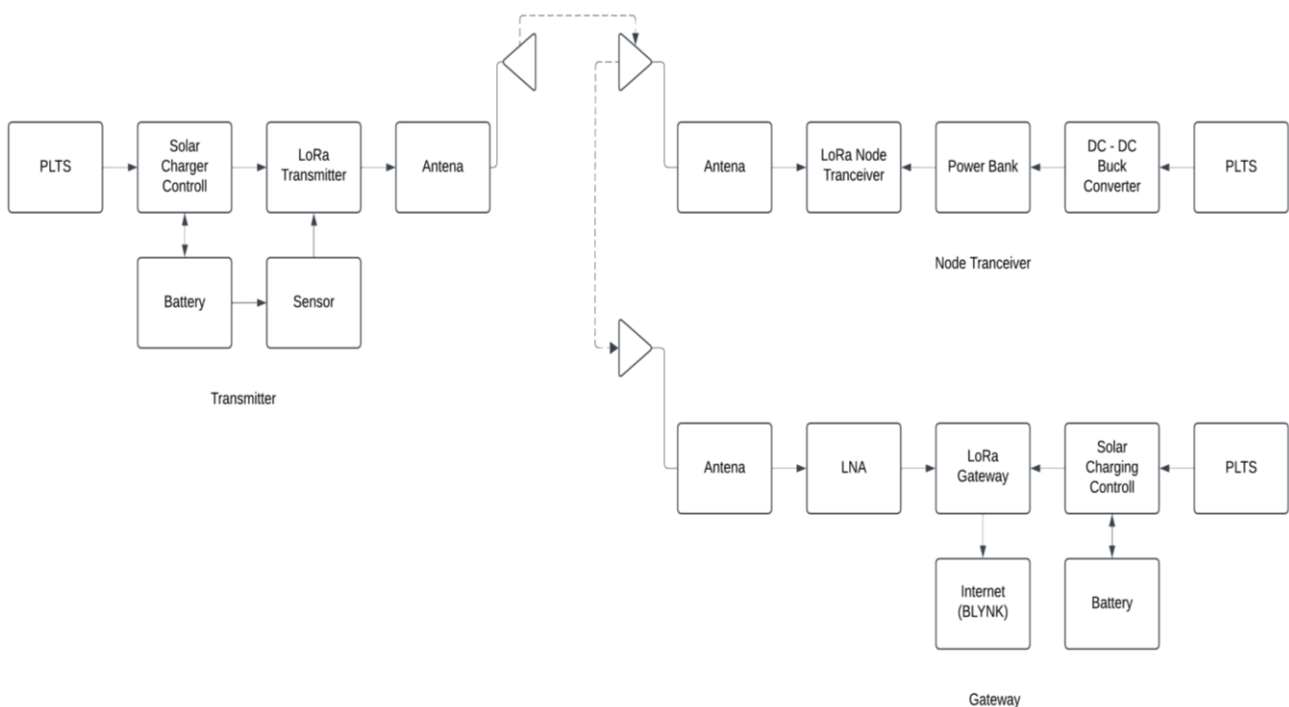
2.3. Blok Diagram

Sistem komunikasi LoRa yang dirancang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *transmitter*, *ode transceiver*, dan *gateway*. Masing-masing

Implementasi LoRa sebagai Media Komunikasi....

unit menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber daya mandiri untuk memungkinkan operasional di wilayah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik. Namun pada node *transceiver* hanya menggunakan *buck converter* tanpa menggunakan *solar charger control* hal ini bertujuan untuk mengefisiensikan daya yang digunakan.

Transmitter berfungsi untuk membaca data tinggi muka air dari sensor dan mengirimkannya melalui LoRa. Data dikirim secara bertahap melalui beberapa *node transceiver* (multi-hop) hingga mencapai *gateway*. *Gateway* menerima data terakhir dan meneruskannya ke internet menggunakan koneksi seluler. Untuk meningkatkan kualitas sinyal, *gateway* dilengkapi dengan *Low Noise Amplifier* (LNA). Data yang telah sampai ke *gateway* akan ditampilkan secara real-time melalui platform Blynk. Ilustrasi rancangan sistem secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 1.



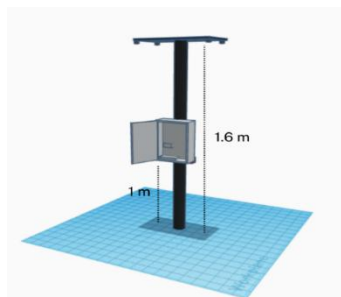
Gambar 1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

2.4. Perancangan Sistem

Sistem komunikasi LoRa ini dirancang untuk pengiriman data tinggi muka air dari lahan gambut ke sistem pemantauan berbasis Internet menggunakan pendekatan multi-hop. Topologi sistem terdiri dari tujuh titik, yaitu satu *node transmitter* (titik A), lima *node transceiver* (titik B-F), dan satu *gateway* (titik G), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap *node* menggunakan modul Lilygo LoRa32 V2.1_1.6 yang dilengkapi dengan ESP32 dan terhubung ke antena eksternal. *Node* dirancang untuk menerima dan meneruskan paket data ke titik berikutnya menggunakan protokol komunikasi serial dengan sistem pengiriman berbasis *Acknowledgment (ACK)* agar transmisi lebih handal. Setiap *node* dipasang pada struktur tiang setinggi 2 meter dengan 40 cm bagian bawah tertanam ke tanah untuk kestabilan, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3. *Node* ditenagai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan masing-masing *node* dilengkapi *power bank* 10.000 mAh, sementara *gateway* menggunakan aki 10 Ah dan *solar charge controller* (SCC) untuk pengaturan pengisian daya.



Gambar 2. Topologi Sistem Komunikasi LoRa di lahan gambut



Gambar 3. Design Kontruksi dari Node Transceiver

2.5. Metode Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem berdasarkan dua skenario:

2.5.1. Pengujian Single Hop Point to Point

Tujuan pengujian ini adalah mengukur performa transmisi LoRa dengan dan tanpa *Low Noise Amplifier* (LNA), serta membandingkan karakteristik propagasi sinyal di atas tanah dan di atas air yang nantinya akan di jadikan acuan dalam menentukan jumlah hop yang akan digunakan. Parameter yang diukur:

- *Received Signal Strength Indicator* (RSSI)
- *Delivery Success Rate* (%)

2.5.2. Pengujian Konfigurasi Multi Hop

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur:

- *Total Delay* (detik)
- *Delivery Success Rate* (%)
- *Time on Air* (TOA)

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap utama. Tahap pertama bertujuan untuk menentukan jarak optimal transmisi LoRa dalam konfigurasi *single hop point to point*, dengan memperhatikan parameter *Delivery Success Rate* dan nilai RSSI. Pengujian ini juga mencakup analisis terhadap pengaruh penggunaan *Low Noise Amplifier* (LNA) serta perbandingan propagasi sinyal di atas tanah dan di atas air. Tahap kedua adalah pengujian total delay dalam konfigurasi *multi hop*, yang jumlah hop-nya ditentukan berdasarkan hasil uji jarak optimal sebelumnya. Pada tahap ini, sistem dievaluasi berdasarkan waktu tunda keseluruhan dan keberhasilan pengiriman data hingga mencapai *gateway*.

3.1. Jarak Optimal, *Delivery Success Rate* dan Nilai RSSI

Pengujian ini akan dilakukan dalam tiga kondisi:

- Propagasi di atas tanah tanpa LNA
- Propagasi di atas tanah menggunakan LNA
- Propagasi di atas air menggunakan LNA

Tiga kondisi di atas dilakukan dengan konfigurasi *single hop point to point*, dimana pengujian ini menggunakan dua hop. Salah satu perangkat LoRa yang berfungsi sebagai *transmitter* akan diletakkan di suatu posisi tetap dan perangkat lainnya yang berfungsi sebagai *receiver* akan dibawa ke posisi tertentu dengan jarak 100 m hingga 1000 m. Perpindahan ini akan menggunakan interval per 100 m dan akan diperhatikan *Delivery Success Rate* dan nilai RSSI pada perangkat *gateway*. Ilustrasi pengujian terdapat pada Gambar 4.

3.1.1. Propagasi di atas tanah Menggunakan LNA dan tanpa menggunakan LNA

Implementasi LoRa sebagai Media Komunikasi....

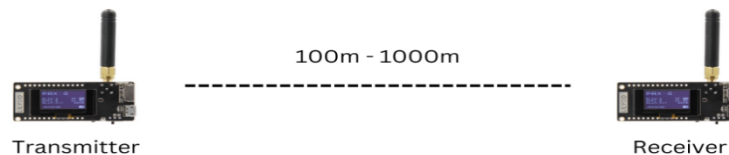
Pengujian dilakukan di sepanjang jalan padat karya yang terletak di daerah Okura area kota pekanbaru. Pengujian ini dilakukan untuk menguji dua situasi yaitu di atas tanah tanpa menggunakan LNA dan menggunakan LNA.

3.1.2. Propagasi diatas air dengan menggunakan LNA

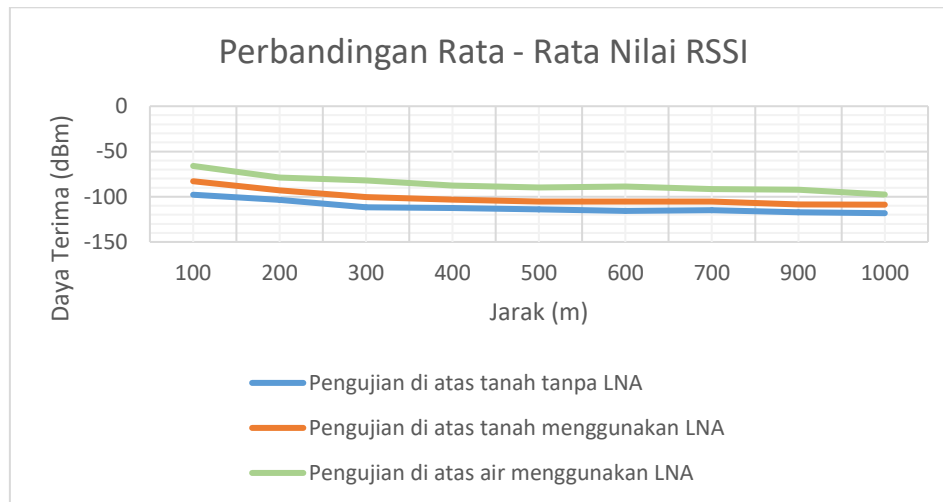
Pemilihan kondisi di atas air didasarkan pada lokasi pemasangan di PT. Rimba Mandau Lestari yang berdekatan dengan kanal. Pengujian di atas air dilakukan di jalan Paus di daerah Rumbai area kota Pekanbaru. Pemilihan area ini karena di sekitar lokasi pengujian berdekatan dengan kanal kecil yang sesuai dengan kondisi pada pemasangan yaitu pada PT. Rimba Mandau Lestari.

Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa seluruh paket data berhasil dikirim dengan *Delivery Success Rate* sebesar 100% dalam 10 kali pengiriman berulang. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat beroperasi secara optimal pada jarak 1000m.

Analisis terhadap nilai rata-rata RSSI pada berbagai kondisi propagasi mengungkapkan bahwa pada jarak 1000 m, propagasi di atas tanah tanpa LNA menghasilkan rata – rata RSSI sebesar -118,60 dBm, propagasi di atas tanah dengan LNA menghasilkan rata – rata RSSI sebesar -108,80 dBm, sedangkan propagasi di atas air menggunakan LNA menghasilkan rata – rata RSSI sebesar -97.6 dBm. Hasil ini menunjukkan bahwa propagasi di atas air menggunakan LNA serta propagasi di atas tanah dengan LNA memiliki kualitas daya terima yang lebih baik dibandingkan dengan propagasi di atas tanah tanpa LNA. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan LNA serta pemilihan jalur propagasi di atas air dapat meningkatkan kualitas sinyal dan efektivitas sistem komunikasi LoRa. Data hasil pengujian di tampilkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Ilustrasi Pengujian *Delivery Success Rate* dan nilai RSSI.



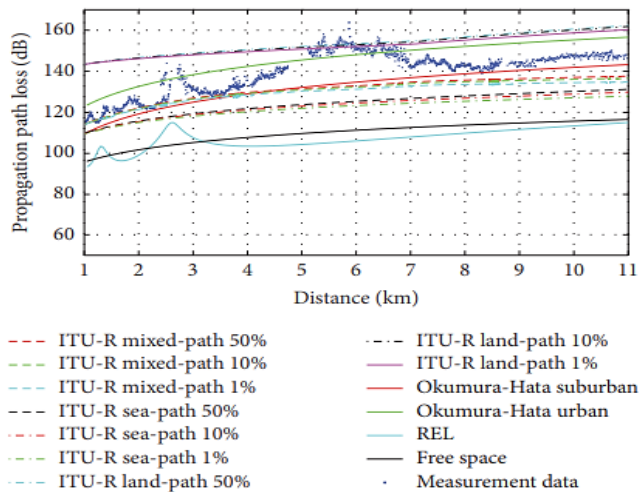
Gambar 5. Grafik perbandingan rata – rata nilai RSSI.

Peningkatan yang terjadi pada LNA dikarenakan adanya amplifier aktif yang menguatkan sinyal masukan yang sebelumnya telah difilter oleh *High Pass Filter* (HPF). Berdasarkan datasheet SPF5189Z, penguatan sinyal kecil (*small signal gain*) pada frekuensi 0.9 GHz mencapai 18.7 dB [20]. Dengan demikian, sinyal keluaran dari LNA dapat diperkuat secara signifikan sehingga kualitasnya menjadi lebih baik.

Peningkatan nilai RSSI pada propagasi di atas air dari pada di atas tanah dikarenakan menurut [24] model propagasi pada daerah perairan pedalaman seperti sungai dapat dimodelkan menggunakan pendekatan kombinasi jalur darat dan air (*mixed-path*). Untuk jalur perairan (sungai), model propagasi yang lebih sesuai adalah pendekatan Okumura-Hata untuk lingkungan suburban, karena mencerminkan kondisi area terbuka dengan hambatan minimal di sekitar jalur sungai.

Berdasarkan studi oleh [25] nilai α pada frekuensi 800 hingga 900 MHz pada lingkungan urban bervariasi antara 50 dB hingga 55 dB, sedangkan pada lingkungan suburban berada di kisaran 20 dB hingga 35 dB, tergantung pada kondisi lingkungan oleh karena itulah nilai RSSI pada propagasi di atas air lebih baik dibandingkan dengan di atas tanah.

Selain nilai konstanta *offset* perbandingan antara daratan dan air pada model propagasi *inland river* juga menjadi penentu. Semakin banyak jalur yang melewati air nilai *pathloss* juga semakin kecil hal ini dapat dilihat pada Gambar 6. Propagasi dengan persentase air dan tanah 50% nilai *path loss* lebih kecil dibandingkan perbandingan 10% pada frekuensi *carrier* 1.4 GHz.



Gambar 6. Grafik perbandingan model propagasi air dan tanah

3.2. Pengujian *Total Delay Multi Hop*

Pada tahap awal perancangan, sistem komunikasi ini dirancang dengan konfigurasi sebanyak empat hop. Namun, berdasarkan hasil pengujian terhadap jarak optimal, *Delivery Success Rate*, dan nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), konfigurasi empat hop tidak memungkinkan untuk diterapkan secara efektif. Hal ini disebabkan oleh jarak antar hop yang melebihi 1000 meter, sementara hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak komunikasi optimal berada di bawah 1000 meter. Faktor lingkungan serta penggunaan antenna jenis directional turut mempengaruhi keterbatasan komunikasi dua arah pada jarak tersebut.

Pengujian terhadap parameter-parameter tersebut menjadi dasar dalam menentukan jumlah hop yang dibutuhkan untuk membangun lintasan komunikasi di area operasional PT Rimba Mandau Lestari. Berdasarkan hasil pengujian, sistem komunikasi LoRa memerlukan tujuh *node*, termasuk *transmitter* dan *gateway*, untuk memastikan transmisi data

berjalan dengan lancar di lingkungan lahan gambut.

Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap *delay* pengiriman data dalam konfigurasi multi-hop, guna menganalisis waktu tempuh data dari transmitter menuju *gateway* melalui seluruh node yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan sebanyak 100 paket data. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk menghitung total *delay* dan mengevaluasi *Delivery Success Rate* sistem secara keseluruhan.

Pengujian dilakukan pada jalan raya panjang okura di daerah okura wilayah kota pekanbaru. Lokasi ini dipilih karena memiliki karakteristik yang serupa dengan area operasional PT Rimba Mandau Lestari, sehingga hasil yang diperoleh tetap relevan dengan kondisi sebenarnya. Namun, terdapat perbedaan pada lintasan propagasi, di mana pengujian dilakukan di atas tanah karena tidak memungkinkan untuk dilakukan di atas air. Namun karakteristik lain telah disesuaikan dengan karakteristik lokasi pemasangan.

Hasil pengujian dengan konfigurasi multi-hop dapat dilihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem komunikasi LoRa mencapai *Delivery Success Rate* sebesar 100%, yang menandakan seluruh paket data berhasil dikirim tanpa kehilangan. Selain itu, rata-rata *delay* pengiriman tercatat sebesar 12,36 detik, setiap *node* diberi *delay* proses selama 1,5 detik, yang berarti rata-rata *delay* yang diperoleh merupakan perpaduan antara *delay* proses dan *Time on Air* (TOA). Dengan total *delay* proses sebesar 7,5 detik, maka tersisa TOA sebesar 4,86 detik.

Tabel 1. Tabel *Delivery Success Rate*, Rata – Rata *Delay* dan TOA

<i>Delivery Success Rate</i> (%)	Rata - rata <i>Delay</i> (s)	Total delay Proses per <i>node</i> (1.5 s x 5 <i>node</i>) (s)	Rata - rata TOA (<i>time on air</i>) (s)
100	12.36	7.5	4.86

3.3. Node Hasil Perancangan

Gambar 7 menunjukkan hasil perancangan mekanik dari *node transceiver* yang berfungsi sebagai tempat peletakan *node* LoRa. *Node* dilengkapi dengan panel surya sebagai sumber pengisian daya utama. Di dalam panel box terdapat beberapa komponen, namun terdapat perbedaan komponen antara *node transceiver* dan *gateway* yaitu:

- a. *Node transceiver*:
 - *Buck Converter*
 - LoRa Lilygo V2.1_1.6 923MHz
 - *Power bank* 10000 mAh
- b. *Gateway* :
 - *Solar Charger Controller* (SCC)
 - Baterai 10 Ah
 - *Access Point*
 - LoRa Lilygo V2.1_1.6 923MHz

3.4. Pengujian Daya LoRa

Pengujian konsumsi daya pada sistem komunikasi LoRa dilakukan untuk menganalisis efisiensi energi pada *node transceiver* dan *gateway*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *node* yang menggunakan *power bank* dengan kapasitas 10000 mAh mengalami penurunan daya dari 100% ke 0% dalam 26 jam, sedangkan *gateway* yang menggunakan baterai 10Ah dengan *Access Point* aktif dan perangkat LoRa menghabiskan 40% kapasitas daya dalam 12 jam, sehingga masih menyisakan 60% kapasitas baterai. Dengan demikian, pada pagi hingga sore hari, daya *gateway* langsung disuplai oleh solar panel melalui SCC, sementara pada malam hari, operasionalnya bergantung pada daya yang tersimpan di baterai. Sementara itu, *node transceiver* dapat beroperasi selama 26 jam penuh menggunakan *power bank* 10.000 mAh, sehingga komunikasi LoRa tetap berjalan sepanjang siang dan malam.

**Gambar 7.** Hasil Rancangan Node Transceiver

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem komunikasi LoRa dalam jarak 1000 meter terbukti andal dalam pengiriman data, dengan *Delivery Success Rate* mencapai 100%. Untuk meningkatkan kualitas sinyal, disarankan penggunaan *Low Noise Amplifier* (LNA) dan pemilihan jalur propagasi yang berada di atas permukaan air. Selain itu, delay rata-rata pada sistem LoRa dengan konfigurasi multi-hop tercatat sebesar 12,36 detik, dengan setiap hop memiliki *delay* proses sebesar 7,5 detik. Hal ini meninggalkan rata-rata *Time on Air* (TOA) sebesar 4,86 detik. Penggunaan daya pada sistem LoRa menunjukkan bahwa *Gateway* mengkonsumsi 40% daya dalam 12 jam saat beroperasi pada malam hari menggunakan baterai 10 Ah, sementara pada siang hari daya disuplai langsung oleh solar panel melalui *Solar Charge Controller* (SCC). Sedangkan *node transceiver* dapat beroperasi selama 26 jam dengan *power bank* 10.000 mAh.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan fitur pemantauan status penggunaan daya baterai, sehingga kondisi baterai dapat dipantau secara real-time dan kerusakan pada sistem dapat terdeteksi lebih dini. Selain itu, pengembangan adaptif *spreading factor* juga perlu dipertimbangkan untuk mengurangi delay pengiriman data, yang akan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan dan menjadikannya lebih andal untuk aplikasi real-time.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Caltex Riau atas dukungan fasilitas dan sarana yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada PT Rimba Mandau Lestari yang telah memberikan izin serta akses lokasi untuk

pengujian sistem. Penghargaan yang sebesar-besarnya juga diberikan kepada seluruh pihak yang turut berkontribusi dalam kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Masganti, Wahyunto, A. Dariah, Nurhayati, and R. Yusuf, "Karakteristik dan Potensi Pemanfaatan Lahan Gambut Terdegradasi di Provinsi Riau," 2014.
- [2] S. Montagny, "LoRa-LoRaWAN and Internet of Things for beginners a low power, long range, wireless technology," 2021. [Online]. Available: www.univ-smb.fr/lorawan
- [3] R. Muhammad, "Sistem Deteksi dan Monitoring Kebakaran Hutan dan Tinggi Muka Air pada Lahan Gambut Berbasis Internet of Things (IoT) Secara Realtime (Studi Kasus App Sinarmas)," 2022.
- [4] M. Alfaridzi, "sistem pengontrol dan monitoring tanaman padi menggunakan lora," Pekanbaru, 2022.
- [5] S. E. P. Sembiring, "sistem pengaturan penerangan jalan menggunakan lora untuk penghematan daya," Pekanbaru, 2022.
- [6] M. Ivan Fadilah, M. Hamaluddin, U. Muhammad, and J. Raya, "80 © 2022 Journal Of Electrical Engginering Rancang Bangun Perangkat Komunikasi Wireless Menggunakan LoRa pada Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin," *Journal Of Electrical Engineering (Joule)*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [7] R. H. Anasiru, "Rancang Bangun Prototipe Modul Komunikasi LoRa tipe E32 Pada Sensor Tinggi Genangan Air Lahan Sawah," *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 11, no. 1, pp. 82–91, Apr. 2023, doi: 10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.08.

- [8] W. Abdillah, D. Saripurna, S. Yakub, P. Studi Sistem Komputer, and S. Triguna Dharma, "Analisis Kinerja LoRa (Long Range) berdasarkan Jarak dan Spreading Factor pada Area Rural," *Jurnal CyberTech*, vol. 4, no. 4, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>
- [9] M. Huda, F. Imansyah, J. Marpaung, and R. R. Yacoub, "rancang bangun sistem komunikasi monitoring level air pada water barrel covid-19 menggunakan lora dengan model point to point," 2021.
- [10] E. Bäumker, A. Miguel Garcia, and P. Woias, "Minimizing power consumption of LoRa® and LoRaWAN for low-power wireless sensor nodes," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1407/1/012092.
- [11] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities," *IEEE Internet Things J*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- [12] I. Ketut Hary Dwipayana, I. Hedi Santoso, and N. Bogi, "rancang bangun sistem tracking pendaki berbasis internet of things dengan modul lora design of climber tracking system based on internet of things with lora module," Bandung, 2021. [Online]. Available: <https://www.semtech.com/>
- [13] F. Reitz, "Weaknesses and risks of the Consumer Internet of Things," 2019.
- [14] M. Alabadi, A. Habbal, and X. Wei, "Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions," 2022, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.* doi: 10.1109/ACCESS.2022.3185049.
- [15] "peraturan menteri komunikasi dan informatika republik indonesia."
- [16] Lilygo, "Lilygo LoRa32 V2.1_1.6." Accessed: Nov. 12, 2024. [Online]. Available: https://www.lilygo.cc/products/lora3?srsItd=AfmBOoq4C700nB475ssRXTXQHxAN-qByRn_QsHj8QHi0jA2V9u7e3pbz
- [17] I. Ahmed Abed and H. Yasir Naser, "ESP32 Microcontroller Based Smart Power Meter System Design and Implementation," 2020. [Online]. Available: <https://rengj.mosuljournals.com>
- [18] Espressif, "ESP32." Accessed: Nov. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [19] David M. Pozar, *Microwave Engineering*. 2012.
- [20] "SPF5189 Datasheet."
- [21] M. Shirazi, "IoT-based Smart Home Automation and Monitoring System using Blynk Framework," *ResearchGate*, 2018.
- [22] Blynk, "Blynk," <https://blynk.io/>.
- [23] A. R. Patil and P. A. Kadam, "Applications and Benefits of Blynk IoT Platform for Smart Home Automation," *International Journal of Scientific & Engineering Research (IJSER)*, 2021.
- [24] J. Yu, W. Chen, K. Yang, C. Li, F. Li, and Y. Shui, "Path Loss Channel Model for Inland River Radio Propagation at 1.4 GHz," *Int J Antennas Propag*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/5853724.
- [25] J. A. Azevedo and F. Mendonça, "A Critical Review of the Propagation Models Employed in LoRa Systems," Jun. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/s24123877.