



Rancang Bangun Receiver Automatic Identification System (AIS) Menggunakan Long Range (LoRA)

Mochamad Armandzuhri Alfiantono^{1*}, Henna Nurdiansari², Anak Agung Istri Wahyuni³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

*Korespondensi penulis: armandzuhri17@gmail.com

Abstract. Automatic Identification System (AIS) is a communication technology that plays an important role in improving operational safety and efficiency in the shipping industry. AIS allows ships to exchange real-time data on identity, position, speed, and direction, which helps prevent collisions and facilitates maritime traffic management by port authorities. In addition, AIS functions in search and rescue operations by providing accurate information on the location of ships in trouble. In terms of security, AIS allows monitoring of suspicious ships, thus helping in preventing illegal activities in the waters. This study aims to design and develop a prototype AIS receiver based on LoRa, Arduino, and LCD HMI. The LoRa module was chosen because of its ability to transmit data over long distances with low power consumption, which is suitable for the maritime environment. Arduino is used as the main microcontroller to control the system, while the LCD HMI serves as the display interface for the received data. After the hardware and software design was completed, the system was tested through functional testing and performance measurements using a spectrum analyzer to evaluate the strength of the LoRa signal at various distances. The test results show that the AIS receiver is able to receive data well up to 15 meters on land and 13 meters at sea, with a delay of 100 milliseconds. System performance degrades at longer distances due to environmental interference and signal attenuation. These findings provide insight into the effective limits of LoRa communication in maritime applications and can be used as a reference for frequency testing and optimization of LoRa-based long-range communication systems.

Keywords: Automatic Identification System, LoRa, Mikrokontroler.

Abstrak. Automatic Identification System (AIS) merupakan teknologi komunikasi yang berperan penting dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional di industri pelayaran. AIS memungkinkan kapal untuk bertukar data secara *real-time* mengenai identitas, posisi, kecepatan, dan arah, yang membantu mencegah tabrakan serta memudahkan pengelolaan lalu lintas maritim oleh otoritas pelabuhan. Selain itu, AIS berfungsi dalam operasi pencarian dan penyelamatan dengan memberikan informasi akurat mengenai lokasi kapal yang mengalami masalah. Dalam aspek keamanan, AIS memungkinkan pemantauan kapal yang mencurigakan, sehingga membantu dalam pencegahan aktivitas ilegal di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe *receiver* AIS berbasis LoRa, Arduino, dan LCD HMI. Modul LoRa dipilih karena kemampuannya dalam mentransmisikan data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, yang sesuai untuk lingkungan maritim. Arduino digunakan sebagai mikrokontroler utama untuk mengontrol sistem, sementara LCD HMI berfungsi sebagai antarmuka tampilan data yang diterima. Setelah perancangan perangkat keras dan perangkat lunak selesai, sistem diuji melalui pengujian fungsional dan pengukuran kinerja menggunakan *spectrum analyzer* untuk mengevaluasi kekuatan sinyal LoRa dalam berbagai jarak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *receiver* AIS mampu menerima data dengan baik hingga 15 meter di darat dan 13 meter di laut, dengan *delay* 100 milisecond. Performa sistem mengalami degradasi pada jarak lebih jauh akibat gangguan lingkungan dan redaman sinyal. Temuan ini memberikan wawasan mengenai batas efektif komunikasi LoRa dalam aplikasi maritim serta dapat dijadikan referensi untuk pengujian frekuensi dan optimasi sistem komunikasi jarak jauh berbasis LoRa.

Kata kunci: Automatic Identification System, LoRa, Mikrokontroler.

1. PENDAHULUAN

Sistem Identifikasi Otomatis *Automatic Identification System* adalah teknologi komunikasi yang digunakan untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan navigasi maritim. AIS memanfaatkan transponder radio untuk mengirim dan menerima informasi terkait posisi, kecepatan, arah, dan data penting lainnya dari kapal-kapal yang beroperasi di sekitarnya. Sistem ini dirancang untuk memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap lalu lintas maritim dan mengurangi risiko tabrakan di laut.

Pengembangan AIS bermula pada akhir 1990-an sebagai tanggapan terhadap kebutuhan untuk meningkatkan keamanan maritim. *International Maritime Organization* mengadopsi persyaratan AIS sebagai bagian dari Konvensi Internasional untuk Keselamatan Jiwa di Laut (SOLAS). Mulai tahun 2004, kapal-kapal dengan tonase tertentu diwajibkan untuk dilengkapi dengan AIS. Ini menjadi langkah penting dalam peningkatan standar keselamatan di laut, terutama di area dengan lalu lintas maritim yang padat.

AIS bekerja dengan menggunakan frekuensi radio untuk mengirimkan dan menerima informasi secara otomatis antara kapal-kapal dan stasiun pantai. Setiap kapal yang dilengkapi dengan AIS mengirimkan sinyal yang berisi informasi seperti identitas kapal

Maritime Mobile Service Identity (MMSI), posisi GPS, kecepatan, arah, status navigasi, dan informasi kargo pada kapal tertentu. Data ini kemudian dapat diterima oleh kapal lain di sekitar serta stasiun pantai dan satelit yang

dilengkapi dengan peralatan penerima AIS.

Dalam jurnal berjudul "*Anomaly Detection in Maritime AIS Tracks: A Review of Recent Approaches*" yang diterbitkan di *Journal of Marine Science and Engineering* pada tahun 2022, Konrad Wolsing, Linus Roepert, Jan Bauer, dan Klaus Wehrle. Konrad dan timnya mengkaji penggunaan *Automatic Identification System (AIS)* yang bertujuan meningkatkan keselamatan dan keamanan maritim. AIS menyediakan data tentang posisi, kecepatan, dan arah kapal yang dapat digunakan untuk menghindari tabrakan dan meningkatkan kesadaran situasional di laut. Dalam beberapa tahun terakhir, jumlah data AIS yang tersedia telah meningkat pesat, membuka peluang untuk berbagai aplikasi, termasuk deteksi anomali.

Penelitian tersebut merupakan tinjauan terhadap 44 artikel penelitian yang berfokus pada deteksi anomali dalam data AIS. Konrad dan timnya menganalisis berbagai teknik yang digunakan untuk mendeteksi perilaku kapal yang tidak biasa. Teknik-teknik tersebut termasuk metode statistik, *machine learning*, dan analisis berbasis aturan. Tujuan utama dari teknik-teknik tersebut adalah untuk mengidentifikasi anomali seperti perubahan arah mendadak, kecepatan yang tidak wajar, atau masuknya kapal ke area terlarang.

Penelitian Studi tersebut menemukan bahwa metode deteksi anomali bervariasi dalam hal efektivitas dan kompleksitas. Beberapa metode yang lebih sederhana seperti analisis berbasis aturan cukup efektif untuk mendeteksi anomali dasar, namun metode yang lebih kompleks seperti *machine learning* mampu menangkap pola yang lebih halus dan anomali yang lebih sulit dideteksi. Penggunaan *machine learning* terutama menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan akurasi deteksi dengan memanfaatkan volume data AIS yang besar.

Penelitian tersebut menekankan pentingnya deteksi anomali dalam data AIS untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan maritim. Meskipun berbagai teknik telah dikembangkan, masih ada tantangan signifikan yang harus diatasi, termasuk masalah dalam akurasi deteksi dan kebutuhan akan integrasi data dari berbagai sumber. Penelitian lanjutan dianjurkan untuk mengembangkan metode yang lebih canggih dan untuk menguji aplikasi praktis dari teknik deteksi anomali ini di lingkungan maritim nyata.

Deteksi anomali dalam data AIS dapat membantu otoritas maritim dalam memantau aktivitas kapal secara lebih efektif, mengidentifikasi potensi risiko, dan mengambil tindakan pencegahan yang lebih cepat.

Implementasi teknik-teknik canggih seperti *machine learning* berpotensi besar untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas sistem pemantauan maritim. Penelitian tersebut memberikan kontribusi penting dalam bidang keselamatan dan keamanan maritim dengan menunjukkan bagaimana teknologi canggih dapat dimanfaatkan untuk analisis data AIS. Temuan tersebut membuka jalan bagi inovasi lebih lanjut dalam pengembangan sistem pemantauan maritim yang lebih aman dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Automatic Identification System (AIS)

Sebaik panduan materi perhubungan no 18 tahun 2022 tentang sistem identifikasi otomatis bagi kapal yang melakukan kegiatan di wilayah perairan indonesia menimbang bahwa untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan pelayaran dan untuk melaksanakan ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2010 tentang Kenavigasian sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Pelayaran serta *International Maritime Organization Resolution A.1155 (32) on Procedures for PSC* dan perubahannya, serta *International Maritime Organization Resolution A.1106 (29) on Revised Guidelines for the Onboard Operational Use of Shipborne Automatic Identification System (AIS)* dan perubahannya, perlu mengattur kewajiban pemasangan dan pengaktifan Sistem Identifikasi Otomatis (*Automatic Identification System*) pada kapal yang

melakukan kegiatan di wilayah perairan Indonesia, yang mana kemudian menetapkan peraturan menteri perhubungan tentang sistem identifikasi otomatis bagi kapal yang melakukan kegiatan di wilayah Indonesia.

Receiver

Receiver, atau penerima, adalah komponen perangkat elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirimkan oleh pemancar (*transmitter*) dalam komunikasi. Fungsi utamanya adalah menangkap sinyal ini dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diproses atau digunakan oleh sistem lainnya. Dalam berbagai aplikasi seperti radio, televisi, telekomunikasi, dan navigasi, *receiver* berperan penting dalam memastikan komunikasi yang efektif dan akurat.

Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) adalah teknologi modulasi spektrum yang dikembangkan untuk komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. LoRa bekerja pada frekuensi *sub-gigahertz* (umumnya 868 MHz di Eropa dan 915 MHz di Amerika Serikat) dan dapat mencapai jarak komunikasi hingga beberapa kilometer, tergantung pada lingkungan dan kondisi jaringan.

Liquid Cyrstal Display (LCD) Human-Machine Interface (HMI)

LCD Human-Machine Interface (HMI) adalah antarmuka yang memungkinkan interaksi antara manusia dan mesin menggunakan layar LCD. HMI digunakan untuk menampilkan data, menerima input dari pengguna, dan mengontrol sistem. Dalam konteks industri dan otomatisasi, HMI sering digunakan untuk memantau dan mengendalikan proses maupun untuk mengontrol sistem, mesin, dan perangkat lain.

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat komputer kecil yang dirancang untuk mengendalikan fungsi atau operasi tertentu dalam sistem elektronik. Mikrokontroler biasanya terdiri dari prosesor (CPU), memori (RAM dan ROM), dan perangkat input/output (I/O) yang semuanya terintegrasi dalam satu chip. Mikrokontroler sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengendalian otomatis, seperti dalam perangkat rumah tangga, sistem keamanan, kendaraan, dan berbagai jenis perangkat industri.

Battery Management System (BMS)

Battery Management System (BMS) adalah sistem elektronik yang dirancang untuk mengelola dan memantau kinerja baterai, terutama baterai berbasis lithium-ion, guna memastikan keamanan, efisiensi, dan umur panjang baterai. Sistem ini memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi, seperti kendaraan listrik, sistem penyimpanan energi, drone, dan perangkat elektronik portabel. Fungsi utama BMS meliputi pemantauan tegangan dan arus untuk memastikan setiap sel baterai bekerja dalam rentang aman, serta pengukuran suhu untuk mencegah *overheating* yang dapat menyebabkan kerusakan atau risiko kebakaran.

Mini 560 DC-DC Step Down

Mini 560 DC-DC *Step Down* adalah modul konverter tegangan berbasis switching regulator yang dirancang untuk menurunkan tegangan *input* DC menjadi tegangan *output* yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi. Modul ini berfungsi sebagai pengatur tegangan yang stabil untuk memenuhi kebutuhan perangkat elektronik yang membutuhkan tegangan lebih rendah dibandingkan sumber dayanya. Dengan teknologi *switching*, modul ini mampu meminimalkan kehilangan daya dibandingkan regulator linier, sehingga lebih hemat energi.

Baterai Lithium 3,7 Volt

Baterai lithium-ion 3,7 volt adalah jenis baterai yang menggunakan senyawa lithium sebagai bahan utama pada elektroda. Baterai ini memiliki tegangan nominal 3,7 volt per sel, dengan kapasitas yang bervariasi tergantung pada ukuran dan jenisnya. Baterai lithium-ion dikenal karena densitas energinya yang tinggi, ringan, dan kemampuan untuk diisi ulang berkali-kali, sehingga menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi elektronik modern.

Integrasi Antar Komponen

Dalam proyek rancang bangun sistem AIS menggunakan LoRa, LCD HMI (Nextion), Arduino, serta Baterai Lithium 3.7V dengan Mini 560 DC-DC *Step Down*. Sistem ini dirancang untuk membaca data dari LoRa, menampilkannya pada LCD HMI, dan memastikan semua komponen mendapatkan daya yang stabil dari baterai lithium melalui modul *step-down*.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu eksperimental. Penulis menganggap metode ini sangat cocok karena penelitian ini melakukan pengembangan sebuah alat dan melakukan penelitian berupa eksperimen untuk menguji efektivitas suatu alat (*prototype*). Rencana pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan desain yang telah dirancang. Pengujian dilakukan setelah proses pembuatan *prototype hardware* dan *prototype software* selesai. Tahapan pengujian dilakukan secara sistematis untuk mengevaluasi kinerja perangkat keras dan perangkat lunak serta memastikan sistem mampu bekerja secara optimal.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

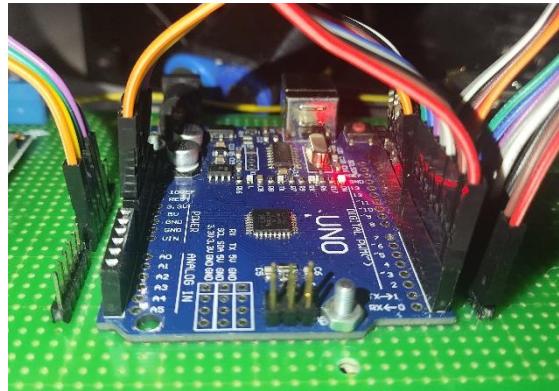
Hasil Penelitian

Implementasi *Receiver Automatic Identification System (AIS)* menggunakan *Long Range System* dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama, dilakukan persiapan perangkat keras, di mana komponen utama seperti Arduino, modul LoRa, LCD HMI, baterai lithium, *step down module*, dan *module charger* diintegrasikan sesuai desain. Seluruh koneksi perangkat keras dirakit untuk memastikan stabilitas dan keamanan sistem. Selanjutnya, perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Program ini dirancang untuk mengolah data AIS (seperti format NMEA) yang diterima melalui LoRa, mengirimkan data ke LCD HMI, serta menangani kondisi seperti data yang tidak terdeteksi. Modul LoRa dikonfigurasi dengan parameter seperti frekuensi, *bandwidth*, dan daya transmisi untuk memastikan komunikasi jarak jauh yang optimal.

Tahap berikutnya adalah pengujian sistem, dimana perangkat keras dan perangkat lunak diuji untuk memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik. Pengujian data dilakukan untuk memverifikasi bahwa data AIS diterima, diproses, dan ditampilkan dengan benar pada LCD HMI. Setelah itu, dilakukan analisis data untuk mengevaluasi akurasi, stabilitas komunikasi, dan efisiensi daya sistem. Setelah semua pengujian berhasil, sistem diterapkan dalam lingkungan operasional seperti kapal atau stasiun pemantauan pantai. Sistem kemudian dipantau untuk memastikan kinerjanya tetap optimal dalam jangka panjang. Implementasi ini bertujuan untuk menciptakan sistem penerima AIS yang andal, efisien, dan mampu menerima serta menampilkan data kapal secara *real-time* dalam cakupan jarak jauh.

Pengujian Statis

Arduino



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 1. Arduino Uno

Pada penelitian ini Arduino yang digunakan adalah Arduino UNO, Arduino berfungsi sebagai pusat pengendali utama dalam sistem ini. Pengujian dilakukan untuk memastikan Arduino dapat memproses data dengan baik dan mengontrol komponen lain seperti LCD HMI dan modul LoRa. Penulis menghubungkan Arduino ke komputer menggunakan kabel USB dan mengunggah program sederhana, untuk menguji fungsi dasar perangkat. Selain itu, dilakukan pengujian pada pin digital dan analog untuk memastikan kemampuan input dan output berfungsi dengan optimal.

LCD HMI



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 2. LCD HMI

LCD HMI digunakan untuk memastikan data dapat ditampilkan, menerima perintah dari Arduino, dan elemen grafis berfungsi sesuai desain, dengan menghubungkan LCD ke Arduino melalui komunikasi UART. Menggunakan program sederhana untuk mengirimkan

teks ke LCD dan memastikan tampilannya bekerja dengan semestinya. Tes elemen interaktif seperti tombol atau teks bergulir.

Module Charger



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 3. Module Charger

Module charger bertugas mengisi daya baterai lithium dengan aman dan efisien. Pengujian dilakukan untuk memastikan modul dapat memberikan tegangan dan arus yang stabil selama proses pengisian. Penulis menghubungkan modul *charger* ke sumber daya eksternal dan baterai lithium, lalu memeriksa tegangan dan arus pengisian menggunakan multimeter. Hasil pengujian memastikan bahwa modul dapat mengisi daya baterai dengan aman tanpa risiko kerusakan.

Baterai Lithium



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 4. Pengukuran Voltasi Baterai Litium

Baterai lithium berfungsi sebagai sumber daya utama untuk seluruh sistem. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa baterai memiliki kapasitas dan tegangan yang cukup untuk mendukung operasional perangkat. Penulis menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan baterai dan memverifikasi bahwa nilai tegangan berada dalam kisaran normal, yaitu

7V. Hal ini penting dikarenakan penulis menggabungkan beberapa baterai untuk meningkatkan tegangan baterai dengan menggunakan sambungan paralel yang disambungkan dengan komponen BMS

Battery Management System

BMS digunakan untuk melindungi baterai dari risiko *overcharge*, *over-discharge*, dan arus pendek. Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa modul BMS dapat bekerja sesuai fungsinya dalam menjaga keamanan dan umur panjang baterai. Penulis menghubungkan baterai ke BMS dan melakukan simulasi proteksi, seperti pengujian arus pendek, menggunakan multimeter. BMS terbukti dapat memutus daya secara otomatis saat mendeteksi kondisi berbahaya.

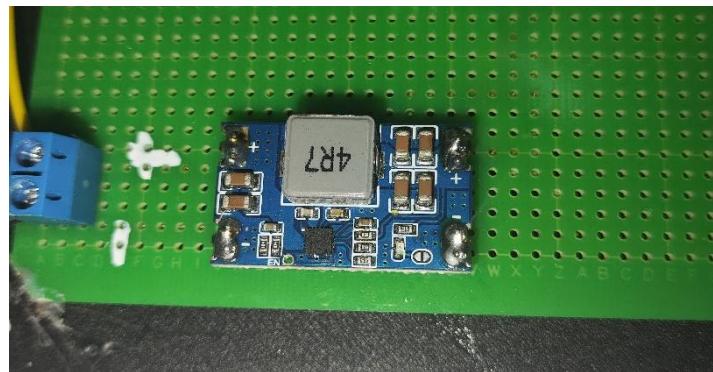


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 5. *Battery Management System*

Module step Down

Module step down bertugas menurunkan tegangan dari baterai ke level yang sesuai dengan kebutuhan komponen lain, seperti 5V untuk Arduino. Pengujian dilakukan dengsan menghubungkan input modul ke baterai dan memeriksa output menggunakan multimeter. Penulis memastikan bahwa tegangan output stabil dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan komponen lain dengan aman. Penulis menggunakan baterai lithium sebanyak 6 buah yang di paralelkan dengan *battery management system* untuk menambah tegangan yang dibutuhkan, yang kemudian tegangan yang dihasilkan baterai paralel di turunkan oleh *module step down*, Komponen dapat dilihat pada gambar 6:

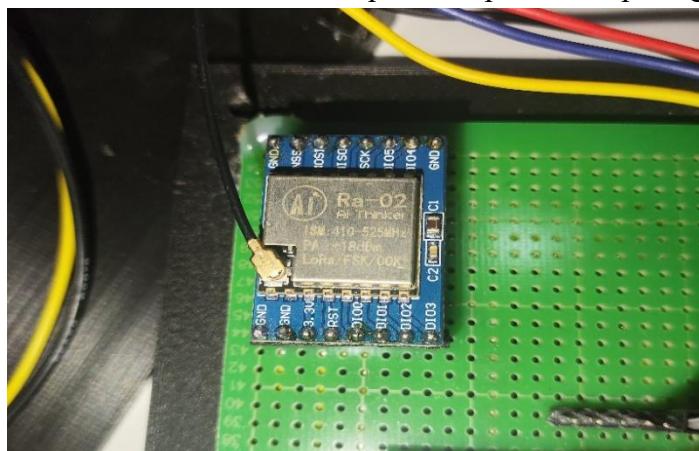


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 6. Module Step down

LoRa Module

LoRa digunakan untuk komunikasi data jarak jauh antara perangkat. Pengujian dilakukan untuk memastikan modul dapat mengirim dan menerima data dengan stabil. Penulis menghubungkan modul LoRa ke Arduino dan menjalankan program pengujian sederhana untuk mengirim data dari satu modul ke modul lainnya. Pengujian ini memastikan bahwa komunikasi LoRa berjalan lancar tanpa kehilangan data, sehingga dapat diandalkan untuk implementasi pengiriman data ke arduino. Komponen dapat dilihat pada gambar 7.



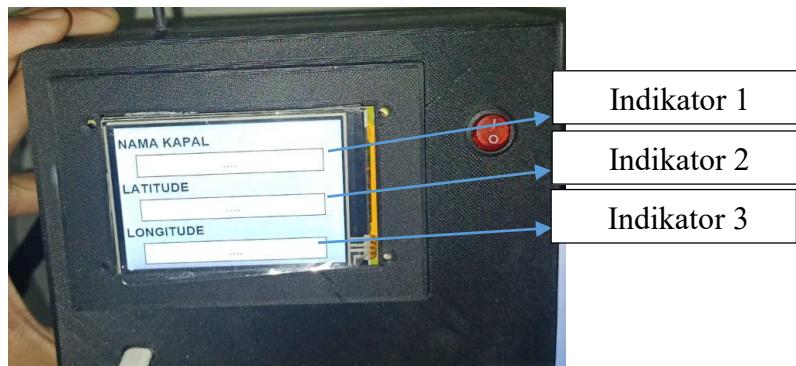
Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 7. Long Range Module

Pengujian Dinamis

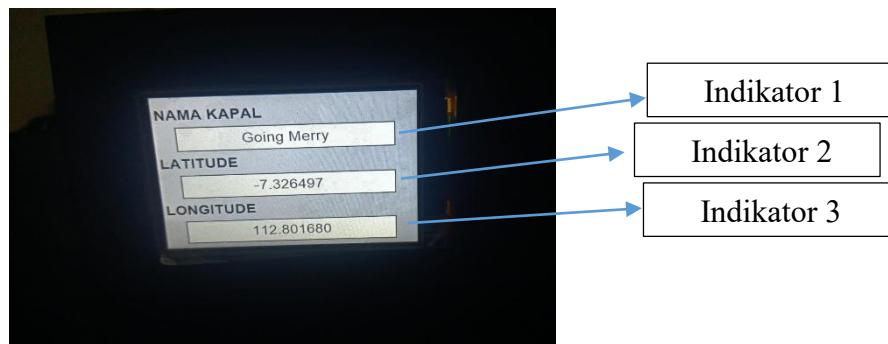
Pengujian dinamis dilakukan setelah semua komponen diintegrasikan ke dalam sistem untuk memastikan kinerja dan interaksi antar komponen berjalan dengan baik. Pengujian dinamis dilakukan untuk memastikan *Receiver AIS* yang memanfaatkan teknologi LoRa dapat menerima, memproses, dan menampilkan data secara akurat dalam kondisi operasional nyata. Adapun pengujinya seperti berikut:

Hasil uji penerimaan data dari LoRa



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 8. Transmitter belum terhubung dengan Receiver



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 9. Transmitter terhubung dengan Receiver

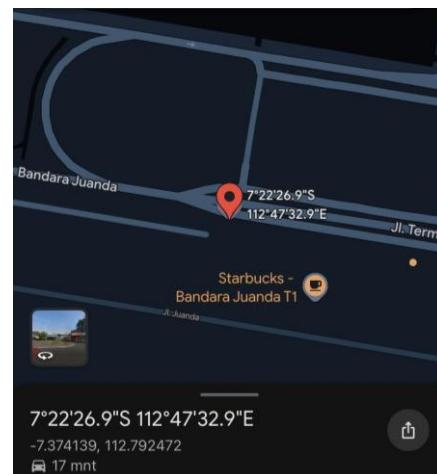
Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 8 dan 9. Pada gambar pertama dan kedua tersebut ada sebuah perbedaan pada indikator 1, 2, dan 3 yang mana pada gambar pertama mengindikasikan perangkat receiver menyala namun tidak ada data yang masuk, kemudian pada gambar yang kedua dapat dilihat jika saat transmitter terhubung dengan receiver, data yang dikirim oleh transmitter akan langsung otomatis terbaca dan data akan selalu di perbarui secara berkala.

Penyajian Data

Hasil uji penerimaan dari pengujian darat dan laut

Tabel 1. Pengujian Alat Darat

Jarak (meter)	Performa AIS (persen)	Time delay (detik)	Keterangan
1 Meter	100 %	0,1 dtk	Sangat baik
3 Meter	100 %	0,35 dtk	Sangat baik
5 Meter	100 %	0,53 dtk	Sangat baik
7 Meter	100 %	0,95 dtk	Sangat baik
9 Meter	66 %	2,39 dtk	Cukup baik
11 Meter	66 %	3,71 dtk	Cukup baik
13 Meter	66 %	5,34 dtk	Cukup baik
15 Meter	33 %	8,75 dtk	Kurang baik
16 Meter	0 %	-	<i>Lost Connection</i>



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 10. Pengambilan data di darat

Pada pengujian alat AIS pertama yaitu pengujian di darat menunjukkan bahwa performa sistem sangat baik pada jarak 1 hingga 7 meter, di mana seluruh data berhasil diterima dengan presentase 100% berhasil, dan waktu *delay* yang sangat rendah, berkisar antara 0,1 hingga 0,95 detik. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jarak dekat, sistem bekerja dengan optimal tanpa gangguan berarti. Namun, ketika jarak bertambah jauh menjadi 9 hingga 13 meter, performa mulai menurun dengan tingkat keberhasilan hanya 66%, yang mengindikasikan adanya kehilangan data sekitar 34% dan salah satu indikator tidak menampilkan data yang dikirim. Selain itu, waktu *delay* mengalami peningkatan yang cukup signifikan, mulai dari 2,39 hingga 5,34 detik, yang menunjukkan adanya hambatan dalam proses transmisi data.

Pada jarak 15 meter, performa semakin menurun dengan hanya 33% data yang berhasil diterima dan hanya indikator 1 saja yang menampilkan data dan itu hanya nama dari kapal, sementara waktu *delay* meningkat drastis hingga 8,75 detik. Hal ini menandakan bahwa pada jarak tersebut, sistem mulai mengalami kesulitan dalam menerima data secara akurat dan stabil. Pada jarak 16 meter, sistem tidak lagi mampu menerima data sama sekali, dengan performa 0%, yang berarti koneksi sepenuhnya terputus atau *lost connection*. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa batas efektif AIS menggunakan LoRa di darat berada di sekitar 13-15 meter, di mana setelah itu sistem menjadi tidak dapat diandalkan.

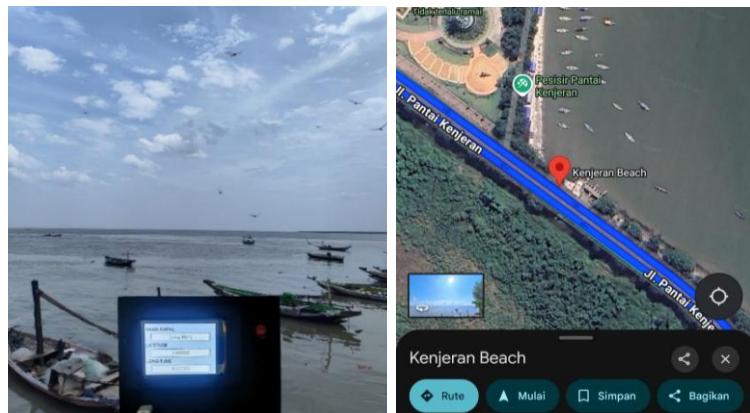
Tabel 2. Pengujian Alat Laut di Selat Madura 1

Jarak	Performa AIS	Time delay	Keterangan
1 Meter	100 %	0,12 dtk	Sangat baik
3 Meter	100%	0,40 dtk	Sangat baik
5 Meter	100%	0,60 dtk	Sangat baik
7 Meter	100%	1,14 dtk	Sangat baik
9 Meter	66 %	2,56 dtk	Cukup baik
11 Meter	66 %	5,48 dtk	Cukup baik
13 Meter	33 %	7,21 dtk	Kurang baik
15 Meter	0 %	-	<i>Lost connection</i>

Tabel 3. Pengujian Alat Laut di Selat Madura 2

Jarak	Performa AIS	Time delay	Keterangan
15 Meter	0 %	-	<i>Lost Connection</i>
13 Meter	33 %	8,32 dtk	Kurang baik
11 Meter	66 %	7,54 dtk	Cukup baik
9 Meter	66%	5,12 dtk	Cukup baik
7 Meter	100 %	3,45 dtk	Sangat baik
5 Meter	100 %	0,57 dtk	Sangat baik
3 Meter	100 %	0,38 dtk	Sangat baik
1 Meter	100 %	0,12 dtk	Sangat baik

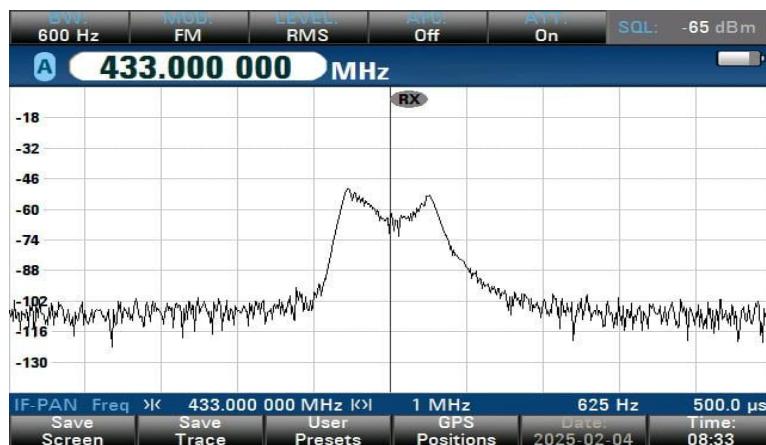
Pengujian laut dapat dilihat pada gambar 11 Penggunaan Berdasarkan hasil pengujian AIS yang dilakukan di darat dan laut, dapat disimpulkan bahwa performa AIS sangat dipengaruhi oleh jarak antara *transmitter* dan *receiver* serta kondisi lingkungan di sekitarnya.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 11. Pengambilan data di darat

Pengujian LoRa menggunakan *Spectrum Analyzer*

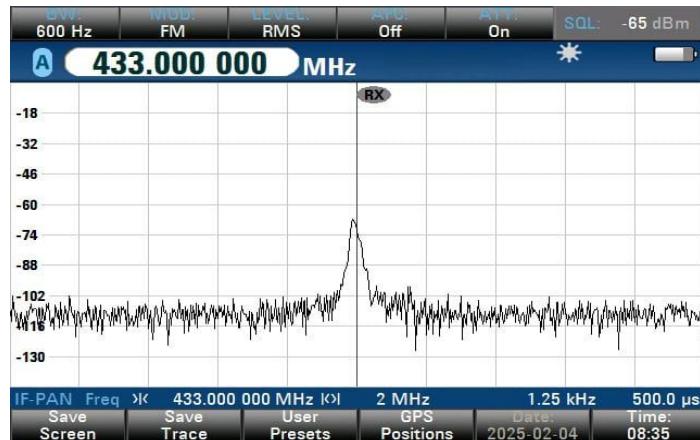


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 12. Pengujian *Spectrum Analyzer* LoRa

Kekuatan sinyal yang terdeteksi adalah -120.3 dBm, yang menunjukkan bahwa sinyal yang diterima cukup lemah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti jarak antara pemancar dan penerima yang terlalu jauh, daya transmisi yang rendah, atau penggunaan antena dengan gain yang kurang optimal. Untuk meningkatkan kualitas penerimaan, beberapa solusi yang dapat diterapkan adalah memperpendek jarak antara perangkat LoRa, meningkatkan daya pancar, atau menggunakan antena dengan gain lebih tinggi. Selain itu, *spectrum analyzer* ini memiliki *bandwidth* resolusi 600 Hz, yang cukup untuk menangkap detail spektrum sinyal tetapi kurang optimal untuk melihat keseluruhan lebar spektrum LoRa. LoRa biasanya bekerja dengan *bandwidth* 125 kHz, 250 kHz, atau 500 kHz, sehingga disarankan untuk menyesuaikan pengaturan spektrum analyzer agar dapat menampilkan sinyal dengan lebih jelas. IF-PAN yang digunakan dalam pengukuran ini menunjukkan bahwa

rentang pemantauan spektrum berada di sekitar 1 MHz, yang cukup untuk menangkap sinyal LoRa dengan bandwidth standar.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 13. Pengujian *Spectrum Analyzer* LoRa

Pada pengujian kedua yaitu gambar 13, *spectrum analyzer* tersebut masih menunjukkan pengukuran pada frekuensi 433 MHz, yang merupakan frekuensi kerja LoRa. Namun, ada beberapa perbedaan yang mencolok dibandingkan dengan gambar sebelumnya. Dari segi kekuatan sinyal, nilai yang ditampilkan sekarang adalah -58.2 dBm, yang jauh lebih kuat dibandingkan pengukuran sebelumnya yang berada di -120.3 dBm. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal LoRa yang diterima lebih kuat, kemungkinan karena adanya peningkatan daya pancar dari *transmitter*, pengurangan jarak antara *transmitter* dan *receiver*, atau penggunaan antena yang lebih baik. Bentuk spektrumnya juga berbeda. Pada gambar ini, sinyal yang muncul memiliki puncak tunggal yang lebih tajam, bukan dua puncak yang menyebar seperti pada pengukuran sebelumnya. Ini bisa menunjukkan bahwa pengaturan transmisi LoRa berbeda, atau ada perubahan pada *bandwidth* yang digunakan. Jika sebelumnya LoRa menggunakan teknik *spread spectrum* yang lebih lebar, kali ini sinyal yang tampak lebih terpusat, yang bisa mengindikasikan penggunaan *bandwidth* yang lebih kecil atau pengaturan spesifik pada modulasi. Secara keseluruhan, perubahan dalam gambar hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sinyal LoRa yang diterima lebih kuat dan lebih terfokus dibandingkan dengan pengukuran sebelumnya. Jika pengujian ini dilakukan dalam konteks komunikasi LoRa untuk AIS, maka hasil ini menunjukkan adanya peningkatan kualitas sinyal, yang bisa meningkatkan keberhasilan penerimaan data. Untuk tabel hasil dari pengujian menggunakan *spectrum analyzer* dapat dilihat pada tabel 4 yang mana pada tabel 4 memuat data frekuensi, kekuatan sinyal, bandwidth, resolusi, kualitas sinyal dan keterangan.

Tabel 4. Hasil pengujian LoRa Spectrum Analyzer

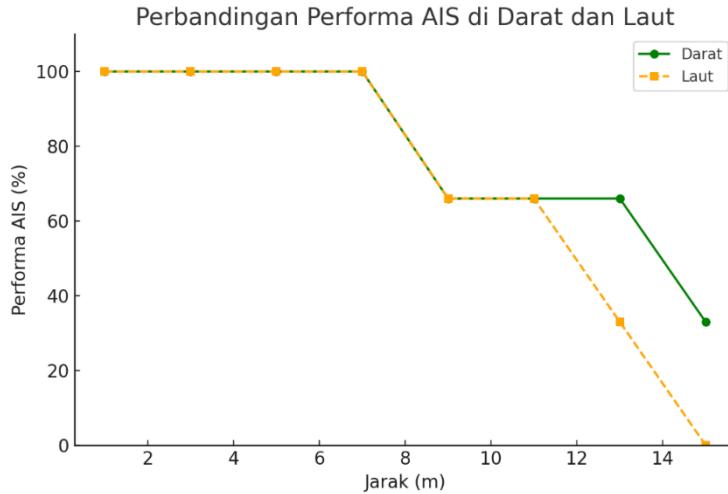
Jarak	RSSI / Signal Strength	Keterangan
1-3 m	-48 dBm	<i>Line of Sight (LOS)</i>
4-7 m	-56 dBm	<i>Line of Sight (LOS)</i> frekuensi masih stabil
8-10 m	-74 dBm	LOS, ada objek yang mempengaruhi sinyal transceiver seperti orang lewat
11-13 m	-82 dBm	LOS , ada gangguan sedang seperti kendaraan sehingga mengganggu pengiriman dan menerimaan <i>transceiver</i>
14-16 m	-95 dBm	Sinyal yang diterima lemah dikarenakan semakin banyak gangguan dari objek sekitar
17-19 m	-120 dBm	Eror sudah tidak terbaca oleh spectrum

Analisa Data

Analisa data performa AIS

Berdasarkan hasil pengujian, performa AIS sangat baik pada jarak 1 hingga 7 meter, di mana tingkat keberhasilan penerimaan data mencapai 100%, yang berarti tidak ada kehilangan data dalam rentang ini. Namun, setelah melewati 9 meter, terjadi penurunan performa menjadi 66%, yang menunjukkan bahwa sistem mulai mengalami kehilangan data sekitar 34% akibat gangguan sinyal. Penurunan ini semakin signifikan pada 15 meter, di mana hanya 33% data yang berhasil diterima, sebelum akhirnya sinyal hilang sepenuhnya pada 16 meter (0%). Hal ini menunjukkan bahwa performa AIS di laut lebih rentan terhadap gangguan, seperti pantulan sinyal di permukaan air atau kondisi lingkungan yang lebih dinamis dibandingkan dengan darat.

Secara keseluruhan, grafik ini mengindikasikan bahwa sistem AIS yang menggunakan LoRa bekerja lebih optimal dalam jarak dekat, terutama dalam lingkungan yang lebih stabil seperti darat. Namun, seiring bertambahnya jarak, baik di darat maupun di laut, performa sistem mengalami penurunan yang signifikan. Kondisi lingkungan di laut tampaknya mempercepat degradasi performa, sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut, seperti peningkatan daya pancar atau penggunaan antena dengan gain lebih tinggi, untuk meningkatkan jangkauan dan stabilitas penerimaan data AIS.

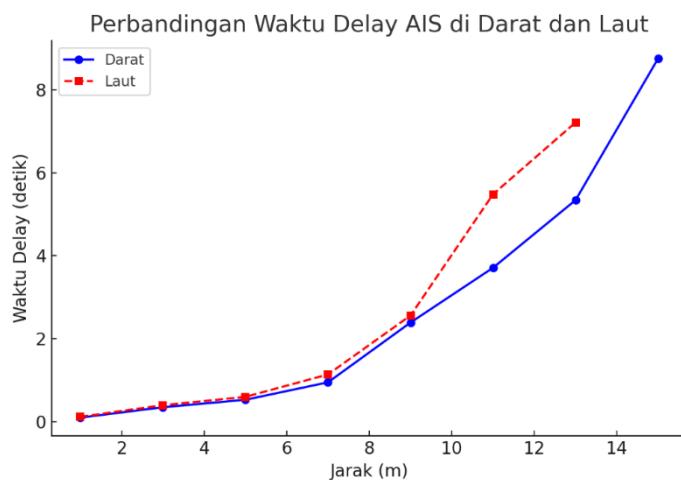


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 14. Chart data performa AIS

Analisa data *time-delay* AIS

Dari hasil pengujian, waktu delay meningkat seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 1 meter, delay sangat rendah, hanya 0,1 detik, sehingga komunikasi berlangsung secara *real-time*. Namun, saat jarak bertambah, delay juga meningkat. Misalnya, pada 7 meter, delay meningkat menjadi 0,95 detik, yang masih tergolong baik. Akan tetapi, pada 9 hingga 13 meter, delay meningkat drastis dari 2,39 detik hingga 5,34 detik, menunjukkan adanya hambatan dalam transmisi data. Pada jarak 15 meter, delay mencapai 8,75 detik, yang menunjukkan bahwa sistem mengalami kesulitan dalam mempertahankan koneksi yang stabil. Pada 16 meter, tidak ada data yang diterima, sehingga delay tidak dapat diukur karena sistem telah kehilangan koneksi sepenuhnya. Berikut adalah *chart* dari hasil pengujian delay AIS.

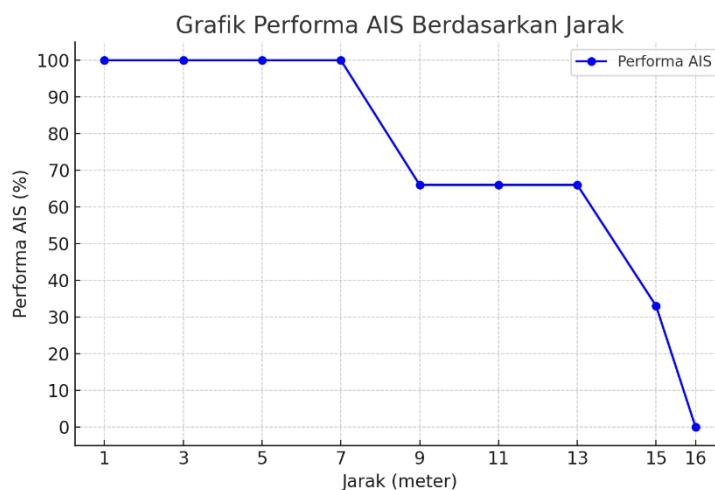


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 15. Chart data *time delay* AIS

Analisa data pengujian jarak AIS

Berdasarkan pengujian, AIS dapat bekerja dengan baik dalam rentang jarak 1 hingga 9 meter, dengan performa stabil dan delay yang masih dalam batas wajar. Pada rentang 9-13 meter, mulai terjadi gangguan sinyal yang ditandai dengan menurunnya performa hingga 66% serta peningkatan delay secara signifikan. Pada 15 meter, koneksi menjadi tidak stabil dengan tingkat keberhasilan hanya 33%, sebelum akhirnya pada 16 meter sistem tidak lagi mampu menerima sinyal. Dengan demikian, jarak optimal untuk komunikasi AIS yang akurat dan real-time adalah di bawah 9 meter, sedangkan batas maksimal komunikasi yang masih dapat diterima adalah sekitar 13-15 meter. Jika sistem diharapkan untuk menjangkau area yang lebih luas, maka diperlukan optimalisasi seperti peningkatan daya pemancar atau penggunaan antena dengan gain lebih tinggi.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 16. Chart data performa AIS berdasarkan jarak

Analisa data antena LoRa RA-02

Modul LoRa RA-02 menggunakan teknologi komunikasi LoRa dengan kemampuan jangkauan luas dan konsumsi daya rendah. Salah satu komponen utama dalam sistem komunikasi ini adalah antena, yang berperan dalam efisiensi propagasi sinyal. Analisis antena menjadi penting untuk memahami performa transmisi dan penerimaan sinyal dalam berbagai kondisi lingkungan. Spesifikasi antena helical/spiral LoRa yang mana frekuensi operasionalnya 410-525 MHz atau 862- 1020 MHz sesuai varian dari antena helical/spiral, penulis menggunakan frekuensi 433 yang mana dapat memancarkan daya hingga +20 dBm dan daya penerimaan hingga sampai dengan 148 dBm yaitu *helix multilayer* yang dapat meningkatkan resonansi dan gain. Lebih efisien dalam transmisi daya dalam jarak tertentu.

Tabel 5. Spesifikasi Antena LoRa RA-02

Parameter	Nilai
Frekuensi Operasional	410 – 525 MHz / 862 – 1020 MHz (tergantung varian)
Impedansi	50 Ohm
Daya Pancaran (TX Power)	Hingga +20 dBm
Sensitivitas Penerima (RX Sensitivity)	Hingga -148 dBm
Jenis Modulasi	LoRa Spread Spectrum (CSS)

Analisa konsumsi daya

Analisa konsumsi daya listrik merupakan langkah penting dalam perancangan sistem *receiver Automatic Identification System* (AIS) menggunakan teknologi *Long Range* (LoRa). Tujuan dari analisa ini adalah untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem bekerja secara efisien dan kompatibel dengan sumber daya yang tersedia, khususnya baterai lithium sebagai penyedia daya utama. Dengan memahami kebutuhan daya setiap komponen, penulis dapat memperkirakan durasi operasional sistem, mengidentifikasi potensi penghematan daya, dan memastikan stabilitas sistem selama penggunaan. Berikut adalah analisa konsumsi daya dari masing masing komponen:

- a. Arduino uno adalah pusat pengolahan data dalam sistem, dengan konsumsi daya rata-rata sekitar 100 mA saat menangani tugas-tugas seperti menerima data dari LoRa dan mengirimkan data ke LCD HMI. Dalam kondisi beban penuh, konsumsi daya dapat meningkat hingga 200 mA.
- b. LCD HMI bertanggung jawab untuk menampilkan data AIS secara interaktif. Konsumsi daya LCD HMI cukup besar, yaitu sekitar 250 mA saat layar aktif. Konsumsi daya ini tidak dapat dikurangi dengan menurunkan tingkat kecerahan dikarenakan untuk kecerahannya sendiri bersifat paten atau permanen, dengan mengoptimalkan desain antarmuka yang kemungkinan dapat mengurangi elemen yang membutuhkan banyak daya.
- c. Modul LoRa merupakan komponen komunikasi utama yang bertugas menerima data AIS dari *transmitter*. Dalam mode penerimaan, konsumsi daya rata-rata sekitar 50 mA, sedangkan dalam mode transmisi dapat mencapai 120 mA. Namun, karena *receiver* lebih sering berada dalam mode penerimaan, konsumsi daya rata-rata relatif lebih rendah, menjadikannya efisien untuk komunikasi jarak jauh.

- d. *Modul Charger* digunakan untuk mengisi daya baterai lithium dan memastikan sistem memiliki pasokan daya yang stabil. Konsumsi daya modul ini sangat kecil, sekitar 10 mA, dan hanya aktif saat proses pengisian daya berlangsung. Modul ini dirancang untuk menjaga efisiensi sistem selama pengisian daya tanpa memengaruhi operasi komponen lainnya.
- e. Baterai litium yang menjadi sumber daya utam untuk seluruh sistem. Dengan kapasitas standar 3000 mAh, baterai ini mampu menyediakan daya yang cukup untuk mendukung operasi sistem hingga sekitar 2-3 jam. Tegangan output baterai diturunkan menjadi 5V menggunakan modul *step-down* untuk memenuhi kebutuhan daya komponen lainnya.
- f. Modul *step down* yang mempunyai tugas untuk mengonversi tegangan baterai 3,7V menjadi 5V yang dibutuhkan oleh Arduino Uno, LCD HMI, dan modul LoRa. Dengan efisiensi sekitar 85-90%, modul ini memastikan konversi daya berlangsung dengan minimal kehilangan energi, sehingga memperpanjang durasi operasional sistem secara keseluruhan.
- g. Hasil kesimpulan dari analisa konsumsi daya listrik ini tidak hanya memberikan informasi tentang efisiensi daya sistem, tetapi juga membantu dalam menentukan kapasitas daya yang tepat dan durasi operasional yang diharapkan. Dengan menggunakan daya dari baterai lithium yang di paralelkan lalu di hubungkan dengan *battery management system* sehingga tegangan dari baterai yang berawal dari 3,7V untuk masing-masing baterai menjadi 12V untuk kebutuhan komponen seperti arduino, lcd, dan lora. Untuk mencegah terjadinya muatan berlebih.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan serangkaian perancangan, implementasi, dan pengujian sistem receiver Automatic Identification System (AIS) menggunakan teknologi Long Range (LoRa), diperoleh beberapa kesimpulan penting. Sistem receiver AIS berhasil dirancang dengan mengintegrasikan Arduino Uno, modul LoRa 433 MHz, LCD HMI, baterai lithium 3,7V, modul charger, module step-down, dan Battery Management System (BMS). Arduino berperan sebagai pusat kendali yang mengolah data dari LoRa dan meneruskannya ke LCD HMI melalui komunikasi serial (UART) untuk ditampilkan secara interaktif. Sistem ini menggunakan baterai lithium yang dikelola oleh BMS untuk menyuplai daya sebesar 12V, sehingga perangkat dapat beroperasi secara portabel dan stabil. Modul charger berfungsi memastikan pengisian ulang yang aman, sementara module step-down menyesuaikan tegangan sesuai kebutuhan komponen seperti Arduino, LoRa, dan LCD HMI. Pengujian AIS berbasis LoRa RA-02 dengan antena helical menunjukkan bahwa sistem mampu menerima data hingga jarak 15 meter, dengan daya pancar sebesar -58 dBm (sekitar 1,58 μ W) dan daya terima minimal sebesar -120 dBm (sekitar 1 fW). Namun, setelah jarak 9 meter, kualitas sinyal mulai menurun dan pada 15 meter komunikasi menjadi tidak stabil dengan delay lebih dari 6 detik. Penurunan ini disebabkan oleh keterbatasan daya pancar serta antena helical yang hanya memiliki gain sekitar 2 dBi, yang tidak optimal untuk komunikasi jarak jauh. Daya pancar yang rendah menyebabkan sinyal cepat melemah seiring bertambahnya jarak. Meskipun daya -58 dBm masih cukup untuk 15 meter, komunikasi akan lebih stabil jika daya pancar ditingkatkan hingga mendekati 20 dBm (100 mW). Oleh karena itu, peningkatan daya pancar, penggunaan antena dengan gain lebih tinggi, atau optimasi pengaturan LoRa menjadi penting untuk menjaga kestabilan sinyal dan mengurangi delay komunikasi.

Sebagai tindak lanjut dari perancangan, implementasi, dan pengujian sistem receiver AIS berbasis LoRa, terdapat beberapa saran untuk pengembangan proyek ke depan. Pertama, dari segi pengembangan sistem, disarankan untuk meningkatkan jangkauan dan akurasi dengan menggunakan modul LoRa yang lebih canggih atau mengganti antena dengan yang memiliki gain lebih tinggi. Kedua, dalam aspek efisiensi daya, penggunaan baterai dengan kapasitas yang lebih besar atau penambahan sumber daya cadangan seperti panel surya dapat membantu memperpanjang durasi operasional perangkat. Ketiga, pengembangan sistem juga dapat mencakup integrasi dengan perangkat Internet of Things (IoT), sehingga memungkinkan pemantauan data AIS secara jarak jauh melalui jaringan internet. Dengan implementasi saran-saran ini, sistem dapat memiliki performa yang lebih baik serta lebih adaptif terhadap kebutuhan komunikasi maritim di berbagai kondisi lingkungan.

REFERENSI

- Agus, M., Widyanto, S. W., Ma'muri, Wisnugroho, S., & Asuhadi, S. (2018). Automatic Identification System (AIS) berbasis mikrokontroler untuk pengawasan nelayan di Wakatobi. *Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta.* <https://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/218>
- Azani, T. R. A. (2023). Sistem monitoring cuaca menggunakan sensor kecepatan angin dengan komunikasi LoRa (Long Range) wireless network. *Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya.*
- Bosnjak, R., Simunovic, L., & Kavran, Z. (2012). Automatic Identification System in traffic and error analysis. *Transaction on Maritime Science.* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10060829>
- Gheorghe, A. C., & Stoica, C. I. (2021). Wireless weather station using Arduino Mega and Arduino Nano. *Valehia University of Targoviste, Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Information Technology.* <https://sciendo.com/es/article/10.2478/sbeef-2021-0008>
- Hartono, A., & Nugroho, H. (2021). Desain sistem informasi pemantauan kapal berbasis AIS dengan visualisasi data menggunakan software QGIS. *Jurnal Teknik ITS, 10(2), A180–A185.* <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.75019>
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 18 Tahun 2022 tentang Sistem Identifikasi Otomatis Bagi Kapal yang Melakukan Kegiatan di Wilayah Perairan Indonesia.* <https://zendy.io/pdf-viewer/10.35314/ip.v9i1.878>
- Maulidi, A., Prasetyo, T., & Lungding, A. R. (2019). Sistem penerima (receiver) Automatic Identification System (AIS) berbasis mini computer pada kapal nelayan tradisional di Madura. *Politeknik Negeri Madura.* <https://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/1125>
- Putra, R. A., & Suryana, D. (2022). Pemanfaatan teknologi LoRa dalam pengembangan sistem peringatan dini banjir berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 10(3), 303–311.* <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2022.303-311>
- Rahman, F. A. P. (2023). Perancangan single axis solar tracker berbasis Arduino guna efisiensi output daya panel surya di kapal. *Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya.*
- Robards, M. D., Adams, J., Silber, G., & Lorenzini, D. (2016). Conservation science and policy applications of the marine vessel Automatic Identification System (AIS): A review. *Bulletin of Marine Science.* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/12830492>
- Setiyantara, Y., Astriawati, N., Pertiwi, Y., Kusuma, A. C., Kristianto, L., & Bagaskoro, T. W. (2023). Optimalisasi pengoperasian AIS (Automatic Identification System) dalam upaya menjaga keselamatan pelayaran. <https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/article/view/88>

Supriyono, D., & Fajarwati, I. (2020). Implementasi LoRa dalam sistem komunikasi jarak jauh untuk monitoring kondisi lingkungan. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 22–29. <https://doi.org/10.14710/jte.v9i1.2214>

Syafrildi, R., & Wildian. (2015). Rancang bangun solar tracker berbasis mikrokontroler ATmega8538 dengan sensor LDR dan penampil LCD. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2). <https://jit.ndhu.edu.tw/article/view/2108>

Tungribali, L. Y., & Andjarwirawan, J. (n.d.). Pengawasan jalur kapal dengan Automatic Identification System (AIS) berbasis Android. *Universitas Kristen Petra*. <https://ijaseit.insightsociety.org/index.php/ijaseit/article/view/14082>

Winata, A. A. (2023). Perancangan sistem monitoring kondisi solar panel tracking menggunakan aplikasi Blynk. *Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya*. <https://iptek.its.ac.id/index.php/jps/article/view/451>