

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

Oleh:

Agung Rizky Putra Pratama

Politeknik Negeri Samarinda

Alamat: Jl. Cipto Mangun Kusumo, Gunung Panjang, Kec. Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur (75131).

Korespondensi Penulis: agungkk136@gmail.com.

Abstract. *This research is entitled "Implementation of LoRa System for Mountaineering Detection and Tracking" which aims to improve the safety of climbers through real-time position monitoring. By combining LoRa (Long Range) technology and the Neo-8M Global Navigation Satellite System (GNSS) module, this system is designed to provide accurate location information in conditions that are difficult to reach by cellular networks. The background of this research is based on the increasing popularity of mountain climbing in Indonesia, which often occurs at safety risks. Through a research methodology that includes needs analysis, design, implementation, and testing, this research produces a tool that can detect and track the position of climbers by prioritizing power efficiency. The research results show that the use of LoRa in data transmission offers good power efficiency, making it suitable for applications requiring low energy consumption. However, in tests conducted in areas with many trees and winding roads, the range of LoRa reached only about 230 meters when using a standard antenna. Therefore, although the Neo-8M module provides high location accuracy, the range limitations of LoRa under certain conditions need to be considered, especially for applications in areas with significant physical obstacle.*

Keywords: *LoRa, Neo-8m, Esp32.*

Abstrak. Penelitian ini berjudul "Implementasi Sistem LoRa untuk Deteksi dan Pelacakan Pendaki Gunung" yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan pendaki

Received July 07, 2025; Revised July 19, 2025; July 29, 2025

*Corresponding author: agungkk136@gmail.com

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

melalui pemantauan posisi secara real-time. Dengan menggabungkan teknologi LoRa (*Long Range*) dan modul *Global Navigation Satellite System* (GNSS) Neo-8M, sistem ini dirancang untuk memberikan informasi lokasi yang akurat dalam kondisi sulit dijangkau oleh jaringan seluler. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada meningkatnya popularitas pendakian gunung di Indonesia, yang sering kali dihadapkan pada risiko keselamatan. Melalui metodologi penelitian yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian, penelitian ini menghasilkan alat yang dapat mendeteksi dan melacak posisi pendaki dengan mengutamakan efisiensi daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan LoRa dalam pengiriman data memiliki efisiensi daya yang baik, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan konsumsi energi rendah. Namun, dalam pengujian pada medan dengan banyak pepohonan dan jalan menikung, jangkauan LoRa hanya mencapai sekitar 230 meter saat menggunakan antena biasa. Oleh karena itu, meskipun modul Neo-8M memberikan akurasi lokasi yang tinggi, keterbatasan jangkauan LoRa dalam kondisi tertentu perlu diperhatikan, terutama untuk aplikasi di area dengan hambatan fisik yang signifikan.

Kata Kunci: LoRa, Neo-8m, Esp32.

LATAR BELAKANG

Pendakian gunung semakin populer di kalangan masyarakat Indonesia. Aktivitas ini tidak hanya menawarkan manfaat kesehatan, tetapi juga memberikan pengalaman unik bagi para petualang. Namun, pendakian gunung tidak luput dari risiko keselamatan, terutama bagi pendaki yang tidak berpengalaman atau terjebak dalam kondisi cuaca buruk.

Isu keselamatan pendaki gunung telah menjadi perhatian utama bagi berbagai pihak, termasuk pemerintah, organisasi pecinta alam, dan komunitas pecinta pendakian. Ketua Balai Taman Nasional Gunung Rinjani (BTNGR) M. Taufikurrahman menginformasikan, dua pendaki asal Jakarta hilang saat mendaki Gunung Rinjani melalui jalur Plawangan Sembalun di Lombok. Kedua korban berinisial KRM dan MAR (Luthfiana Hisyam, 2024).

Salah satu tantangan utama dalam menjaga keselamatan pendaki adalah kemampuan untuk memantau posisi dan kondisi mereka secara real-time, terutama di area yang sulit dijangkau oleh jaringan seluler konvensional. Dengan perkembangan teknologi

saat ini, terdapat beberapa solusi yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan keselamatan pendaki gunung. Salah satunya adalah teknologi radio, teknologi radio yang dapat digunakan adalah LoRa (*Long Range*) (Batong et al., 2020).

Selain itu, modul *Global Navigation Satellite System* (GNSS) seperti Neo-8M juga dapat diintegrasikan dengan sistem LoRa untuk memberikan informasi lokasi yang akurat. Modul Neo-8M memiliki kemampuan untuk mendeteksi posisi GPS dengan tingkat akurasi yang tinggi (U-Blox, 2022), sehingga dapat mendukung sistem pelacakan pendaki gunung.

Dengan menggabungkan teknologi LoRa dan modul Neo-8M, diharapkan dapat dikembangkan sebuah sistem yang mampu mendeteksi dan melacak posisi pendaki gunung secara *real-time*. Sistem ini dapat membantu meningkatkan keselamatan pendaki, dan memberikan informasi berharga bagi pengelola kawasan pendakian.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem LoRa dan modul Neo-8M untuk mengembangkan solusi deteksi dan pelacakan pendaki gunung. Dengan solusi ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keselamatan dan keamanan para pendaki gunung di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini merumuskan masalah bagaimana mengimplementasikan sistem LoRa untuk melihat kinerja deteksi dan pelacakan pendaki gunung. Dengan batasan masalah sebagai berikut : (1) Fokus pada pengembangan sistem deteksi dan pelacakan pendaki gunung dengan menggunakan teknologi LoRa dan modul Neo-8M. (2) Di *monitoring* menggunakan Thingsboard.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem LoRa untuk meningkatkan jangkauan dan efisiensi daya dalam sistem deteksi dan pelacakan pendaki gunung. Kedua, mengintegrasikan modul GNSS Neo-8M dengan sistem LoRa untuk memberikan informasi lokasi yang akurat bagi pendaki gunung. Ketiga, Merancang dan membangun sistem deteksi dan pelacakan pendaki gunung yang dapat memantau posisi dan kondisi pendaki secara *real-time*.

Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan pendaki gunung melalui sistem deteksi dan pelacakan *real-time*. Kedua, memfasilitasi respons cepat dalam situasi darurat di area pendakian gunung. Ketiga, membantu pengelola kawasan pendakian dalam pengumpulan data tren pendakian, analisis pola aktivitas, dan peningkatan efisiensi pengelolaan. Keempat, memberikan kontribusi dalam

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

pengembangan teknologi komunikasi jarak jauh untuk aplikasi berbasis lokasi di lingkungan yang sulit dijangkau.

KAJIAN TEORITIS

Kajian Ilmiah

Tabel 2. 1 Kajian Ilmiah

No	Nama Pembuat	Judul Penelitian	Ringkasan dari Penelitian
1	(Salamah et al., 2022)	Teknologi GPS NEO-6 Untuk Tracking Kapal Penumpang Secara Real Time dengan Fitur Tombol Emergency SOS	Sistem ini telah diuji coba di dua lokasi yang berbeda di Sungai Musi, yaitu di daerah Musi 6 dan Benteng Kuto Besak (BKB). Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang baik dalam mendeteksi posisi kapal. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu meningkatkan keamanan dan keselamatan bagi penumpang kapal saat menggunakan transportasi air.
2	(Nasution, 2022)	Rancang Bangun Sistem Pengendali Lacak Posisi Sepeda Motor	Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil merancang dan membuat sistem pengendali lacak posisi sepeda motor yang dapat membantu mencegah terjadinya pencurian kendaraan, serta memberikan fitur tambahan seperti pengendalian starter mesin dan klakson dari jarak jauh

No	Nama Pembuat	Judul Penelitian	Ringkasan dari Penelitian
3	(Catur et al., 2022)	Implementasi Sistem Monitoring Dan Tracking Kendaraan Roda Empat Menggunakan <i>Global Positioning System</i> (Gps) Berbasis <i>Internet Of Things</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring dan tracking kendaraan roda empat ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Modul GPS memiliki rata-rata selisih koordinat sebesar 6,9 meter, sementara sensor inframerah memiliki akurasi 100% dengan jarak maksimal 5 cm. Pengujian kualitas layanan (QoS) juga menunjukkan hasil yang memuaskan, dengan throughput rata-rata 0,828561 Kbps di pagi hari dan 0,413212 Kbps di sore hari, serta delay rata-rata 0,686918 ms di pagi hari dan 0,305741 ms di sore hari. Sistem ini juga memiliki availability 89,58% dan reliability 88,37%. Dengan demikian, sistem monitoring dan tracking kendaraan roda empat ini dapat menjadi solusi yang efektif untuk permasalahan transportasi darat di kota Bandung.
4	(Arif Budiman et al., 2020)	Perancangan Sistem Pelacak	Penelitian ini berhasil merancang sistem pelacak

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

No	Nama Pembuat	Judul Penelitian	Ringkasan dari Penelitian
		Gps Dan Pengendali Kendaraan Jarak Jauh Berbasis Arduino	GPS dan pengendali kendaraan jarak jauh berbasis Arduino. Sistem ini mampu mendeteksi lokasi kendaraan secara real-time dan menampilkannya pada aplikasi mobile pengguna menggunakan Google Maps. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan sensor sidik jari untuk mengidentifikasi pengguna yang berhak menghidupkan kendaraan. Jika pengguna tidak teridentifikasi, sistem akan masuk ke mode darurat dan mematikan mesin kendaraan serta mengirimkan informasi lokasi dan sinyal darurat ke pengguna. Sistem ini juga dilengkapi dengan baterai tambahan untuk memastikan sistem tetap dapat berkomunikasi dengan pengguna meskipun baterai utama kendaraan dilepas.
5	(Kharisma et al., 2019)	<i>Development of location tracking system via short message service (SMS) based on</i>	Secara keseluruhan, penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem pelacakan lokasi berbasis teknologi GPS dan modul

No	Nama Pembuat	Judul Penelitian	Ringkasan dari Penelitian
		<i>GPS unblox neo-6m and sim 800l module</i>	SIM 800L yang dapat diandalkan untuk membantu meningkatkan keamanan barang-barang berharga milik masyarakat.
6	Agung Rizky Putra Pratama	Implementasi Sistem Lora Untuk Deteksi Dan Pelacakan Pendaki Gunung	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan LoRa dalam pengiriman data memiliki efisiensi daya yang baik, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan konsumsi energi rendah. Namun, dalam pengujian pada medan dengan banyak pepohonan dan jalan menikung, jangkauan LoRa hanya mencapai sekitar 230 meter saat menggunakan antena biasa. Oleh karena itu, meskipun modul Neo-8M memberikan akurasi lokasi yang tinggi, keterbatasan jangkauan LoRa dalam kondisi tertentu perlu diperhatikan, terutama untuk aplikasi di area dengan hambatan fisik yang signifikan

Dasar Teori

1. Modul NEO-M8

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

Rangkaian modul GNSS serentak NEO-M8 dibangun di atas mesin GNSS u-blox M8 yang berperforma tinggi dalam faktor bentuk NEO yang telah terbukti di industri. Modul NEO-M8 dapat menerima tiga sistem GNSS secara bersamaan (GPS/Galileo, BeiDou atau GLONASS), mengenali beberapa konstelasi secara bersamaan, dan memberikan akurasi posisi yang luar biasa dalam situasi yang melibatkan sinyal lemah atau ngarai perkotaan. Rangkaian NEO-M8 mendukung WAAS, EGNOS, dan MSAS serta penambahan QZSS, GAGAN, dan IMES untuk peningkatan posisi dan kecepatan. Untuk daya yang digunakan ketika NEO-M8 beroperasi adalah 21 mA (U-Blox, 2022).



Gambar 2. 1 Neo-M8

2. Teknologi LoRa (*Long Range*)

LoRa adalah teknologi modulasi frekuensi radio yang digunakan dalam jaringan area luas berdaya rendah (LPWAN). Nama LoRa mengacu pada tautan data jarak sangat jauh yang dimungkinkan oleh teknologi ini. LoRa diciptakan oleh Semtech untuk menstandarisasi LPWAN, menyediakan komunikasi jarak jauh: hingga 3 mil (5 kilometer) di wilayah perkotaan dan hingga 10 mil (15 kilometer) atau lebih di wilayah pedesaan. Untuk daya maksimum yang dibutuhkan ketika transmit sekitar 120 mA (Semtech, 2024).

Tabel 2. 2 Spesifikasi Lora ra-02

Spesifikasi	Keterangan
Kemasan	SMD-16
Ukuran	17*16*3,2($\pm 0,2$)mm
Rentang frekuensi	410~525MHz
Antarmuka komunikasi	SPI
Kecepatan bit yang dapat diprogram	Hingga 300Kbps
Daya pancar maksimum	20 $\pm$ 1dBi

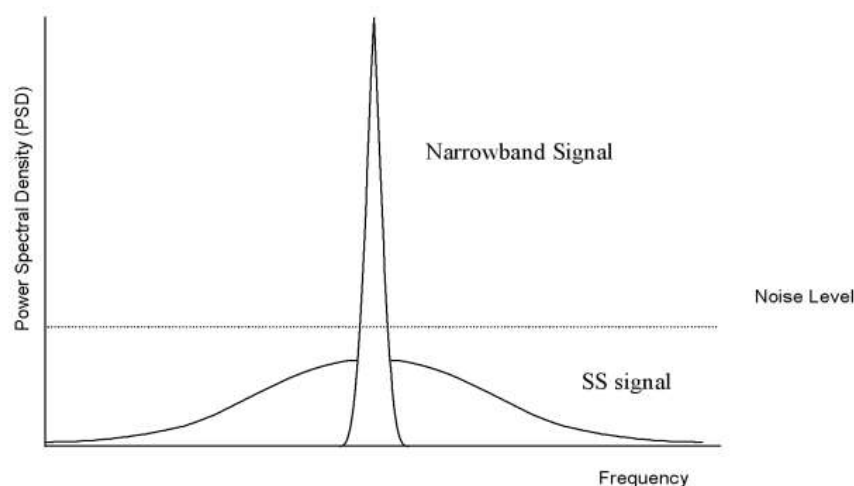
Tegangan kerja	2.7~3.6V, nilai tipikal 3.3V
Suhu kerja	-20~+70°C
Lingkungan penyimpanan	-40~+125°C,<90%RH
Berat	0,45 gram



Gambar 2. 2 LoRa Ra-02

3. Modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS)

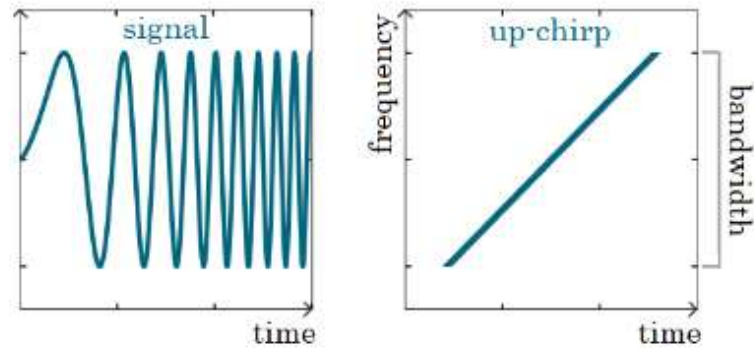
Pada dasarnya teknik modulasi ini memiliki kesamaan dengan narrowband perbedaannya teknik modulasi CSS memiliki *power density* yang rendah sehingga sinyal terlihat seperti *noise*, tidak akan dapat terbaca oleh perangkat *narrowband* dan hanya akan terbaca oleh perangkat dengan teknik modulasi dan memiliki *pseudo noise* yang sama (Padriyana et al., 2021). Representasi sinyal CSS terhadap *narrowband* seperti terlihat pada Gambar dibawah ini.



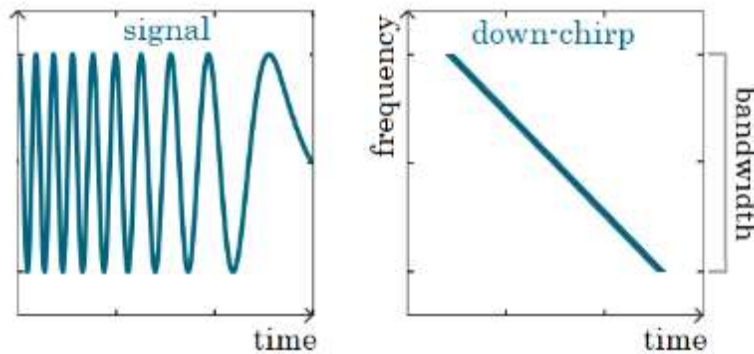
Gambar 2. 3 Perbandingan CSS dan *narrowband*

CSS ini memiliki bentuk sinusoidal yang mengalami peningkatan frekuensi (*up chirp*) atau penurunan frekuensi (*down chirp*) seperti gambar dibawah ini.

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG



Gambar 2. 4 Frekuensi *Up Chirp*



Gambar 2. 5 Frekuensi *Down Chirp*

4. Arduino Nano

Arduino® Nano adalah papan pengembangan cerdas yang dirancang untuk membuat prototipe lebih cepat dalam faktor bentuk sekecil mungkin. Arduino Nano adalah anggota tertua dari keluarga Nano dan menawarkan serangkaian antarmuka yang cukup kaya untuk aplikasi ramah papan tempat memotong roti. Inti dari papan ini adalah mikrokontroler ATmega328, yang berjalan pada 16 MHz dan berfungsi sama dengan Arduino® Duemilanove. Papan ini menawarkan 20 pin input/output digital, 8 pin analog, dan port mini USB. Untuk daya yang digunakan adalah 20-30 mA (Microcontroller, 2024).

Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino Uno

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan Disarankan	7 - 12 Volt

Batas Tegangan	6 - 20 volt
Pin Input/Output Digital	14
Pin PWM	6
Pin Input Analog	8
Arus Per Pin	40 Ma
Memori Flash	32 KB (2 KB untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Panjang	4,3 cm
Lebar	1,8 cm
Berat	5 gram



Gambar 2. 6 Nano Arduino

5. Esp32

ESP32-WROOM-32 adalah modul MCU Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE generik yang kuat yang menargetkan berbagai macam aplikasi, mulai dari jaringan sensor berdaya rendah hingga tugas yang paling menuntut, seperti pengodean suara, streaming musik, dan dekode MP3. Chip yang tertanam dirancang agar dapat diskalakan dan adaptif. Ada dua inti CPU yang dapat dikontrol secara individual, dan frekuensi clock CPU dapat disesuaikan dari 80 MHz hingga 240 MHz. ESP32 mengintegrasikan serangkaian periferal yang lengkap, mulai dari sensor sentuh kapasitif, antarmuka kartu SD, Ethernet, SPI berkecepatan tinggi, UART, I2S, dan I2C (Espressif Systems, 2023).

Tabel 2. 4 spesifikasi esp 32

Spesifikasi	Keterangan
-------------	------------

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

Kemasan	WROOM
Ukuran	18 mm x 25.5 mm x 3.1 mm
ROM	448 KB
SRAM	520 KB
Flash Eksternal	4 MB
Tegangan Operasi	2.2V - 3.6V
Arus Operasi	~80mA
GPIO	36 (dapat digunakan sebagai input atau output)
ADC	18 channel, 12-bit
DAC	2 channel, 8-bit



Gambar 2. 7 Esp32

6. Rumus Perhitungan Daya

Daya listrik adalah ukuran dari seberapa cepat energi listrik digunakan atau diproduksi dalam suatu sistem. Daya diukur dalam satuan watt (W) dan merupakan hasil kali antara tegangan (V) dan arus (I). Dalam konteks perhitungan daya, terdapat dua jenis daya yang perlu dipahami: daya aktif dan daya reaktif (Haafizhah et al., 2022). Dibawah ini adalah cara menghitung daya dan juga berapa lama alat akan bertahan.

Pertama menggunakan rumus dibawah untuk menghitung kapasitas Baterai :

$$Energi Wh = \frac{Kapasitas mAh \times V}{1000}$$

Dimana Wh adalah watt per jam, V adalah tegangan, dan mAh adalah miliampere per jam. Lalu menghitung daya menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

Di mana P adalah daya aktif, V adalah tegangan, dan I adalah arus.

Setelah itu menghitung berapa lama alat akan menyala menggunakan rumus dibawah :

$$t = \frac{Energi\ Wh}{Total\ Daya}$$

Di mana t adalah waktu, Energi Wh adalah kapasitas baterai, Total Daya adalah jumlah keseluruhan daya komponen.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan Mei Hingga Oktober 2024. Adapun Lokasi penelitian yang akan dilaksanakan pada area kampus dan rumah.

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah pengembangan alat monitoring pendaki gunung yang menggunakan sensor Neo-8M. Alat ini dilengkapi dengan LoRa untuk pemantauan jarak jauh dan akses data secara real-time.

Alat dan Bahan

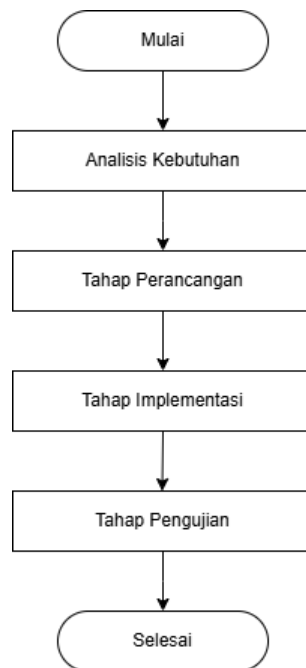
Alat dan Bahan yang digunakan dalam proses mengerjakan penelitian sebagai berikut :

Gambar 3. 1 Alat dan Bahan

Perangkat Keras	Komponen Elektronik	Perangkat Lunak
Processor AMD Ryzen 5-7535HS	ESP32 dan Nano Arduino	Arduino IDE
RAM 24 GB DDR5 4800MhZ	Neo-8M	Fritzing
VGA Nvidia RTX 2050 4GB	Lora Ra-02	Thingsboard
SSD 1,5 TB	LM2596 DC-DC Step Down	Fusion
	Baterai 3,7v 4000 mAh	

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

Tahapan Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

1. Analisis Kebutuhan

Melakukan riset atau penelitian awal untuk mengumpulkan informasi dan memahami data yang diperlukan untuk pengerjaan sistem lora dan modul neo-8m untuk deteksi dan pelacakan pendaki gunung.

2. Tahap Perancangan

Tahap ini dimulai dengan membuat desain alat dan juga mencari referensi program atau perangkat lunak yang akan digunakan untuk mengontrol dan mengoperasikan sistem yang diimplementasikan.

3. Tahap implementasi

Merakit menggunakan komponen perangkat keras dan elektronik yang telah disiapkan. Menghubungkan Neo-8m, Lora, stepdown, dan mikrokontroler sesuai desain yang telah dibuat

4. Tahap Pengujian

Melakukan pengujian untuk memastikan bahwa alat berfungsi sesuai yang diharapkan. Pengujian ini penting untuk melihat dan memperbaiki kesalahan atau kekurangan yang ada pada alat.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, data yang dibutuhkan dikumpulkan menggunakan metode observasi dan studi literatur dari berbagai sumber yang berkaitan dengan deteksi dan pelacakan pendaki gunung menggunakan sistem LoRa dan modul NEO-8M.

Metode observasi dilakukan untuk mengumpulkan data-data lapangan terkait kebutuhan dan tantangan yang dihadapi dalam pelacakan dan deteksi pendaki gunung. Sedangkan studi literatur dilakukan untuk mempelajari konsep-konsep dan teknologi yang terkait, seperti:

1. Metode modulasi digital untuk sistem LoRa.
2. Rancangan dan konfigurasi sistem LoRa untuk komunikasi jarak jauh di lingkungan pegunungan.
3. Pemanfaatan modul GNSS NEO-8M untuk mendapatkan koordinat lokasi pendaki.
4. Algoritma dan metode pelacakan dan deteksi posisi pendaki menggunakan data dari sistem LoRa dan modul NEO-8M.

Dengan mengumpulkan data melalui observasi dan studi literatur, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dan pelacakan pendaki gunung yang handal dan efektif menggunakan teknologi LoRa dan modul GNSS NEO-8M.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Tahap analisis ini meliputi analisis fungsi dari alat dan analisis data.

1. Analisis Fungsi

Analisis fungsi adalah proses analisa yang berfungsi agar mengetahui kebutuhan fungsional alat yang dibuat, analisis dilakukan dengan cara mencoba komponen yang sudah ada seperti pengiriman data menggunakan LoRa, mendapatkan data lokasi dari Neo-8M dan melihat outpunya di serial monitor.

2. Analisis Data

Alat ini akan memonitoring pengiriman data melalui LoRa. Proses pertama yaitu pengambilan data menggunakan Neo-8M, setelah itu data

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

lokasi dan jam ketika sudah mendapatkan data tersebut maka akan dikirim menggunakan LoRa dan dimonitoring gelombang frekuensi, RSSI dan SNR.

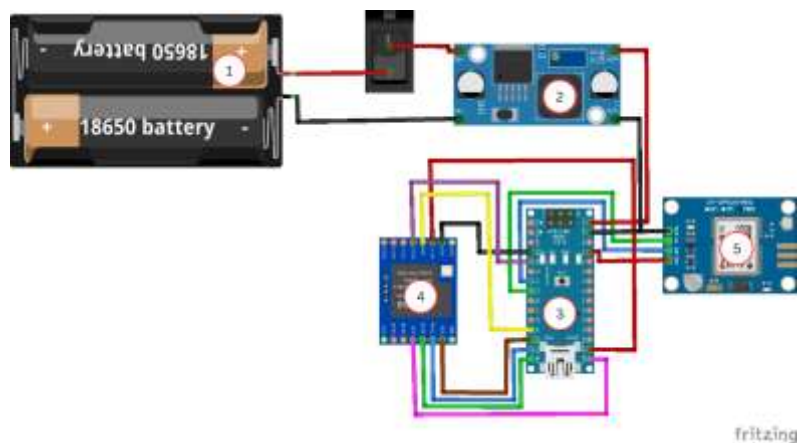
Tahap Perancangan

Pada tahap perancangan akan meliputi desain rangkaian, desain kemasan produk, diagram alir cara kerja alat, dan juga desain blok diagram.

1. Desain Rangkaian

Desain rangkaian ini penting untuk gambaran pin komponen akan terhubung ke mana saja agar tidak terjadi kesalahan pada saat tahap implementasi.

1) Desain Rangkaian Perangkat Pendaki



Gambar 4. 1 Rangkaian Perangkat Pendaki

a. Baterai 18650 (2 buah)

Fungsi: Memberikan daya untuk seluruh sistem.

Koneksi:

Positif (+) baterai terhubung ke saklar, lalu ke terminal IN+ dari Stepdown LM2596.

Negatif (-) baterai langsung terhubung ke terminal IN- dari Stepdown LM2596.

b. Stepdown LM2596

Fungsi: Mengatur tegangan dari baterai 18650 untuk diubah ke tegangan yang sesuai bagi Arduino Nano.

Koneksi:

IN+ dan IN-: Terhubung ke baterai 18650 (melalui saklar untuk IN+).

OUT+ dan OUT-: OUT+ terhubung ke pin VIN Arduino Nano, sedangkan OUT- terhubung ke pin GND Arduino Nano.

c. Arduino Nano

Fungsi: Sebagai mikrokontroler untuk mengontrol modul LoRa dan GPS.

Koneksi:

VIN: Terhubung ke OUT+ dari Stepdown untuk mendapatkan daya 5V.

GND: Terhubung ke OUT- dari Stepdown untuk ground.

D12 : Terhubung ke pin MISO dari modul LoRa RA-02.

D11 : Terhubung ke pin MOSI dari modul LoRa RA-02.

D13 : Terhubung ke pin SCK dari modul LoRa RA-02.

D10 : Terhubung ke pin NSS dari modul LoRa RA-02.

D9 : Terhubung ke pin RST dari modul LoRa RA-02

D2 : Terhubung ke pin DIO0 dari modul LoRa RA-02.

D5 : Terhubung ke pin GPS RX dari modul NEO-8M.

D4 : Terhubung ke pin GPS TX dari modul NEO-8M.

d. Modul LoRa RA-02

Fungsi: Mengirim dan menerima data melalui komunikasi LoRa.

Koneksi:

VCC: Terhubung ke 3.3V dari Arduino Nano.

GND: Terhubung ke GND dari Arduino Nano.

MISO : Terhubung ke pin D12 dari Arduino Nano.

MOSI : Terhubung ke pin D11 dari Arduino Nano.

SCK :Terhubung ke pin D13 dari Arduino Nano.

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

NSS : Terhubung ke pin D10 dari Arduino Nano.

DIO0 : Terhubung ke pin D2 dari Arduino Nano.

RST : Terhubung ke pin D9 dari Arduino Nano.

e. Modul GPS NEO-8M

Fungsi: Mendapatkan koordinat posisi dari satelit GPS.

Koneksi:

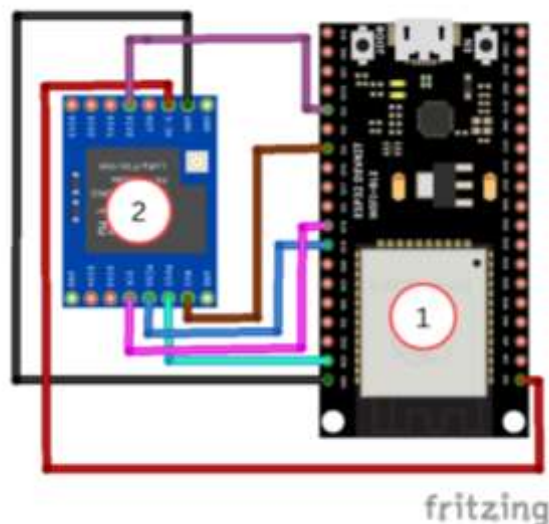
VCC: Terhubung ke 5V dari Arduino Nano.

GND: Terhubung ke GND dari Arduino Nano.

TX: Terhubung ke pin D4 dari Arduino Nano.

RX: Terhubung ke pin D5 dari Arduino Nano.

2) Desain Rangkaian Perangkat Posko



Gambar 4. 2 Rangkaian Perangkat Posko

a. Esp 32

Fungsi: Sebagai mikrokontroler untuk mengontrol modul.

Koneksi:

D31 : Terhubung ke pin MISO dari modul LoRa RA-02.

D37 : Terhubung ke pin MOSI dari modul LoRa RA-02.

D36 : Terhubung ke pin SCK dari modul LoRa RA-02.

D15 : Terhubung ke pin NSS dari modul LoRa RA-02.

D5 : Terhubung ke pin RST dari modul LoRa RA-02.

D2 : Terhubung ke pin DIO0 dari modul LoRa RA-02.

b. Modul LoRa RA-02

Fungsi: Mengirim dan menerima data melalui komunikasi LoRa.

Koneksi:

VCC: Terhubung ke 3.3V dari Esp 32.

GND: Terhubung ke GND dari Esp 32.

MISO : Terhubung ke pin D31 dari Esp 32.

MOSI : Terhubung ke pin D37 dari Esp 32.

SCK :Terhubung ke pin D36 dari Esp 32.

NSS : Terhubung ke pin D15 dari Esp 32.

DIO0 : Terhubung ke pin D2 dari Esp 32.

RST : Terhubung ke pin D5 dari Esp 32.

2. Desain Kemasan Produk

Desain kemasan produk adalah gambaran bagaimana bentuk alat nanti ketika sudah selesai melakukan implementasi.

1) Desain Kemasan Produk Pendaki



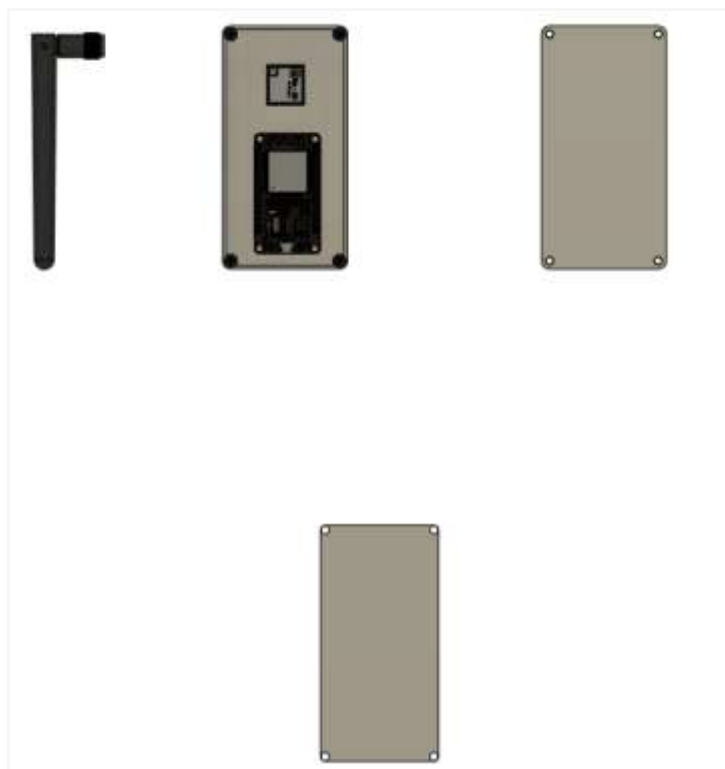
Gambar 4. 3 Desain 3D Perangkat Pendaki

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG



Gambar 4. 4 Desain 3D Perangkat Pendaki Bagian Samping

2) Desain Kemasan Produk Posko



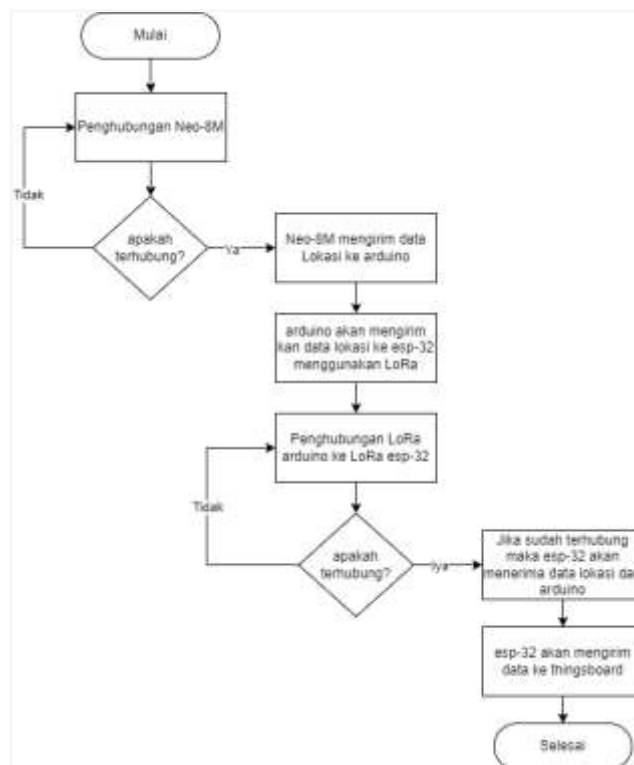
Gambar 4. 5 Desain 3D Perangkat Posko



Gambar 4. 6 Desain 3D Perangkat Posko Bagian Atas

3. Diagram alir Cara Kerja Alat

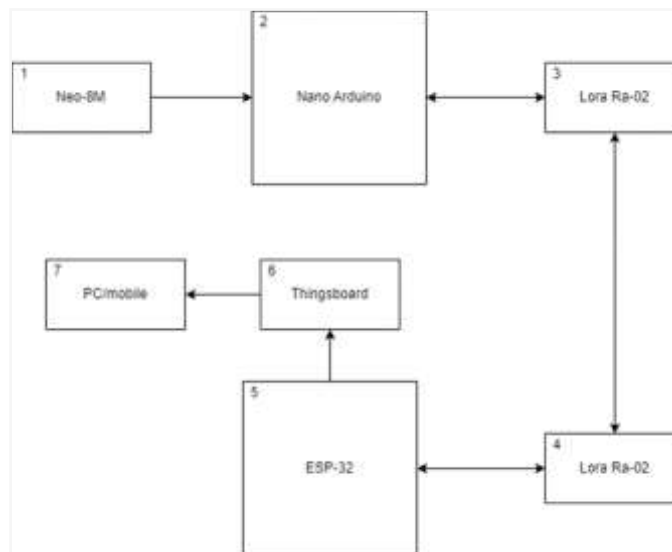
Dibawah ini merupakan diagram alir cara kerja alat.



Gambar 4. 7 Diagram alir cara kerja alat

4. Desain Blok Diagram

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG



Gambar 4. 8 Blok Diagram

Untuk Blok diagram akan dijelaskan dibawah ini :

- 1) Neo-8M: Ini adalah modul GPS yang digunakan untuk menerima data lokasi dari satelit GPS. Modul ini mengirimkan data lokasi ke Nano Arduino.
- 2) Nano Arduino: Arduino Nano adalah mikrokontroler yang memproses data dari modul Neo-8M. Setelah memproses data GPS, Arduino Nano mengirimkan data tersebut ke modul LoRa Ra-02 untuk transmisi.
- 3) LoRa Ra-02 (*Transmitter*): Modul LoRa (*Long Range*) Ra-02 digunakan untuk transmisi data jarak jauh. Modul ini menerima data dari Arduino Nano dan mentransmisikan data tersebut ke modul LoRa lainnya.
- 4) LoRa Ra-02 (*Receiver*): Modul ini menerima data yang dikirimkan oleh modul LoRa *Transmitter*. Data yang diterima kemudian dikirim ke ESP-32 untuk pemrosesan lebih lanjut.
- 5) ESP-32: ESP-32 adalah mikrokontroler yang memiliki kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth. ESP-32 menerima data dari modul LoRa *Receiver* dan mengirimkan data tersebut ke platform Thingsboard untuk monitoring.
- 6) Thingsboard: Thingsboard adalah platform IoT *open-source* yang digunakan untuk pengumpulan data, pemrosesan,

visualisasi, dan manajemen perangkat. Data yang diterima oleh ESP-32 dikirim ke Thingsboard untuk dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk yang mudah dimengerti.

Tahap Implementasi

Tahap implementasi dilakukan perakitan perangkat beserta tampilan monitoring pada thingsboard.

1. Perakitan Perangkat

1) Perakitan Perangkat Pendaki



Gambar 4. 9 Proses perakitan perangkat pendaki

Pada Gambar 4.9 tahap yang dilakukan adalah menghubungkan Arduino Nano ke Neo-8M, LoRa dan juga stepdown.

2) Perakitan Perangkat Posko

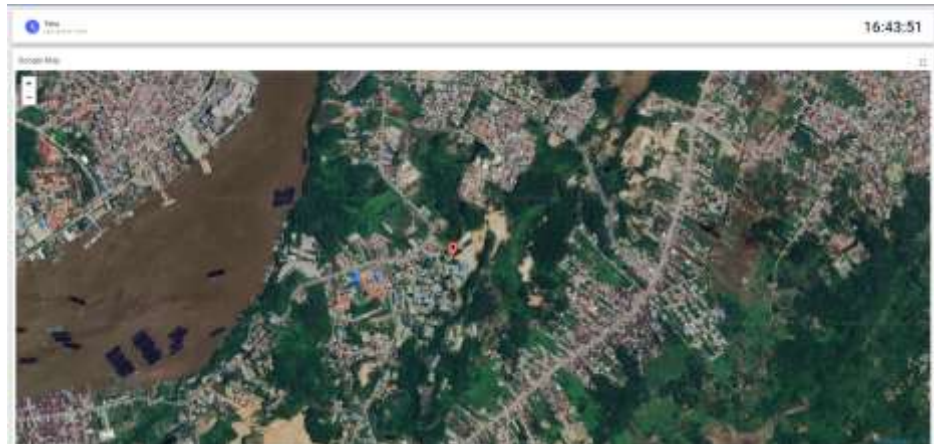


Gambar 4. 10 Proses perakitan perangkat posko

Pada Gambar 4.10 berisi tahap yang dilakukan untuk menghubungkan Esp 32 ke LoRa.

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

2. Tampilan monitoring pada thingsboard



Gambar 4. 11 Tampilan Thingsboard

Gambar 4.11 adalah tampilan untuk memonitoring pendaki melalui thingsboard dimana time berfungsi untuk melihat waktu sekitar dan google map digunakan untuk memantau posisi pendaki.

3. Penulisan Kode Program

1) Kode program pendaki

```
#include <LoRa.h>
#include <TinyGPSPlus.h>
#include <SoftwareSerial.h>

// Pin LoRa
#define SS 10
#define RST 9
#define DIO0 2

// Pin GPS
static const int RXPin = 4, TXPin = 5;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;

// Objek TinyGPSPlus
TinyGPSPlus gps;

// Serial Software untuk GPS
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);

// Variabel untuk manajemen waktu
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 30000
```

Gambar 4. 12 Inisialisasi Variabel Program

Gambar 4.12 adalah list program untuk tahap inisialisasi variable yang digunakan dengan menggunakan library tinyGPSPlus dan juga LoRa.

```

void setup() {
  // Inisialisasi serial monitor dan GPS
  Serial.begin(9600);
  ss.begin(GPSBaud);

  // Inisialisasi LoRa
  LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("LoRa Error");
    delay(100);
    while (1);
  }

  // Set TX Power, Spreading Factor, Signal Bandwidth, coding
  // Rate, dan Preamble Length
  LoRa.setTxPower(17);
  LoRa.setSpreadingFactor(10);
  LoRa.setSignalBandwidth(125E3);
  LoRa.setCodingRate4(5);
  LoRa.setPreambleLength(12);

  // Enable CRC (cyclic Redundancy Check)
  LoRa.enableCrc(); // Aktifkan CRC untuk memastikan
  // integritas data

  Serial.println("LoRa Initialized Successfully");
}

```

Gambar 4. 13 Isi *Void Setup* Program

Pada Gambar 4.13 berisi fungsi void setup terdapat program untuk menginisialisasi dan mengatur LoRa.

```

void loop() {
  // Baca data dari GPS
  while (ss.available() > 0) {
    gps.encode(ss.read());
  }

  // Cek apakah data GPS valid
  if (gps.location.isValid() && gps.time.isValid()) {
    unsigned long currentMillis = millis();

    // Kirim data setiap interval yang ditentukan
    if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
      previousMillis = currentMillis;

      // Dapatkan latitude, longitude, dan waktu
      String latitude = getLatitude();
      String longitude = getLongitude();
      String time = getTime(); // Ambil waktu

      // Kirim latitude, longitude, dan waktu dalam satu paket
      sendOutLoRa(latitude + "," + longitude + "," + time); //
      // Format: latitude,longitude,time
    }
  } else {
    Serial.println("Menunggu data GPS yang valid...");
  }

  // Cek apakah GPS terdeteksi
  if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10) {
    Serial.println(F("No GPS detected: check wiring."));
    while (true);
  }
}

```

Gambar 4. 14 Isi *Void Loop* Program

Pada Gambar 4.14 berisi void loop terdapat program untuk pengecekan data GPS dan juga inisialisasi GPS.

2) Kode program posko

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

```
#include <LoRa.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <math.h>

// Konfigurasi Wi-Fi
const char* ssid = "haihaihai";
const char* password = "12345678901234567";

// Konfigurasi ThingsBoard HTTP
const char* thingsboard_server =
"http://192.168.255.154:8080";
const char* access_token = "M07JVMsWdQ7HjvcghPA";

// Pin LoRa
#define SS 5
#define RST 15
#define DI00 2
```

Gambar 4. 15 Inisialisasi Variabel Program

Gambar 4.15 adalah list program untuk tahap inisialisasi variable yang digunakan dengan menggunakan library math dan juga LoRa.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  setup_wifi();

  LoRa.setPins(SS, RST, DI00);
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("LoRa Error");
    delay(100);
    while (1);
  }

  // Set Spreading Factor, Signal Bandwidth, Coding Rate, dan
  // Preamble Length sesuai pengirim
  LoRa.setSpreadingFactor(10); // Sama dengan pengirim
  LoRa.setSignalBandwidth(125E3); // Sama dengan pengirim
  LoRa.setCodingRate4(5); // Sama dengan pengirim
  LoRa.setPreambleLength(12); // Sama dengan pengirim

  // Enable CRC untuk validasi integritas data
  LoRa.enableCrc(); // Aktifkan CRC pada penerima

  Serial.println("LoRa Initialized Successfully");
}
```

Gambar 4. 16 Isi *Void Setup* Program

Pada Gambar 4.16 berisi fungsi void setup terdapat program untuk menginisialisasi dan mengatur LoRa.

```

void loop() {
  int packetSize = LoRa.parsePacket();
  if (packetSize) {
    String data = "";
    while (LoRa.available()) {
      data += (char)LoRa.read();
    }

    Serial.print("Received Data from LoRa: ");
    Serial.println(data);

    float latitude = 0.0;
    float longitude = 0.0;
    String time = "";

    int firstCommaIndex = data.indexOf(',');
    int secondCommaIndex = data.indexOf(',', firstCommaIndex + 1);
    if (firstCommaIndex > 0 && secondCommaIndex > firstCommaIndex) {
      latitude = data.substring(0, firstCommaIndex).toFloat();
      longitude = data.substring(firstCommaIndex + 1, secondCommaIndex).toFloat();
      time = data.substring(secondCommaIndex + 1);

      float RecieverLatitude = -0.4819273;
      float RecieverLongitude = 117.1888788;

      // Hitung jarak antara pengirim dan penerima
      float distance = calculateDistance(RecieverLatitude, RecieverLongitude, latitude, longitude);
      Serial.print("Jarak antara pengirim dan penerima: ");
      Serial.print(distance);
      Serial.println(" km");
      Serial.println("RSSI: " + String(LoRa.packetRssi()));
      Serial.println("Snr: " + String(LoRa.packetSnr()));

      sendTelemetry(latitude, longitude, time, distance);
    } else {
      Serial.println("Format data tidak valid.");
    }
  }
}

```

Gambar 4. 17 Isi *Void Loop* Program

Pada Gambar 4.17 berisi void loop terdapat program untuk pengecekan data yang dikirim melalui LoRa dan juga menghitung jarak, RSSI dan juga SNR.

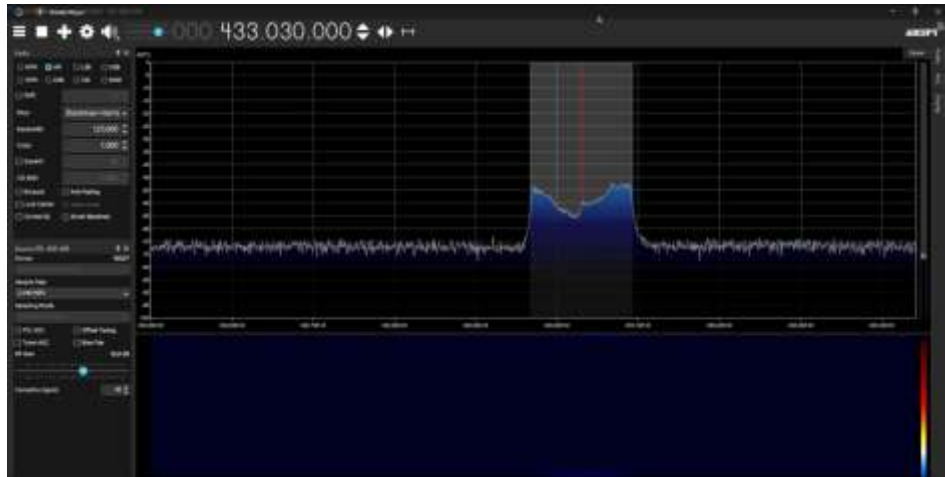
Tahap Pengujian

Pada tahap ini alat akan diuji dengan cara memonitoring pengiriman data lokasi pendaki menggunakan LoRa melalui bentuk gelombang frekuensi, desibel, dan juga RSSI melalui aplikasi SDR serta akan dilakukan uji pengiriman data ke thingsboard beserta melihat jarak tempuh pengiriman data LoRa.

1. Pengujian LoRa dan juga Neo-8M

Pada Pengujian LoRa ini akan melihat apakah modul Neo-8m dapat bekerja dengan baik dan juga untuk melihat bagaimana bentuk gelombang dari LoRa, RSSI dan juga SNR nya.

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG



Gambar 4. 18 Gelombang yang dipancarkan oleh Lora

Pada Gambar 4.18 terlihat bentuk gelombang yang dipancarkan oleh LoRa pada saat pengiriman menggunakan data dari GPS Neo-8m.

```
18:27:18.282 -> Received Data from LoRa: -0.481829,117.189000,18:27:17
18:27:18.314 -> Jarak antara pengirim dan penerima: 0.02 km
18:27:18.410 -> RSSI: -101
18:27:18.410 -> Snr: 12.50
18:27:18.475 -> Respon dari server:
18:27:23.291 -> Received Data from LoRa: -0.481829,117.189000,18:27:22
18:27:23.324 -> Jarak antara pengirim dan penerima: 0.02 km
18:27:23.389 -> RSSI: -100
18:27:23.389 -> Snr: 13.00
18:27:23.614 -> Respon dari server:
18:27:28.264 -> Received Data from LoRa: -0.481830,117.189000,18:27:27
18:27:28.296 -> Jarak antara pengirim dan penerima: 0.02 km
18:27:28.360 -> RSSI: -100
18:27:28.360 -> Snr: 13.25
18:27:28.682 -> Respon dari server:
```

Gambar 4. 19 hasil serial monitor

Pada Gambar 4.19 pengiriman data Neo-8m menggunakan LoRa berjalan dengan baik dan juga dapat dilihat RSSI ketika pengujian sekitar -100, lalu maksud “respon dari server:” adalah esp 32 akan mengirim data yg diterima melalui LoRa ke thingsboard.

A screenshot of the Thingsboard web interface. The top bar shows the 'Devices' tab. Below it, there's a table listing connected devices. The table has columns for 'Created time', 'Name', 'Device profile', 'Label', 'State', 'Customer', 'Public', and 'Is gateway'. One device is listed with the name 'esp32' and a state of 'Active'.

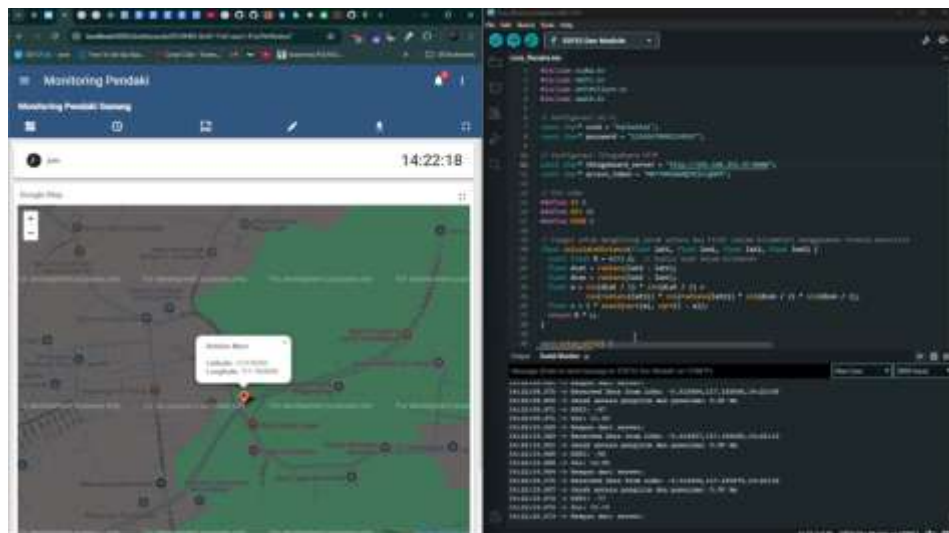
Created time	Name	Device profile	Label	State	Customer	Public	Is gateway
2024-09-26 21:06:54	esp32	default		Active			

Gambar 4. 20 Device Terhubung Dengan Thingsboard

Pada Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa esp 32 telah terhubung dengan thingsboard ini menandakan bahwa alat bekerja dengan baik.

2. Pengujian Jarak

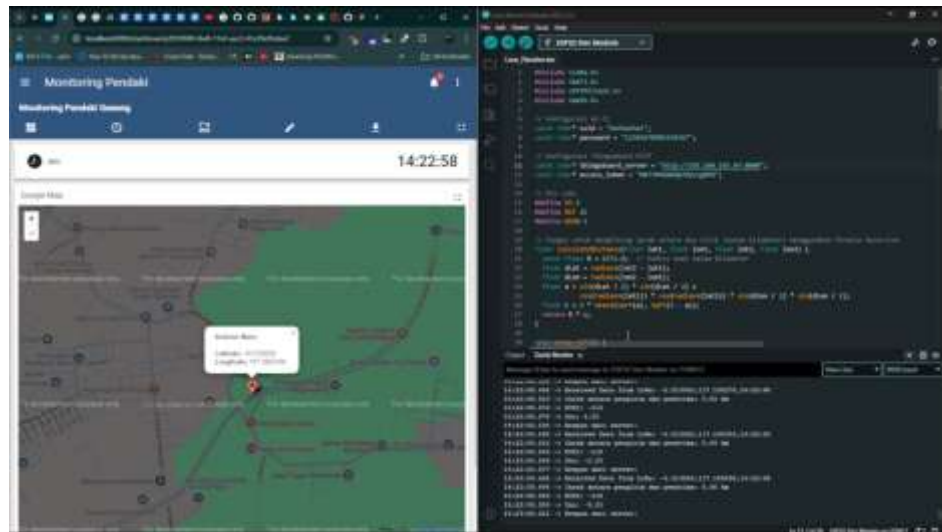
Pengujian Jarak dilakukan dengan cara membawa perangkat transmit sejauh mungkin dan di monitoring menggunakan serial monitor dan juga thingsboard, pengujian ini dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama dilakukan dengan medan yang banyak pepohonan dan juga jalan yang menikung lalu pengujian kedua dilakukan dengan medan yang banyak pepohonan dan jalan lurus untuk membuktikan apakah benar jarak yang ditempuh bisa sampai 10 kilometer – 15 kilometer.



Gambar 4. 21 Pengujian Pertama pendaki belum bergerak

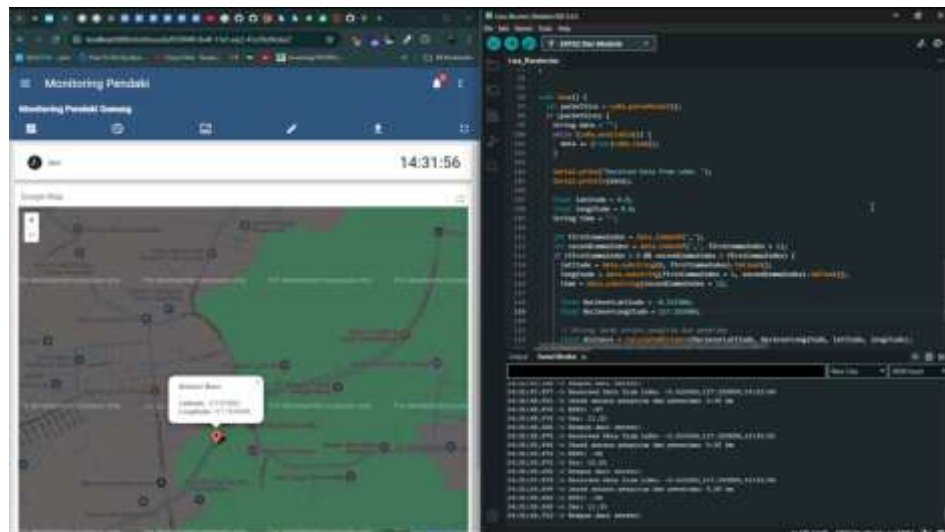
Pada Gambar 4.21 merupakan hasil penelitian pertama dengan posisi berada di 0 kilometer, terlihat pada serial monitor rssi yang menunjukkan angka sekitar -70 hingga -90 dbm.

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG



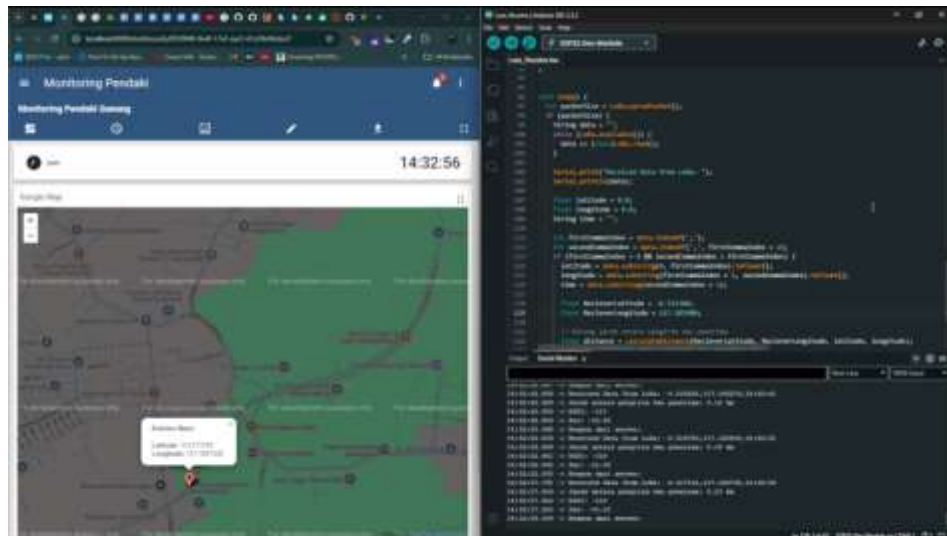
Gambar 4. 22 Pengujian Pertama pendaki sudah bergerak

Pada Gambar 4.22 terlihat bahwa jarak yang bisa ditempuh hanya 60 meter dan nilai rssi mencapai -119, dikarenakan banyaknya pohon dan juga jalan yang menikung LoRa penerima tidak bisa mendeteksi signal dari LoRa pengirim.



Gambar 4. 23 Pengujian kedua pendaki belum bergerak

Pada Gambar 4.23 adalah penelitian pertama dengan posisi masih 0 kilo meter terlihat pada serial monitor rssi nya berada sekitar -90an dbm.



Gambar 4. 24 Pengujian kedua pendaki sudah bergerak

Pada Gambar 4.24 terlihat bahwa jarak yang bisa ditempuh bisa mencapai 230 meter dan rssi nya mencapai -119, LoRa penerima tidak bisa mendeteksi signal dari LoRa pengirim ketika pada jarak 230 meter pengirim melewati jalan yang menikung dan juga banyak pepohonan.

3. Perhitungan Daya

Untuk perhitungan daya dapat dilihat melalui perhitungan dibawah ini

1) Menghitung Energi Baterai dalam Watt/Jam (Wh)

Dengan kapasitas total 4000 mAh dan tegangan total 7,4V (menggunakan rangkaian seri jadi 3,7V + 3,7V = 7,4V), energi total dalam watt/jam dapat dihitung sebagai berikut :

$$Energi Wh = \frac{Kapasitas mAh \times V}{1000}$$

$$Energi = \frac{4000 mAh \times 7,4V}{1000} = 29,6 Wh$$

2) Menghitung Daya yang Digunakan

Misalkan perangkat aktif selama 1 detik untuk pengiriman dan dalam keadaan standby selama 29 detik.

Energi saat Aktif (1 Detik) :

a. Arduino Nano: 30 mA

$$Arus = 30 mA = 0,030 A$$

$$Daya (P) = V \times I = 5 \times 0,030 = 0,15W$$

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

- b. GPS Neo-8M: 21 mA

$$\text{Arus} = 21 \text{ mA} = 0,021 \text{ A}$$

$$\text{Daya (P)} = V \times I = 5 \times 0,021 = 0,105W$$

- c. LoRa Ra-02: 120 mA

$$\text{Arus} = 120 \text{ mA} = 0,120 \text{ A}$$

$$\text{Daya (P)} = V \times I = 3,7 \times 0,120 = 0,444W$$

Total daya saat aktif :

$$P_{total \text{ aktif}} = P_{Arduino} + P_{GPS} + P_{Lora}$$

$$P_{total \text{ aktif}} = 0,15 + 0,105 + 0,444 = 0,699 W$$

Energi saat *Standby* (29 Detik) :

- d. Arduino Nano: 0,5 mA

$$\text{Arus} = 0,5 \text{ mA} = 0,0005 \text{ A}$$

$$\text{Daya (P)} = V \times I = 5 \times 0,0005 = 0,0025W$$

- e. GPS Neo-8M: 5,3 mA

$$\text{Arus} = 5,3 \text{ mA} = 0,0053 \text{ A}$$

$$\text{Daya (P)} = V \times I = 5 \times 0,0053 = 0,0265W$$

- f. LoRa Ra-02: 1,6 mA

$$\text{Arus} = 1,6 \text{ mA} = 0,0016 \text{ A}$$

$$\text{Daya (P)} = V \times I = 3,7 \times 0,0016 = 0,00592W$$

Total daya saat *standbye* :

$$P_{total \text{ standby}} = P_{Arduino} + P_{GPS} + P_{Lora}$$

$$\begin{aligned} P_{total \text{ standby}} &= 0,0005 + 0,0053 + 0,0016 \\ &= 0,0074 W \end{aligned}$$

3) Menghitung Waktu Operasi dengan Baterai

Dengan total energi baterai yang telah dihitung sebelumnya yaitu 29,6 Wh, dapat menghitung waktu operasi berdasarkan total daya sebagai berikut :

Menghitung Waktu Operasi Saat Aktif :

$$\begin{aligned} \text{Waktu aktif jam} &\approx \frac{\text{Energi Baterai Wh}}{\text{Total Daya Aktif W}} = \frac{29,6}{0,699} \\ &\approx 42,34 \text{ jam} \end{aligned}$$

Menghitung Waktu Operasi Saat *Standby* :

$$\begin{aligned} \text{Waktu standby jam} &\approx \frac{\text{Energi Baterai Wh}}{\text{Total Daya Standby W}} \\ &= \frac{29,6}{0,0074} \approx 4,000 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dengan pengiriman data setiap 30 detik, total energi yang dibutuhkan adalah sekitar 0,699 Watt saat aktif dan 0,0074 W saat standby, yang masih dalam kapasitas baterai 4000 mAh. Dengan demikian, alat dapat bertahan lebih dari 10 hari dengan pengiriman data setiap 30 detik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian :

1. Pengiriman menggunakan LoRa dapat meningkatkan efisiensi daya yang baik dan untuk tingkat akurasi modul neo-8m yang akurat.
2. Jarak yang ditempuh oleh LoRa pada hasil penelitian diatas ternyata hanya bisa mencapai 230 meter dengan menggunakan antenna biasa dan juga medan yang banyak pepohonan ditambah jalan yang menikung.

Saran

Untuk hasil yang lebih akurat bisa menggunakan modul LoRaWan atau menggunakan antenna yang lebih panjang agar jarak yang di tempuh bisa melebihi 5 kilometer.

IMPLEMENTASI SISTEM LORA UNTUK DETEKSI DAN PELACAKAN PENDAKI GUNUNG

DAFTAR REFERENSI

- Arif Budiman, M., Zatulo Harefa, A., & Virgian Shaka, D. (2020). Perancangan Sistem Pelacak Gps Dan Pengendali Kendaraan Jarak Jauh Berbasis Arduino. *Proceeding SENDIU* 2020, 356–363.
<https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/sendiu/article/view/8006>
- Batong, A. R., Murdiyat, P., & Kurniawan, A. H. (2020). Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 1(2), 55. <https://doi.org/10.46964/poligrid.v1i2.602>
- Catur, F., Rendy, M., & Arif, I. I. (2022). Implementasi Sistem Monitoring Dan Tracking Kendaraan Roda Empat Menggunakan Global Positioning System (Gps) Berbasis Internet Of Things Implementation Of Four-Wheel Vehicle Monitoring And Tracking System Using Global Positioning System (Gps) Based On Int. *E-Proceeding of Engineering*, 8(6), 3109–3115.
- Espressif Systems. (2023). Esp32 Wroom32. *Data Sheet*.
- Haafizhah, F. N., Anifah, L., & Zuhrie, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Perhitungan Pemakaian Daya Pada Apartemen Secara Real-Time Berbasis Arduino 314 Rancang Bangun Sistem Perhitungan Pemakaian Daya Pada Apartemen Secara Real-Time Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(02), 314–321.
- Kharisma, O. B., Dzikra, A. A., Mustakim, Vebrianto, R., Novita, R., Hasbullah, Irawati, Novita, Y., Zaitun, Nazir, A., Iskandar, I., Vitriani, Y., Rehayati, R., & Andriani, T. (2019). Development of location tracking system via short message service (SMS) based on GPS unblox neo-6m and sim 800l module. *Journal of Physics: Conference Series*, 1363(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1363/1/012002>
- Luthfiana Hisyam. (2024). 3 Kecelakaan Mendaki di Gunung Rinjani dalam 30 Hari Terakhir. *Gaya.Tempo.Co*. <https://gaya.tempo.co/read/1927953/3-kecelakaan-mendaki-di-gunung-rinjani-dalam-30-hari-terakhir>
- Microcontroller, A. (2024). TARGET AREAS. *The Lancet*, 300(7770), 222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(72\)91649-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(72)91649-2)
- Nasution, A. F. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengendali Lacak Posisi Sepeda Motor. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 2(02), 308–311. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i02.1736>

- Padriyana, F., Nusuwars, F. M. S., & Hiron, N. (2021). Komunikasi Data Pada Sistem Pelaporan Kecelakaan Perahu Nelayan Berbasis Lora. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 2(2), 6–11. <https://doi.org/10.37058/jeee.v2i2.2669>
- Salamah, I., Nasron, N., & Azzahra, D. (2022). Teknologi GPS NEO-6 Untuk Tracking Kapal Penumpang Secara Real Time dengan Fitur Tombol Emergency SOS. *SMATIKA JURNAL*, 12(02), 146–155. <https://doi.org/10.32664/smatika.v12i02.692>
- Semtech. (2024). AN1200.86: LoRa® and LoRaWAN®. *Data Sheet*, March, 0–28.
- U-Blox. (2022). u-blox M8 concurrent GNSS modules. *Data Sheet*, 29