

Long Range (LoRa) Sebagai Alat Komunikasi Nelayan pada Wilayah Tak Terjangkau Sinyal Seluler dan Kondisi Darurat Ketika Berlayar

1st I Putu Adiaksa Wiguna
School Of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

adiaksawiguna@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Rifqi Ashari
School Of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

rifqiashari@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Naswan Azrial F
School Of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

azrialbandung@student.telkomuniversity.ac.id

4th Rustam
School Of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
rustamtelu@telkomuniversity.ac.id

5th Nur Ibrahim
School Of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
nuribrahim@telkomuniversity.ac.id

Alat komunikasi memiliki peran penting bagi nelayan saat berlayar, terutama ketika memasuki kawasan *blank spot*. Kondisi ini menyulitkan nelayan untuk berkomunikasi, termasuk dalam situasi darurat atau kecelakaan di laut. Kurangnya alat komunikasi yang handal juga menghambat proses evakuasi dan koordinasi, sehingga dibutuhkan solusi untuk mengatasi masalah ini. Sebagai solusi, dirancang sistem komunikasi berbasis teknologi *Long Range (LoRa)* yang memungkinkan pertukaran informasi seperti pesan dan koordinat kapal. Sistem dirancang dalam tiga komponen utama, yaitu perangkat pemancar, perangkat penerima, dan aplikasi mobile. Perangkat pemancar dibawa oleh nelayan saat melaut untuk mengirimkan pesan dan sinyal darurat, sementara perangkat penerima ditempatkan di pesisir untuk menerima dan merespon informasi tersebut. Komunikasi antar perangkat dilakukan secara *point-to-point* menggunakan modul LoRa. Aplikasi mobile dikembangkan sebagai *user interface* yang memungkinkan pengiriman dan penerimaan pesan secara langsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat beroperasi dengan jarak maksimum 1,2 km di laut, ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang belum cukup efektif untuk diaplikasikan di laut lepas. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu atenuasi dan absorpsi gelombang elektromagnetik oleh air laut, kecepatan pergerakan kapal yang berdampak pada kestabilan komunikasi, serta ketinggian antena yang digunakan selama pengujian. Oleh karena itu diperlukan pengembangan lebih lanjut agar sistem lebih optimal.

Kata kunci— *blank spot, Long Range (LoRa), point-to-point, aplikasi mobile, user interface*

I. PENDAHULUAN

Desa Kusamba yang terletak di Kecamatan Dawan, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali, merupakan sebuah desa pesisir dengan jumlah penduduk 7.539 jiwa [3]. Letak geografisnya yang berada di tepi laut menjadikan mayoritas penduduknya bermata pencaharian sebagai nelayan. Namun, kondisi alam di pantai ini sering kali ekstrem, dengan gelombang dan arus laut yang besar, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan saat melaut. Tantangan semakin besar karena nelayan tidak memiliki alat komunikasi dan sistem pemantauan kapal yang memadai. Sinyal seluler tidak menjangkau area laut yang jauh dari pantai, membuat nelayan kesulitan berkomunikasi, terutama dalam keadaan darurat. Akibatnya, mereka terpaksa menggunakan metode tradisional seperti berlayar secara berkelompok atau menunggu kapal lain lewat jika mengalami

kendala, yang berdampak pada hasil tangkapan dan keselamatan kerja.

Beberapa teknologi seperti *AIS (Automatic Identification System)* dan sistem komunikasi berbasis satelit sebenarnya dapat digunakan untuk meningkatkan keselamatan dan pemantauan aktivitas melaut. Namun, solusi tersebut belum dapat diterapkan oleh nelayan tradisional karena biaya pemasangan, perawatan, serta kebutuhan infrastruktur yang tinggi. Di sisi lain, dampak dari keterbatasan komunikasi ini tidak hanya mempengaruhi aspek teknis dan ekonomi, tetapi juga aspek sosial, seperti kecemasan keluarga nelayan yang tidak dapat memantau keberadaan anggota keluarganya saat melaut. Oleh karena itu, proyek ini bertujuan untuk merancang solusi alternatif yang lebih terjangkau, praktis, dan sesuai dengan kebutuhan nelayan kecil, sehingga dapat meningkatkan efektivitas komunikasi di laut, mengurangi risiko kecelakaan, serta menunjang produktivitas dan kesejahteraan masyarakat pesisir di Desa Kusamba.

II. KAJIAN TEORI

1. Long Range (LoRa)s

LoRa (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang untuk transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Teknologi ini menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum (CSS)*, yang memungkinkan sinyal menjangkau jarak hingga puluhan kilometer di daerah terbuka dan beberapa kilometer di area perkotaan dengan interferensi tinggi. LoRa bekerja di spektrum ISM (Industrial, Scientific, and Medical), seperti 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz, yang bebas lisensi di berbagai negara. LoRa sangat cocok digunakan dalam Internet of Things (IoT) karena efisiensinya dalam konsumsi daya dan kemampuannya untuk tetap terhubung meski dengan data rate rendah (sekitar 0.3–50 kbps).

2. Yagi Antenna

Antena Yagi merupakan jenis antena arah (directional antenna) yang banyak digunakan dalam aplikasi komunikasi jarak jauh karena kemampuannya memfokuskan daya pancar dan tangkap dalam satu arah tertentu. Struktur antena ini terdiri dari satu driven element, satu reflektor, dan satu atau lebih director yang disusun sejajar pada satu sumbu. Pada penelitian ini, antena Yagi dipilih karena memiliki gain yang relatif tinggi dan pola radiasi yang sempit, sehingga mampu meningkatkan jangkauan komunikasi LoRa dalam kondisi geografis terbuka maupun semi-terhalang. Efisiensi antena juga diuji melalui parameter return loss dan Standing Wave Ratio (SWR), untuk memastikan kualitas matching antara antena dan sistem pemancar.

3. Matching Impedance

Matching impedance merupakan proses penting dalam sistem komunikasi nirkabel yang bertujuan untuk menyamakan impedansi antara berbagai komponen dalam rantai transmisi sinyal, seperti antara sumber pemancar, kabel transmisi, dan antena. Penyesuaian ini sangat krusial untuk memaksimalkan transfer daya dari pemancar ke antena dan selanjutnya ke medium transmisi, sehingga menghindari kehilangan daya yang signifikan akibat pantulan sinyal.

4. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter penting dalam sistem komunikasi nirkabel yang merepresentasikan kuat lemahnya sinyal yang diterima oleh perangkat penerima dari pemancar pada suatu jarak tertentu. RSSI dinyatakan dalam satuan decibel-milliwatts (dBm) dan memberikan informasi kasar mengenai kualitas sinyal tanpa memperhitungkan gangguan (noise).

5. Signal-to-Noise Ratio (SNR)

Signal-to-Noise Ratio (SNR) adalah rasio antara daya sinyal yang diinginkan dengan daya noise (derau) dalam suatu sistem komunikasi. SNR dinyatakan dalam satuan desibel (dB) dan menjadi salah satu parameter kunci dalam menentukan kualitas dan keandalan transmisi data. SNR yang tinggi menunjukkan kualitas sinyal yang baik dan kemungkinan rendah terjadinya error saat decoding data. Dalam sistem komunikasi seperti LoRa, SNR menjadi indikator yang lebih langsung terhadap keberhasilan decoding dibandingkan RSSI.

6. Path loss & Link Budget

Path loss adalah pelemanahan daya sinyal yang terjadi selama proses propagasi dari pemancar ke penerima akibat jarak, hambatan, dan kondisi lingkungan.. Untuk memperkirakan nilai path loss (L_p) dalam sistem komunikasi nirkabel, salah satu model yang banyak digunakan adalah model Okumura-Hatta. Untuk lingkungan perkotaan (urban), model ini dinyatakan dalam Persamaan (1.1).

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p - L_s \quad (1.1)$$

Link Budget adalah proses analisis yang memperkirakan daya sinyal yang akan diterima pada sisi penerima, setelah memperhitungkan semua faktor penguatan dan redaman. Rumus dasar untuk menghitung *link budget* diberikan pada Persamaan (1.2).

$$L_u = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,83 \log h_T - a(h_R) \dots \\ +(44,9 - 6,55 \log h_T) \log d \quad (1.2)$$

Dengan mempertimbangkan sensitivitas penerima, link budget memberikan gambaran apakah komunikasi akan berhasil atau tidak. Sebagai contoh, jika daya transmisi adalah 20 dBm, gain antena 10 dBi, dan path loss sebesar 120 dB, maka daya yang diterima adalah -80 dBm. Jika sensitivitas modul LoRa adalah -137 dBm, maka margin daya masih sangat mencukupi untuk komunikasi andal.

7. Mobile Apps

Aplikasi mobile (mobile apps) merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk beroperasi pada perangkat pintar seperti smartphone dan tablet. Perkembangan teknologi mobile yang pesat mendorong munculnya berbagai framework pengembangan aplikasi, salah satunya adalah Flutter. Flutter adalah framework open-source yang dikembangkan oleh Google untuk membangun aplikasi mobile, web, dan desktop dari satu basis kode (codebase) menggunakan bahasa pemrograman Dart. Keunggulan utama Flutter terletak pada kemampuannya sebagai solusi cross-platform,

memungkinkan pengembang membuat aplikasi yang dapat berjalan di iOS dan Android dengan performa mendekati native.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa teknologi (technology engineering approach) dengan metode eksperimen untuk merancang dan menguji sistem komunikasi nirkabel berbasis teknologi Long Range (LoRa) pada skenario penggunaan di laut oleh nelayan, khususnya di area yang tidak terjangkau sinyal seluler.

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengujian solusi ini akan terbagi menjadi beberapa pengujian, termasuk uji spesifikasi yang telah ditentukan. Tujuan dari pengujian yang dilakukan adalah untuk memastikan kelayakan dan kinerja sistem secara menyeluruh. Pengujian dilakukan pada beberapa tempat yakni pertama di pantai kusamba, kabupaten klungkung, provinsi bali, kedua di TULT lantai 11 dan lantai 2 Jl. Telekomunikasi No.1, Sukapura, Kec. Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, Jawa Barat

B. Desain Sistem dan Arsitektur

Sistem terdiri dari tiga komponen utama:

- perangkat transmitter (dibawa oleh nelayan)
- perangkat receiver (ditempatkan di pesisir)
- aplikasi mobile berbasis Flutter

Sistem menggunakan komunikasi point-to-point antara modul LoRa SX1276 pada frekuensi 915 MHz. Data dikirimkan dari perangkat transmitter ke receiver meliputi pesan teks, sinyal koordinat GPS, serta notifikasi darurat dari tombol panic button. Antarmuka pengguna dikembangkan menggunakan Flutter untuk memfasilitasi komunikasi dua arah melalui Bluetooth Low Energy (BLE).

C. Perangkat dan Alat Ukur

- **Perangkat keras :**
 - TTGO T-Beam (LoRa + GPS)
 - ESP32
 - Antena Yagi
 - Push Button
- **Perangkat Lunak :**
 - Arduino IDE
 - Flutter
 - Serial Monitor
 - Visual Studio Code
- **Alat Ukur :**
 - Spectrum Analyzer
 - Nano VNA
 - Multimeter
 - Stopwatch

D. Perangkat dan Alat Ukur

Pengujian dilakukan untuk beberapa aspek berikut:

- Pengujian reliabilitas perangkat
Mengukur delay transmisi dan keakuratan pesan antar perangkat pada jarak tertentu.
- Pengujian modul panic button
Menguji waktu respon saat tombol ditekan dan data darurat dikirim ke aplikasi.
- Pengujian mobile apps
Mengukur performa dari mobile apps yang dirancang ketika sebagai *user interface*
- Performa antena
Menggunakan Nano VNA dan Spectrum Analyzer untuk mengukur frekuensi kerja, VSWR, dan return loss.
- Konsumsi daya

- Diuji dengan baterai/powerbank 2000 mAh pada berbagai konfigurasi interval komunikasi.
- Jangkauan sinyal
Mengukur batas maksimal komunikasi LoRa point-to-point di area terbuka (pantai) dan lingkungan urban.

E. Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Parameter seperti *delay*, jangkauan maksimum, konsumsi daya, dan kualitas sinyal (RSSI dan SNR) dibandingkan dengan standar referensi sistem komunikasi nirkabel. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sistem dan mengidentifikasi area untuk pengembangan lanjutan.

IV. HASIL DAN DISKUSI

1. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem komunikasi berbasis LoRa yang dirancang, yang terdiri dari perangkat transmitter, receiver, antena Yagi, serta aplikasi mobile. Parameter utama yang diuji meliputi: delay transmisi, jangkauan, performa antena, konsumsi daya, dan fungsi panic button.

- Hasil Pengujian reliabilitas perangkat

Pengukuran delay dilakukan dengan mengirimkan pesan dari transmitter ke receiver.

TABEL 1

Jarak	Delay			
	Waktu transmit	Waktu receive	Total delay (detik)	Rata – rata (detik)
10 m	11:10:59	11:11:02	3	3
	11:11:07	11:11:10	3	
	11:11:12	11:11:15	3	
20 m	11:12:03	11:12:06	3	3.33
	11:12:07	11:12:10	3	
	11:12:12	11:12:16	4	
1600 m	09:52:59	09:53:02	3	3.25
	09:53:05	09:53:08	3	
	09:53:18	09:53:21	3	
	09:53:32	09:53:36	4	
5800 m	10:48:06	10:48:09	3	3.6
	10:48:20	10:48:24	4	
	10:48:33	10:48:37	4	

Hasil menunjukkan delay rata-rata berada pada rentang 3 ms hingga 3,6 ms, sesuai dengan karakteristik modul LoRa SX1276 yang digunakan. Delay ini masih tergolong rendah untuk aplikasi komunikasi berbasis teks dan sinyal darurat.

- Hasil Pengujian modul panic button

Ketika tombol darurat ditekan, sistem mengirimkan pesan otomatis ("BUTUH BANTUAN") dan koordinat GPS ke receiver di pesisir dengan rata – rata delay 5.33 detik.

TABEL 2

Waktu mengirim pesan	Waktu terima pesan	Delay (detik)
18:16:23	18:16:28	5 s
18:16:46	18:16:52	6 s
18:18:36	18:17:41	5 s

```

14:45:52.581 -> SNR 9.75
14:45:52.581 -> RSSI -39
14:45:52.581 -> Received from LoRa
14:45:52.581 -> Message: BUTUH BANTUAN
14:45:52.581 -> GPS: 0.000000000000, 0.000000000000

```

- Hasil Pengujian mobile apps

Dari pengujian yang dilakukan waktu rata – rata yang diperlukan untuk membuka aplikasi sampai pada tab chat adalah 2,84 detik. Berdasarkan standar industri, waktu buka di bawah 3 detik dikategorikan sebagai performa optimal dari segi launch time, sehingga aplikasi yang dikembangkan mampu memberikan pengalaman pengguna yang cepat dan mendekati performa aplikasi pesan instan pada umumnya.

- Hasil Pengujian Antena

Antena Yagi yang dirancang diuji menggunakan Nano VNA dan Spectrum Analyzer. Hasilnya sebagai berikut :

- VSWR: < 1.5 pada frekuensi 915 MHz (baik)
- Return loss: < -10 dB (stabil)
- Antena bekerja optimal di frekuensi target, dengan penguatan sekitar 8–10 dB.

- Hasil Pengujian Konsumsi Daya

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui konsumsi daya perangkat board LoRa dan waktu ketahanan sumber daya yaitu powerbank dengan kapasitas 10.000 mAh dan tegangan 5 volt. Berikut rata rata arus yang dikeluarkan oleh sistem dalam tiga kondisi operasional yaitu

- Kondisi idle: Rata-rata arus yang dikeluarkan 86 mA, dengan estimasi ketahanan powerbank 4 hari.
- Transmisi data: Rata-rata arus yang dikeluarkan meningkat menjadi 110 mA, mengurangi ketahanan powerbank menjadi 3 hari.
- Push button ditekan: Rata-rata arus yang dikeluarkan dapat digolongkan tertinggi dibandingkan 2 kondisi sebelumnya yaitu 130 mA, dengan hal ini sistem menguras daya lebih cepat, dengan estimasi ketahanan ≈ 3 hari.

- Hasil Pengujian jarak

Pengujian dilakukan di dua lingkungan:

- Lingkungan urban (TULT Telkom University): pengujian berhasil mencapai jarak hingga 7200 meter, meskipun pada jarak tersebut RSSI dan SNR berada pada batas minimum (-126 dBm dan -8.75 dB).

TABEL 3

Jarak (m)	RSSI	SNR	Latitude	Longitude	SF
1600	-108	6.25	-6.954209500	107.6277200	12
1700	-109	4	-6.954085333000	107.62785766700	
1800	-111	2.5	-6.954126333000	107.62788616700	
2100	-117	-4	-6.950127	107.626028	
2800	-119	-4.75	-6.994436995895094	107.62577116805869	
5500	-121	-6.3	-7.0104500000000	107.6383830000001	
5800	-121	-7.75	-6.919302	107.608292	
7200	-126	-8.75	-6.909174952847447	107.61032003840488	
8000	-	-	0.000000000000000	0.000000000000000	

- Lingkungan terbuka (Pantai Kusamba): jangkauan efektif maksimum mencapai 1,2 km dengan kondisi line-of-sight (LOS). Setelah jarak tersebut, sinyal tidak lagi diterima secara konsisten.

TABEL 4

Jarak (m)	RSSI	SNR	Latitude	Longitude	SF
19	-90	2.8	-8.5592471670000	115.4584590000000	12
88	-95	2.5	-8.5592776670000	115.4584876669999	
123	-93	2	-8.5598581670000	115.4589899999999	
290	-111	1	-8.5601488330000	115.4591111670000	
420	-118	0	-8.5611206670000	115.4605045000000	
560	-120	-2.5	-8.5619740000000	115.4614894999999	
800	-121	-4	-8.5628375000000	115.4624968330000	
1200	-121	-6	-8.5645958330000	115.4646006669999	
1500	-	-	0.000000000000000	0.000000000000000	

2. Diskusi

A. Hasil Pengujian Sistem

Sistem komunikasi berbasis LoRa terbukti mampu menyelesaikan masalah komunikasi dasar nelayan di area tanpa sinyal seluler. Dengan komunikasi point-to-point dan konsumsi daya rendah, sistem ini memenuhi kebutuhan mendesak nelayan akan alat komunikasi darurat yang sederhana dan terjangkau.

B. Keterbatasan

Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan:

- Jangkauan terbatas (maks. 1.2 km) membuat sistem belum optimal untuk pelayaran di Jalur 2 (>4 mil laut).
- lain atenuasi dan absorpsi gelombang elektromagnetik yang cukup signifikan oleh air laut, dan pergerakan kapal menyebabkan fluktuasi sinyal (penurunan RSSI dan SNR).
- Sistem masih belum mendukung komunikasi multipoint atau antar kapal (mesh-based), hanya point-to-point.

C. Potensi Pengembangan

Untuk meningkatkan performa dan skala sistem, beberapa pengembangan dapat dilakukan:

- Penggunaan amplifier disarankan untuk memperkuat daya sinyal transmisi, sehingga mampu meningkatkan jangkauan komunikasi
- Perlu dikaji ulang ketinggian pemasangan antena karena sangat mempengaruhi efektivitas transmisi sinyal.
- Perancangan gateway, dimaksudkan agar mampu mendukung banyak node (multi-end node) menjadi penting untuk meningkatkan skalabilitas sistem. Gateway ini dapat dirancang agar dapat menerima data dari berbagai titik secara bersamaan, mendukung komunikasi dua arah, serta terhubung ke sistem pengolahan data lebih lanjut.
- Mempertimbangkan interferensi serta absorpsi gelombang elektromagnetik di laut pada frekuensi kerja LoRa 915 MHz

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem komunikasi berbasis *Long Range* (LoRa) yang ditujukan untuk membantu nelayan di wilayah tanpa cakupan sinyal seluler dalam berkomunikasi, khususnya pada kondisi darurat saat berlayar. Sistem yang dikembangkan terdiri dari perangkat transmitter, receiver, dan aplikasi mobile berbasis Flutter yang terhubung melalui koneksi Bluetooth Low Energy (BLE). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu; Melakukan komunikasi dua arah berbasis teks dengan *delay* (3–3,6 detik). Menjangkau hingga

1,2 km di laut lepas dalam kondisi line-of-sight di lingkungan terbuka. Memberikan respon cepat terhadap sinyal darurat melalui fitur panic button. Menggunakan daya rendah, sehingga cocok untuk penggunaan nelayan harian. Namun, jangkauan sistem masih terbatas untuk penggunaan di laut lepas (Jalur 2 > 4 mil laut), dan performa sistem masih dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pergerakan kapal dan ketinggian antena. Dengan demikian, sistem ini layak menjadi solusi alternatif berbiaya rendah untuk komunikasi nelayan di area *blank spot*, terutama di wilayah pesisir. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi LoRa memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut dalam mendukung transformasi digital sektor maritim rakyat di Indonesia.

REFERENSI

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, "Potensi Sumber Daya Kelautan Indonesia", [Online]. Available: <https://kkp.go.id>. [Accessed: Jul. 2025].
- [2] International Labour Organization (ILO), "Safety and Health in the Fishing Industry", Geneva: ILO, 2021.
- [3] BPS Kabupaten Klungkung, "Kecamatan Dawan dalam Angka 2024", Badan Pusat Statistik, 2024.
- [4] Tribun Bali, "Nelayan Kusamba Hilang Dihantam Ombak", [Online]. Available: <https://bali.tribunnews.com>, [Accessed: Apr. 2025].
- [5] Kompas.com, "Perahu Tenggelam 4,5 Mil dari Pesisir Kusamba", 2023.
- [6] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 58 Tahun 2021 tentang Jalur Pelayaran", 2021.
- [7] OpenSignal, "Indonesia Mobile Network Coverage Map", 2024. [Online]. Available: <https://www.opensignal.com>
- [8] International Maritime Organization (IMO), "AIS: Automatic Identification System", London: IMO, 2020.
- [9] Starlink, "Maritime Internet Access", [Online]. Available: <https://www.starlink.com/maritime>. [Accessed: Jul. 2025].
- [10] Semtech Corporation, "LoRa Modulation Basics", AN1200.22, 2015. [13] M. Centenaro et al., "Long-Range Communications in Unlicensed Bands: The Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios", *IEEE Wireless Communications*, vol. 23, no. 5, pp. 60–67, Oct. 2016.
- [11] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. Townsley, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things", *Sensors*, vol. 16, no. 9, pp. 1466, Sep. 2016.