



Inovasi Monitoring Pendaki Menggunakan Internet of Things Untuk Membantu Keselamatan Dan Ketertiban Digunung

Rahmat Perjalanan

21917018

Tesis diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Magister Komputer

Konsentrasi Sistem Informasi Enterprise

Program Studi Teknik Informatika Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

2025

Lembar Pengesahan Pembimbing

**Inovasi Monitoring Pendaki Menggunakan Internet of Things Untuk Membantu
Keselamatan Dan Ketertiban Digunung**

Rahmat Perjalanan


21917018


ISLAM

Yogyakarta, 27 Mei 2025

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Irving Vitra Paputungan,
S.T, M.Sc, Ph.D


Mukhammad Andri Setiawan,
S.T, M.Sc, Ph.D

Lembar Pengesahan Penguji

Inovasi Monitoring Pendaki Menggunakan Internet of Things Untuk Membantu Keselamatan Dan Ketertiban Digunung

Rahmat Perjalanan

21917018

Yogyakarta, 27 Mei 2025

Tim Penguji,

Irving Vitra Paputungan, S.T, M.Sc, Ph.D.

Ketua

Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D

Anggota I

Mukhammad Andri Setiawan, S.T, M.Sc, Ph.D.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Informatika Program Magister

Universitas Islam Indonesia

Irving Vitra Paputungan, S.T, M.Sc, Ph.D.

Abstrak

Inovasi Monitoring Pendaki Menggunakan Internet of Things Untuk Membantu Keselamatan Dan Ketertiban Digunung

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan inovasi dalam sistem monitoring pendaki guna meningkatkan keselamatan dan ketertiban aktivitas pendakian gunung. Sistem yang dirancang menggabungkan teknologi Global Positioning System (GPS) dan gelombang radio. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif dengan dua tahap: pertama, pengujian perangkat dilakukan di area perkotaan untuk menguji fungsionalitas dasar. Kedua, perangkat diuji langsung di jalur pendakian gunung melalui tiga kali percobaan. Tantangan utama dalam pengembangan perangkat ini meliputi: keberlanjutan sinyal GPS karena perbedaan cuaca di daerah pegunungan, pemilihan komponen yang bagus dan tahan terhadap lingkungan ekstrem, serta desain alat yang portabel dan mudah dibawa oleh pendaki. Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa perangkat GPS dapat mendeteksi posisi pendaki hingga jarak maksimum 5,9 kilometer, meskipun tingkat akurasi bervariasi. Hambatan seperti tebing tinggi, hujan deras, awan mendung, dan angin kencang memengaruhi konsistensi sinyal GPS. Penelitian ini berhasil menemukan pendekatan baru untuk memonitor pendaki, sekaligus memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas layanan sistem pendakian gunung.

Kata kunci

Monitoring, Pendakian gunung, Global Position System, TNGB

Abstract

Innovation in Monitoring Climbers Using the Internet of Things to Enhance Safety and Order on Mountains

This study aims to develop innovations in monitoring systems for hikers to enhance safety and order during mountain climbing activities. The designed system integrates Global Positioning System (GPS) technology with radio waves. The research was conducted in two stages: first, the device was tested in an urban area to evaluate its basic functionality. Second, the device was tested directly on mountain hiking trails through three trials. The main challenges in developing this device included maintaining GPS signal reliability in mountainous regions, selecting high-quality components capable of withstanding extreme environments, and designing a portable device that is easy for hikers to carry. Field testing results demonstrated that the GPS device could detect hikers' positions up to a maximum distance of 5.9 kilometers, although the accuracy varied. Factors such as high cliffs, heavy rain, overcast skies, and strong winds affected the GPS signal consistency. This study successfully introduced a new approach to monitoring hikers, contributing significantly to improving the quality of mountain climbing system services.

Keywords

Monitoring, Mountain climbing, Global Positioning System, TNGB

Pernyataan Keaslian Tulisan

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan tulisan asli dari penulis, dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atas material tersebut telah disebutkan dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisis statistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara eksplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, 27 Mei, 2025



Rahmat Perjalanan, S.Kom

Daftar Publikasi

Publikasi yang menjadi bagian dari tesis

Kontributor	Jenis Kontribusi
Rahmat Perjalanan	Mendesain eksperimen (85%) Menulis <i>paper</i> (70%)
Irving Vitra Paputungan	Mendesain eksperimen (15%) Menulis dan mengedit <i>paper</i> (30%)

Halaman Kontribusi

Penelitian ini tidak terlepas dari berbagai saran dan arahan yang diberikan oleh berbagai pihak, mulai dari tahap pra-penelitian, seminar proposal, hingga seminar pendadaran. Pihak-pihak yang berkontribusi tersebut, yaitu:

- 1) Bapak Irving Vitra Papatungan, S.T., M.Sc., Ph.D.
- 2) Bapak Mukhammad Andri Setiawan, S.T, M.SC, PH.D.
- 3) Bapak Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D.

Halaman Persembahan

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah SWT atas rahmatnya hingga saat ini saya telah berhasil menyelesaikan penulisan tesis ini. Karya ini dipersembahkan kepada orang-orang terkasih yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi tanpa henti, khususnya kepada:

- 1) Almarhum Bapak tercinta Muslim Pasaribu yang telah berpulang ke hadirat-Nya. Meskipun kini engkau telah berpulang, setiap doa, perjuangan, dan kasih sayangmu dari saya kecil tetap menjadi kekuatan bagiku. Terima kasih atas setiap pengorbanan dan nilai kehidupan yang telah Ayah ajarkan.
- 2) Mamak tersayang Nurilan Pulungan Sumber semangat dan doa yang tak pernah putus. Terima kasih atas setiap doa, dukungan, dan kasih sayang yang tiada batas. Tanpamu, perjalanan ini tak akan sampai pada titik ini.
- 3) Abang saya Hasian Marito, kakak saya Sri Wati, Desi Hartuti Terima kasih atas setiap motivasi, dukungan, dan kasih sayang yang kalian berikan. Kalian adalah inspirasi yang selalu mengingatkanku untuk tetap berjuang dan tidak menyerah.
- 4) Bapak Iskandar Muda dan ibu Retno Sundari selaku orangtua/wali saya di Yogyakarta yang selalu menjaga dan memperhatikan saya tinggal di kost.
- 5) Semua teman, sahabat di perantauan terutama di kediaman saya SYN KOST yang selalu memberikan haru dan tawa serta berbagi pengalaman selama menjalani pendidikan magister.

Kata Pengantar

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penelitian yang berjudul “INOVASI MONITORING PENDAKI MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS UNTUK MEMBANTU KESELAMATAN DAN KETERTIBAN DIGUNUNG” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menginovasi sistem monitoring pendaki agar pendaki dapat meminta pertolongan digunung, dengan menggabungkan teknologi Global Position System(GPS) dan Gelombang Radio.

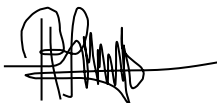
Penelitian ini tidak terlepas dari dukungan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak, baik selama tahap persiapan, pelaksanaan, hingga penyelesaian. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Irving Vitra Papatungan, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing 1 dan Ketua Program Pascasarjana Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang dengan penuh kesabaran memberikan arahan dan masukan konstruktif.
2. Bapak Mukhammad Andri Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing 2 yang dengan penuh kesabaran memberikan arahan dan masukan konstruktif.
3. Bapak Bapak Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dewan penguji pada sidang proposal, sidang progres, dan sidang pendadaran tesis.
4. Pengurus Taman Nasional Gunung Merbabu yang telah memberikan izin Penelitian dan bantuan selama proses penelitian berlangsung.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan kedepannya. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat, baik secara akademis maupun praktis, khususnya dalam pengembangan sistem informasi di lingkungan pendakian gunung.

Yogyakarta, 27 Mei, 2025

Penulis,



Rahmat Perjalan, S.Kom

Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing	i
Lembar Pengesahan Penguji.....	ii
Abstrak	iii
Pernyataan Keaslian Tulisan	Error! Bookmark not defined.
Daftar Publikasi	vi
Halaman Kontribusi.....	vii
Halaman Persembahan	viii
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Glosarium	xv
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka.....	9
2.1 Taman Nasional Gunung Merbabu(TNGB)	9
2.2 Pendakian Gunung.....	10
2.3 Monitoring	11
2.4 Solusi Monitoring Terdahulu.....	11

2.5	Internet of Things dan Global Position System	13
2.6	Model Bisnis	13
BAB 3 Perancangan dan Pengembangan		16
3.1	Langkah-langkah Perancangan	16
3.2	Analisis Kebutuhan.....	16
3.2.1	Kebutuhan Pengguna	17
3.2.2	Analisis kebutuhan alat.....	18
3.3	Tahap Perancangan Sistem	18
3.3.1	Desain alat	18
3.3.2	Implementasi Sistem	22
3.4	Teknik Analisis Data	22
3.5	Pengujian dan evaluasi Sistem.....	23
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....		25
4.1	Hasil	25
4.1.1	Hasil Uji Alat I	25
4.1.2	Hasil Uji Alat II	26
4.1.3	Hasil Uji Alat III.....	29
4.1.4	Hasil Uji Alat IV	30
4.2	Evaluasi Sistem Monitoring.....	34
4.3	Pembahasan	36
4.4	Diskusi	37
4.5	Model Bisnis	38
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....		41
5.1	Kesimpulan	41
5.1	Saran	42
Daftar Pustaka		45
LAMPIRAN 1		49

LAMPIRAN 2	51
LAMPIRAN 3	52
LAMPIRAN 4	55
LAMPIRAN 5	56
LAMPIRAN 6	57

Daftar Tabel

Tabel 1.1 Pendapatan Negara Bukan Pajak Jalur Pendakian Selo (Merbabu, 2019)	2
Tabel 2.1 Perlengkapan Pendakian Gunung.....	10
Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan	17
Tabel 3.2 Komponen Alat	18
Tabel 3.3 Kategori Pertanyaan Evaluasi Sistem.....	24
Tabel 4.1 Titik Koordinat Yang Tidak Sesuai.....	28
Tabel 4.2 Kesimpulan Hasil Pengujian	32
Tabel 4.3 Keunggulan alat yang dibangun	34
Tabel 4.4 Ulasan Penilaian Pendaki	35
Tabel 4.5 Ulasan Penilaian Pengelola	35
Tabel 4.6 Rincian Model Bisnis	38
Tabel 5.1 Kebaruan sistem monitoring.....	41
Tabel 5. 2 Saran Komponen Alat	43

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Angka kematian pendaki digunung 2013-2023	1
Gambar 1.2 Sentimen orang tentang pendakian gunung	2
Gambar 2.1 Website Booking Online Wisata Merbabu.	9
Gambar 3.1 Tahapan perancangan dan pengembangan	16
Gambar 3.2 Alur sistem kerja alat	19
Gambar 3.3 Skema perancangan alat GPS transceiver.....	20
Gambar 3.4 Skema perancangan alat base receiver	21
Gambar 3.5 Simulasi monitoring pendaki	22
Gambar 4.1 Hasil uji alat I.....	25
Gambar 4.2 Hasil uji II.....	26
Gambar 4.3 Perbandingan hasil alat gps dengan peta pendakian resmi	27
Gambar 4.4 Titik koordinat yang error.....	27
Gambar 4.5 Perbandingan koordinat lokasi peta pendakian	28
Gambar 4.6 Hasil uji III.....	29
Gambar 4.7 Titik error posisi pendaki.....	29
Gambar 4.8 Hasil uji IV	30
Gambar 4.9 Hasil penelitian lost data.....	31

Glosarium

TNGB	- Taman Nasional Gunung Merbabu
PNBP	- Pendapatan Negara Bukan Pajak
GPS	- Global Positioning System
IOT	- Internet of Things
RFID	- Radio Frequency Identification
SIDARING	- Sistem Pendataan dan Monitoring

BAB 1

Pendahuluan

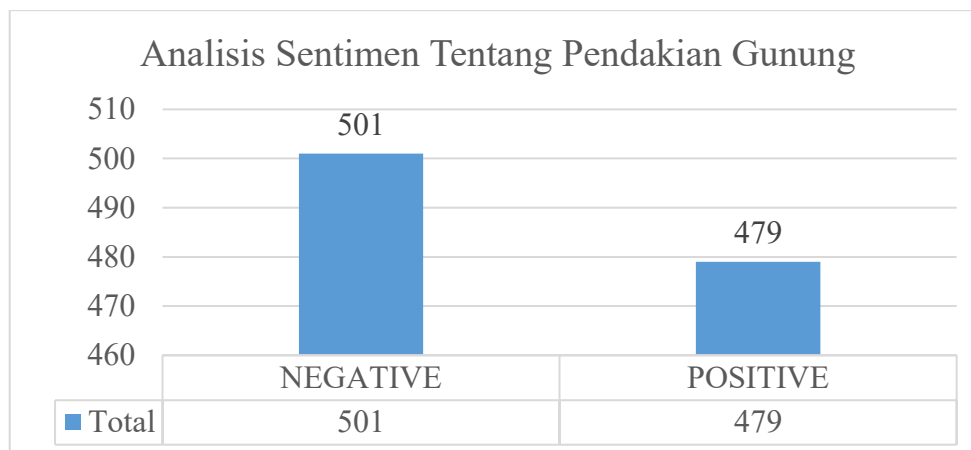
1.1 Latar Belakang

Mendaki gunung adalah kegiatan yang menyenangkan bagi banyak orang. Seiring perkembangan zaman, aktivitas ini dilakukan dengan berbagai tujuan, seperti penelitian, kecintaan terhadap alam, atau sekadar berlibur untuk menikmati keindahan dari puncak gunung. Namun, selama pendakian banyak pendaki mengalami berbagai masalah, seperti sakit, cedera, hipotermia, tersesat, hingga hilang dan meninggal dunia—bahkan ada yang jasadnya tidak ditemukan. Kasus-kasus seperti ini masih terus terjadi hingga sekarang. Gambar 1.1 menunjukkan angka kematian pendaki digunung sepuluh tahun terakhir.



Gambar 1.1 Angka kematian pendaki digunung 2013-2023

Gambar 1.1 menjelaskan bahwa angka kematian pendaki dari sepuluh tahun terakhir semakin bertambah. Pendaki yang meninggal digunung paling banyak pada tahun 2023 yaitu gunung lawu dengan jumlah 18 orang.



Gambar 1.2 Sentimen orang tentang pendakian gunung

Gambar 1.2 menggambarkan bahwa aktivitas mendaki gunung memiliki risiko tinggi dan dapat berbahaya. Menurut (HIGUCHI, 2021) pendakian gunung diklasifikasikan sebagai kegiatan dengan tingkat risiko tinggi karena adanya kemungkinan cedera fisik yang serius hingga kematian. Meskipun demikian, jumlah wisatawan yang mendaki gunung terus meningkat, terutama di wilayah Jawa Tengah. Salah satu gunung favorit di daerah ini adalah Gunung Merbabu. Gunung ini merupakan bagian dari taman nasional yang pengelolaannya turut melibatkan masyarakat setempat. Berdasarkan data dari (Merbabu, 2019) pendapatan negara bukan pajak yang diperoleh dari sektor ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.1 Pendapatan Negara Bukan Pajak Jalur Pendakian Selo (Merbabu, 2019)

Bulan	2018	2017	2016	2015	2014
Januari	56.000.000	27.000.000	30.000.000	30.650.000	1.500.000
Februari	-	18.600.000	30.000.000	18.750.000	2.550.000
Maret	55.605.000	17.900.000	36.000.000	24.000.000	-
April	82.695.000	77.635.000	45.000.000	31.000.000	5.100.000
Mei	111.360.000	50.140.000	90.000.000	18.000.000	1.650.000
Juni	84.625.000	7.755.000	29.500.000	27.000.000	5.700.000
Juli	101.450.000	56.000.000	35.250.000	13.000.000	600.000
Agustus	135.517.500	64.935.000	35.000.000	51.850.000	21.467.000
September	106.225.000	52.562.500	32.000.000	-	16.650.000
Oktober	36.450.000	35.332.500	21.570.000	-	21.800.000
November	46.600.000	26.345.500	12.000.000	-	16.850.000
Desember	70.635.000	44.290.000	48.300.000	20.000.000	16.650.000

Jumlah	887.162.500	483.260.000	444.620.000	234.250.000	110.517.000
--------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tabel 1.1 menunjukkan bahwa total pendapatan negara dari Taman Nasional Gunung Merbabu mengalami peningkatan setiap tahunnya, bahkan mendekati satu miliar rupiah pada tahun 2018. Menurut (Pulungan et al., 2024) Pendapatan negara bukan pajak muncul sebagai hasil dari pelaksanaan tugas dan fungsi pemerintahan dalam hal pelayanan, kekayaan negara. Tingginya jumlah pendaki yang berkunjung ke Gunung Merbabu berkontribusi terhadap meningkatnya pemasukan negara serta perekonomian masyarakat sekitar. Sebagai bagian dari layanan kepada pengunjung, Taman Nasional Gunung Merbabu juga menyediakan berbagai fasilitas, salah satunya adalah sistem pemantauan pendaki di kawasan gunung.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan keselamatan dan pemantauan pendaki gunung. Studi yang dilakukan oleh (Azhar & Ramadhani, 2023) mengembangkan alat pendeteksi kondisi kesehatan pendaki berdasarkan data tubuh. Namun, penelitian ini tidak membahas solusi untuk melacak posisi pendaki yang tersesat. Sementara itu, (Antonio et al., 2022) menawarkan sistem visualisasi histori perjalanan pendaki, tetapi data hanya dapat diakses setelah perangkat GPS dikembalikan kepada pengelola, sehingga tidak memungkinkan pemantauan secara real-time. (Gunawan et al., 2022) mengusulkan penggunaan gelang RFID untuk mengetahui lokasi pendaki, tetapi sistem ini hanya memungkinkan pendaki untuk melakukan pemindaian di titik-titik tertentu tanpa fitur pelacakan secara langsung oleh pengelola. Sebaliknya, penelitian oleh (Aji et al., 2020) lebih fokus pada aspek kesehatan dengan menciptakan alat pemantau detak jantung guna membantu pendaki menentukan apakah mereka harus melanjutkan perjalanan, beristirahat, atau turun dari gunung. Sayangnya, alat ini tidak dapat memberikan informasi lokasi pendaki yang mengalami masalah kesehatan. Penelitian (Uditama et al., 2018) mengembangkan aplikasi pemantauan pendaki yang berbasis wireless access point. Namun, sistem ini hanya berfungsi apabila pendaki berada di dekat pos atau jalur yang direkomendasikan, sehingga tidak efektif dalam melacak pendaki yang tersesat atau keluar jalur. Di sisi lain, (Cai et al., 2023) memperkenalkan metode pemetaan berbasis GPS untuk mendeteksi pengunjung yang memasuki kawasan terpencil di cagar alam dan taman nasional, yang memungkinkan pemantauan lebih luas dibandingkan solusi sebelumnya. Beberapa studi lain berfokus pada pengelolaan data pendakian. (Stamberger et al., 2018) menggunakan pelacakan GPS untuk mengumpulkan data historis perjalanan pendaki, termasuk kepadatan jalur, durasi perjalanan, dan kapasitas area perkemahan. Sementara itu, (Park et al., 2018) mengkaji pola

pergerakan pendaki berdasarkan jalur yang dipilih. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa hanya 61% pendaki yang mengikuti jalur resmi, sedangkan sisanya memilih jalur alternatif atau bahkan keluar dari rute yang ditandai.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini menunjukkan berbagai inovasi dalam pemantauan dan keselamatan pendaki gunung. Namun, sebagian besar masih memiliki keterbatasan, terutama dalam hal pelacakan pendaki secara real-time, deteksi pendaki yang tersesat, dan integrasi antara pemantauan kesehatan serta lokasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT dengan mengintegrasikan teknologi gelombang radio dan GPS. Sistem ini merupakan inovasi dari pemantauan berbasis IoT yang sebelumnya menggunakan RFID, sehingga diharapkan dapat membantu pemantauan dan melacak posisi pendaki. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan dalam bidang komunikasi dan informasi adalah radio. Menurut (Nasution, 2019) radio merupakan perangkat komunikasi yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mentransmisikan sinyal melalui ruang dengan kecepatan cahaya. Sementara itu Menurut (APRILIANI, 2018) Global Positioning System (GPS) adalah sistem berbasis satelit yang digunakan untuk navigasi dan penentuan lokasi, yang mampu menyediakan informasi terkait posisi, kecepatan tiga dimensi, serta waktu secara real-time dan berkelanjutan.

Dengan mengadopsi berbagai temuan dari penelitian sebelumnya, sistem pemantauan pendaki berbasis GPS dan IoT ini dikembangkan untuk meningkatkan kualitas layanan pendakian secara real-time. Keamanan dan kenyamanan yang lebih baik di kawasan wisata diharapkan dapat menarik lebih banyak wisatawan ((Nugraha, 2022). Oleh karena itu, sistem ini dirancang untuk membantu pengelola dalam mengoptimalkan layanan pendakian. Sebagai strategi peningkatan layanan, peneliti menawarkan beberapa opsi model bisnis kepada pengelola, seperti sistem sewa, penjualan lisensi, pembagian pendapatan (revenue sharing), dan pembayaran berdasarkan penggunaan (pay-per-use). Model bisnis ini dirancang agar memberikan keuntungan bagi kedua belah pihak. Dengan layanan yang lebih optimal, minat wisatawan untuk mendaki gunung diharapkan semakin meningkat dan berdampak positif pada pendapatan pengelola di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka yang menjadi rumusan masalah penelitian dan pertanyaan penelitian adalah seringkali pendaki mengalami kesulitan saat meminta bantuan kepada pengelola pendakian ketika menghadapi kendala di gunung, sehingga

diperlukan bagaimana cara merancang dan mengembangkan mekanisme yang dapat mempermudah pendaki dalam meminta bantuan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem simulasi pemantauan pendaki gunung dan dapat membantu dalam memberikan pertolongan kepada pendaki yang mengalami kendala selama pendakian.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

1. Membantu pihak basecamp dalam memantau pendaki yang tersesat atau keluar dari jalur.
2. Mendukung pengelola dalam menegakkan peraturan dengan memberikan sanksi kepada pendaki yang melanggar..
3. Mengurangi kekhawatiran masyarakat terhadap risiko dan bahaya saat mendaki gunung.
4. Meningkatkan minat wisatawan untuk melakukan pendakian.
5. Meningkatkan pendapatan pengelola melalui bertambahnya jumlah kunjungan wisatawan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini berfokus pada perancangan perangkat GPS yang memungkinkan pendaki untuk mengirim permintaan bantuan serta membantu tim pengelola pendakian dalam melacak posisi pendaki yang membutuhkan pertolongan. Selain itu, penelitian ini juga membahas bagaimana sistem monitoring ini dapat diterapkan untuk meningkatkan dan memperbaiki sistem pemantauan yang sudah ada.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif untuk memahami kebutuhan dan pengalaman pengguna terkait keselamatan saat mendaki. Pendekatan ini mengumpulkan informasi langsung dari pendaki dan pengelola gunung guna memastikan sistem monitoring berbasis GPS dan IoT sesuai dengan kondisi lapangan. Melalui wawancara dan observasi, penelitian ini mengidentifikasi kendala pendaki serta bagaimana teknologi dapat meningkatkan keamanan. Selain itu, metode kualitatif juga menilai kemudahan dan efektivitas penggunaan alat, sehingga inovasi yang dikembangkan tidak hanya berfokus

pada teknologi, tetapi juga benar-benar bermanfaat dan sesuai kebutuhan. Oleh karena itu, pendekatan ini dipilih untuk merancang sistem monitoring yang praktis dan mudah diterapkan. Dalam penerapannya, beberapa model bisnis dapat digunakan, seperti sistem sewa, penjualan lisensi, revenue sharing, serta skema pay per use. Model bisnis ini dirancang agar memberikan manfaat bagi kedua belah pihak dengan memastikan aksesibilitas yang lebih luas, fleksibilitas dalam penggunaan, serta keberlanjutan finansial bagi pengelola sistem. Melalui pendekatan ini, sistem monitoring tidak hanya meningkatkan keselamatan pendaki, tetapi juga menjadi solusi yang mudah diterapkan di berbagai kawasan pendakian.

Selanjutnya metode yang dipakai dalam penelitian melalui beberapa tahapan, diantaranya:

1. Desain Penelitian

Penelitian akan dilakukan dari dua tahap: menentukan jenis penelitian dan menyusun kerangka konseptual.

a. Jenis Penelitian

Penelitian ini mengembangkan sistem berbasis IoT dengan teknologi gelombang radio dan GPS.

b. Kerangka konseptual

Kerangka konseptual menjelaskan pengembangan sistem pemantauan pendaki.

2. Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui dua cara: primer dan sekunder. Data primer berasal dari perangkat IoT yang otomatis menyimpan lokasi pendaki dan permintaan bantuan melalui base receiver GPS di basecamp. Data sekunder diperoleh dari umpan balik pendaki dan pengelola pendakian.

3. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah alat monitoring pendaki. Pengujian dilakukan di perkotaan dan jalur pendakian.

a. Di perkotaan

Alat diuji di perkotaan dengan mempertimbangkan gedung sebagai hambatan jaringan.

b. Digunung

Alat diuji kembali di Gunung Merbabu dengan hambatan lembah dan hutan, lalu diuji di gunung lebih rendah untuk membandingkan akurasinya.

4. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, analisis kebutuhan dibagi menjadi 2 bagian yaitu analisis kebutuhan pengguna dan analisis kebutuhan alat.

5. Tahap perancangan Sistem

Pada tahap ini perancangan sistem dilakukan melalui beberapa bagian seperti desain sistem dan implementasi sistem.

6. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis data spasial untuk mempelajari pergerakan pendaki, akurasi jalur, dan penyimpangan dari jalur resmi. Untuk mengetahuinya, dilakukan Analisis jarak dengan langkah-langkah seperti pengumpulan dan pembersihan data GPS, penggunaan perangkat lunak, overlay lokasi dengan jalur resmi, analisis deviasi jalur, dan visualisasi data.

7. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian alat dilakukan untuk menilai keberhasilannya berdasarkan akurasi posisi, keandalan alat, dan umpan balik pengguna. Evaluasi sistem dilakukan melalui analisis data dan wawancara dengan pendaki dan pengelola.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang terdapat dalam laporan penelitian ini dibagi ke dalam lima bab, diantaranya adalah sebagai berikut:

BAB 1: Pendahuluan

Bab 1 ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB 2: Tinjauan Pustaka

Bab 2 ini berisi tentang landasan teori dan tinjauan pustaka yang relevan dan sesuai dengan topik dari penelitian yaitu Inovasi Monitoring Pendaki Menggunakan Internet Of Things Untuk Membantu Keselamatan Dan Ketertiban Digunung.

BAB 3: Metode Penelitian

Bab 3 ini berisi tentang membahas tentang perancangan alat dan pengembangan sistem monitoring pendaki gunung.

BAB 4: Hasil dan Pembahasan

Bab 4 ini berisi tentang deskripsi sistem monitoring pendaki menggunakan alat gps. Setelah alat selesai dirancang dan dibangun, selanjutnya menguji fungsi alat,

menganalisis hasil serta model bisnis yang ditawarkan ke Taman Nasional Gunung Merbabu sebagai layanan untuk pendakian gunung.

BAB 5: Kesimpulan dan Saran

Bab 5 ini memuat kesimpulan yang akan menjawab rumusan masalah serta diperoleh beberapa saran pengembangan yang memungkinkan dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

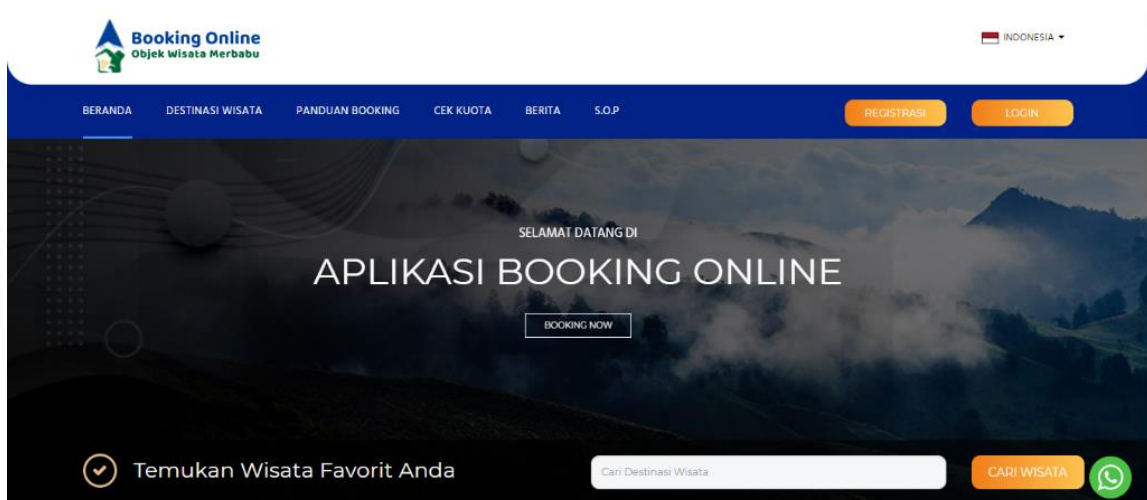
BAB 2

Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka

2.1 Taman Nasional Gunung Merbabu(TNGB)

(Manullang et al., 2020) Industri pariwisata di Indonesia memiliki kontribusi yang besar dalam mendatangkan wisatawan baik nusantara maupun mancanegara dan salah satunya adalah pariwisata alam. Pariwisata alam yang cukup terkenal di Indonesia adalah kawasan konservasi Taman Nasional Gunung Merbabu. Menurut (Kosmaryandi et al., 2012) Taman nasional adalah kawasan pelestarian alam dengan ekosistem asli yang dikelola untuk penelitian, pendidikan, budidaya, pariwisata dan rekreasi. Beberapa destinasi wisata yang ada di gunung merbabu diantaranya top selfie, pesona alam kalipasang, spekta merbabu, umbul songo, grenden, kopeng treetop adventure park, serta jalur pendakian gunung via selo, suwanging, thekelan, cuntel dan wekas.

Taman Nasional Gunung Merbabu dapat dikatakan berhasil dalam mengelola wisatawannya karena menyediakan layanan kunjungan wisatawan seperti Sidaring dan Solo Traveller. Sidaring adalah penerapan gelang berchips teknologi Radio Frequency Identification untuk mengontrol pendaki. Sedangkan solo traveller merupakan sebuah fitur untuk data calon pendaki solo, sehingga para calon pendaki dapat memilih dan mengajak join pendaki solo lainnya untuk mendaki bersama <https://ksdae.menlhk.go.id/artikel/11610/sidaring-versi-2-resmi-meluncur.html>. Adapun bentuk dari website resmi Sistem Pendataan dan Monitoring Taman Nasional Gunung Merbabu dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Website Booking Online Wisata Merbabu.

Sumber : <https://booking.tngunungmerbabu.org/app/>

Gambar 2.1 menunjukkan penerapan layanan Sidaring di Taman Nasional Gunung Merbabu, yang sangat berguna bagi pendaki dalam merencanakan perjalanan mereka. Sementara itu, pendakian gunung dapat dilihat pada 2.2 di bawah ini.

2.2 Pendakian Gunung

Menurut (HIGUCHI, 2021) Pendakian gunung adalah kegiatan berisiko tinggi dengan menggabungkan keahlian seperti rock climbing, ice climbing, serta keterampilan dan pengetahuan di alam liar. Selain pengetahuan alam, pendakian gunung membutuhkan persiapan fisik dan mental dan perlengkapan alat yang memadai (Supriady et al., 2022).

Mendaki gunung merupakan kegiatan rekreasi dan juga olahraga ekstrim yang bisa dilakukan sendiri/solo hiking atau berkelompok. Dalam beberapa tahun terakhir, tren mendaki gunung semakin populer sehingga jumlah pendaki semakin meningkat. Namun, hal ini menyebabkan peningkatan jumlah kecelakaan dan korban jiwa. Hal yang sangat perlu diperhatikan sebelum mendaki adalah peralatan mendaki dan perbekalan karena peralatan dan perbekalan yang di spelekan dapat membahayakan para pendaki gunung (Romdhoni, 2022). Berikut daftar perlengkapan pendakian gunung.

Tabel 2.1 Perlengkapan Pendakian Gunung

Peralatan Pribadi	Peralatan Kelompok
Tas Gunung/carrier	Tenda Dome
Jaket Gunung	Logistik / Makanan
Sepatu atau Sandal Gunung	Peralatan Komunikasi
Sleeping Bag	Peralatan Masak
Pakaian Outdoor	Pelatan Navigasi
Matras	Trash Bag
Senter atau Headlamp	P3k
Sarung Tangan	-
Tongkat Gunung atau Tracking Pole	-
Jas Hujan	-

Sumber: (Primanda & Maftuh, 2022)

Pendakian gunung bukan hanya sekadar aktivitas wisata, tetapi juga memiliki berbagai risiko yang perlu diantisipasi. Untuk meminimalisir potensi bahaya selama

pendakian, diperlukan sistem monitoring yang dapat membantu dalam pemantauan kondisi pendaki serta lingkungan sekitar. Berbagai metode perancangan sistem monitoring telah dikembangkan, mulai dari pemantauan manual hingga teknologi berbasis IoT dan RFID, guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam pendakian.

2.3 Monitoring

Menurut (Muzawi Rometdo et al., 2019) sistem monitoring adalah proses pemantauan berkelanjutan terhadap suatu objek untuk memastikan kondisinya tetap terpantau. Sedangkan menurut (Bimantara & Purnomo, 2023) mendefinisikan monitoring sebagai serangkaian kegiatan yang mencakup pengumpulan, analisis, pelaporan, dan tindakan berdasarkan informasi terkait proses yang sedang berlangsung. Secara keseluruhan, monitoring digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana kinerja saat ini sesuai dengan target yang telah ditetapkan serta membandingkannya dengan standar yang telah ditentukan. Beberapa pola monitoring atau pemantauan mengemukakan tujuh aktivitas :

1. Pengamatan dalam proses kerja
2. Membaca laporan dokumentasi, termasuk ringkasan kinerja dan laporan perkembangan
3. Menilik data kinerja melalui layar komputer
4. Melaksanakan pemeriksaan sampel untuk menilai kualitas proses kerja
5. Mengadakan pertemuan untuk membahas perkembangan individu atau kelompok
6. Melakukan peninjauan kepada konsumen untuk menilai kepuasan terhadap produk atau layanan organisasi
7. Melakukan peninjauan untuk mengevaluasi kebutuhan konsumen sebagai panduan.

Sistem monitoring telah banyak diterapkan di berbagai bidang, termasuk dalam layanan pendakian gunung. Berdasarkan penelitian terdahulu, berbagai solusi telah dikembangkan untuk meningkatkan monitoring dalam pendakian. Berbagai solusi monitoring tersebut dapat dilihat pada 2.4 di bawah ini.

2.4 Solusi Monitoring Terdahulu

Berikut beberapa penelitian mengenai Inovasi Sistem Monitoring Pendaki . beberapa penelitian dibawah ini memberikan solusi dalam memantau pendaki ketika melakukan pendakian gunung:

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Nur, Azhar et al., 2023) Penelitian ini memberikan solusi berupa alat pendeteksi pendaki yang sakit berdasarkan deteksi tubuh. Namun, apabila pendaki tersesat tidak dibahas bagaimana cara mengetahui koordinat pendaki.
2. Penelitian yang dilakukan oleh (D'Antonio et al., 2022) Penelitian ini memberikan solusi berupa visualisasi untuk melihat histori area yang sudah dilalui pengunjung dan datanya hanya bisa dibuka setelah pengunjung menembalikan gps kepihak pengelola.
3. Penelitian yang dilakukan oleh (Gunawan et al., 2022) Penelitian ini memberikan solusi berupa gelang Radio Frequency Identification (RFID) untuk mengetahui posisi pendaki. Alat hanya digunakan untuk scan, sedangkan pihak pengelola pendakian tidak bisa melacak posisi pendaki secara realtime.
4. Penelitian yang dilakukan oleh (Aji et al., 2020) Penelitian ini memberikan solusi untuk berupa pendeteksi detak jantung dapat berjalan dengan baik untuk bahan pertimbangan para pendaki melanjutkan pendakian, istirahat atau harus turun dari gunung. Alat tidak dapat menentukan posisi lokasi terbaru pendaki yang sakit.
5. Penelitian yang dilakukan oleh (Uditama et al., 2018) Penelitian ini memberikan solusi berupa Aplikasi untuk memantau pendaki. Pendaki hanya bisa terdeteksi jika pendaki berada dekat dengan pos yang dilalui atau berada pada jalur yang dianjurkan, jika pendaki tersesat berjalan menjauhi jalur, pendaki tidak dapat terdeteksi karena jangkauan wireless access point yang minim.
6. Penelitian yang dilakukan oleh (Cai et al., 2023) Penelitian ini memberikan solusi untuk mendeteksi pengunjung yang memasuki area pedalaman di cagar alam maupun taman nasional dengan pemetaan menggunakan pelacakan gps.
7. Penelitian yang dilakukan oleh (Stamberger et al., 2018) Penelitian ini memberikan solusi berupa data historis pendaki. Dari hasil data pelacakan gps pengelola tahu jumlah kepadatan arus di trek, lama perjalanan hingga kuota di area perkemahan.
8. Penelitian yang dilakukan oleh (Taczanowska et al., 2014) Penelitian ini memberikan solusi berupa data klasifikasi pendaki yang memilih melewati jalur yang dianjurkan. Hasil data pelacakan gps yang telah dikumpulkan hanya 61% pendaki yang memilih jalur yang ditandai, sedangkan pendaki lainnya lebih memilih jalur yang tidak diberi tanda bahkan keluar.

Berdasarkan berbagai solusi penelitian sebelumnya, terdapat beberapa pendekatan yang telah digunakan dalam upaya meningkatkan keselamatan pendaki gunung, termasuk penggunaan sistem komunikasi radio, teknologi GPS konvensional, serta aplikasi berbasis

mobile. Meskipun masing-masing solusi memiliki keunggulan tersendiri, terdapat keterbatasan dalam cakupan pemantauan dan kemampuan pengumpulan dan analisis data secara real-time.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, Internet of Things (IoT) yang dikombinasikan dengan GPS menggunakan teknologi gelombang radio dipilih sebagai solusi yang lebih sesuai dalam sistem pemantauan pendaki gunung. Kombinasi ini memungkinkan integrasi berbagai sensor dengan konektivitas yang lebih cocok untuk pendaki, sehingga dapat memberikan pemantauan lokasi dan kondisi pendaki secara lebih akurat serta memungkinkan respons cepat dalam situasi darurat. Dengan kemampuan komunikasi berbasis gelombang radio yang lebih andal di medan terpencil, solusi ini menjadi pilihan yang lebih inovatif dalam meningkatkan keamanan para pendaki.

2.5 Internet of Things dan Global Position System

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang memperluas konektivitas internet agar perangkat dapat saling terhubung dan dikendalikan dari jarak jauh. Teknologi ini banyak diterapkan di berbagai bidang, termasuk industri 4.0, untuk meningkatkan efisiensi produksi dan deteksi masalah lebih cepat. IoT bekerja dengan tiga elemen utama: perangkat fisik yang dilengkapi modul IoT, koneksi internet melalui modem atau router, serta pusat data cloud untuk menyimpan dan mengelola informasi (Efendi, 2018). Sementara itu, Global Positioning System (GPS) adalah teknologi berbasis satelit yang memberikan informasi posisi, kecepatan, dan waktu secara akurat di seluruh dunia, tanpa terpengaruh cuaca atau waktu (APRILIANI, 2018). GPS dapat merekam dan melacak pergerakan manusia, hewan, atau kendaraan di darat, laut, maupun udara (Stamberger et al., 2018).

Dalam penelitian ini, sistem pemantauan pendaki dikembangkan dengan mengintegrasikan IoT dan GPS, menggantikan teknologi sebelumnya yang berbasis RFID (Gunawan et al., 2022) Dengan inovasi ini, pemantauan posisi pendaki diharapkan menjadi lebih akurat melalui teknologi gelombang radio.

2.6 Model Bisnis

Menurut (Suhairi, 2022) business model atau Frame merupakan sebuah gambaran bagaimana organisasi menciptakan atau membuat, deliver dan menangkap value yang temporal diawali konsep, teori. Pada penelitian ini menawarkan beberapa model bisnis t sistem monitoring pendaki seperti:

1. Berbasis sewa

Sewa-menyewa adalah perjanjian antara dua pihak, yaitu pemilik barang dan penyewa, di mana penyewa mendapatkan hak penggunaan barang dengan memberikan imbalan atau pembayaran kepada pemilik barang sebagai kompensasi atas pemanfaatan barang tersebut. (Silitonga & Hasti, 2020).

2. Jual lisensi

Menurut Prajudi Atmosudirdjo, lisensi adalah izin untuk melakukan sesuatu yang bersifat komersial serta mendatangkan keuntungan atau laba. Sementara itu, menurut Gunawan Widjaya adalah dikaitkan dengan kewenangan dalam bentuk privilege untuk melakukan sesuatu oleh seseorang atau suatu pihak tertentu. Dalam pengertian ini, lisensi adalah suatu bentuk hak untuk melakukan satu atau serangkaian tindakan atau perbuatan yang diberikan oleh mereka yang berwenang dalam bentuk izin. Tanpa adanya izin tersebut, tindakan atau perbuatan tersebut merupakan tindakan terlarang, yang tidak sah, yang merupakan perbuatan melawan hukum (Sulistiowati, 2013).

3. Revenue sharing

Revenue sharing merupakan sistem distribusi bagi hasil yang nilainya cenderung fluktuatif. Terkadang, pendapatan yang diperoleh bisa tinggi, namun di waktu lain bisa lebih kecil. Besarnya revenue sharing yang diterima bergantung pada jumlah pembiayaan yang disertakan. Semakin besar investasi yang diberikan, semakin tinggi pula bagi hasil yang diperoleh. Sebaliknya, jika tingkat pembiayaan rendah, maka pendapatan dari revenue sharing juga akan lebih kecil (Yunus & Muhajirin, 2023).

4. Pay per use

Konsep bayar per penggunaan adalah model pembayaran yang memungkinkan pelanggan mengakses produk sesuai kebutuhan mereka dan hanya membayar berdasarkan penggunaan. Dalam sistem ini, pelanggan tidak perlu membeli produk secara penuh, melainkan cukup membayar saat menggunakannya. Perusahaan tetap memiliki produk tersebut dan bertanggung jawab atas pemeliharaan serta perbaikannya, sehingga pelanggan dapat menikmati layanan tanpa harus menanggung biaya kepemilikan (Gebauer et al., 2017).

Model bisnis dalam sistem monitoring pendaki tidak hanya berfungsi sebagai dasar untuk menarik mitra kerja sama, tetapi juga sebagai strategi untuk menjamin bahwa sistem ini dapat terus digunakan dan berkembang seiring waktu. Dengan adanya model bisnis yang jelas, sistem ini dapat:

a) Menjaga keberlanjutan operasional

Memastikan pendanaan untuk pemeliharaan server, pembaruan teknologi, dan peningkatan fitur, sekaligus menghindari ketergantungan penuh pada subsidi atau donasi yang tidak selalu stabil.

b) Meningkatkan pelayanan

Mendukung pengembangan fitur inovatif seperti pelacakan real-time yang lebih presisi, sistem peringatan dini, serta integrasi dengan tim SAR, sekaligus menjamin pengalaman pengguna yang lebih aman, dan nyaman dalam memanfaatkan sistem.

c) Menciptakan keuntungan keberlanjutan.

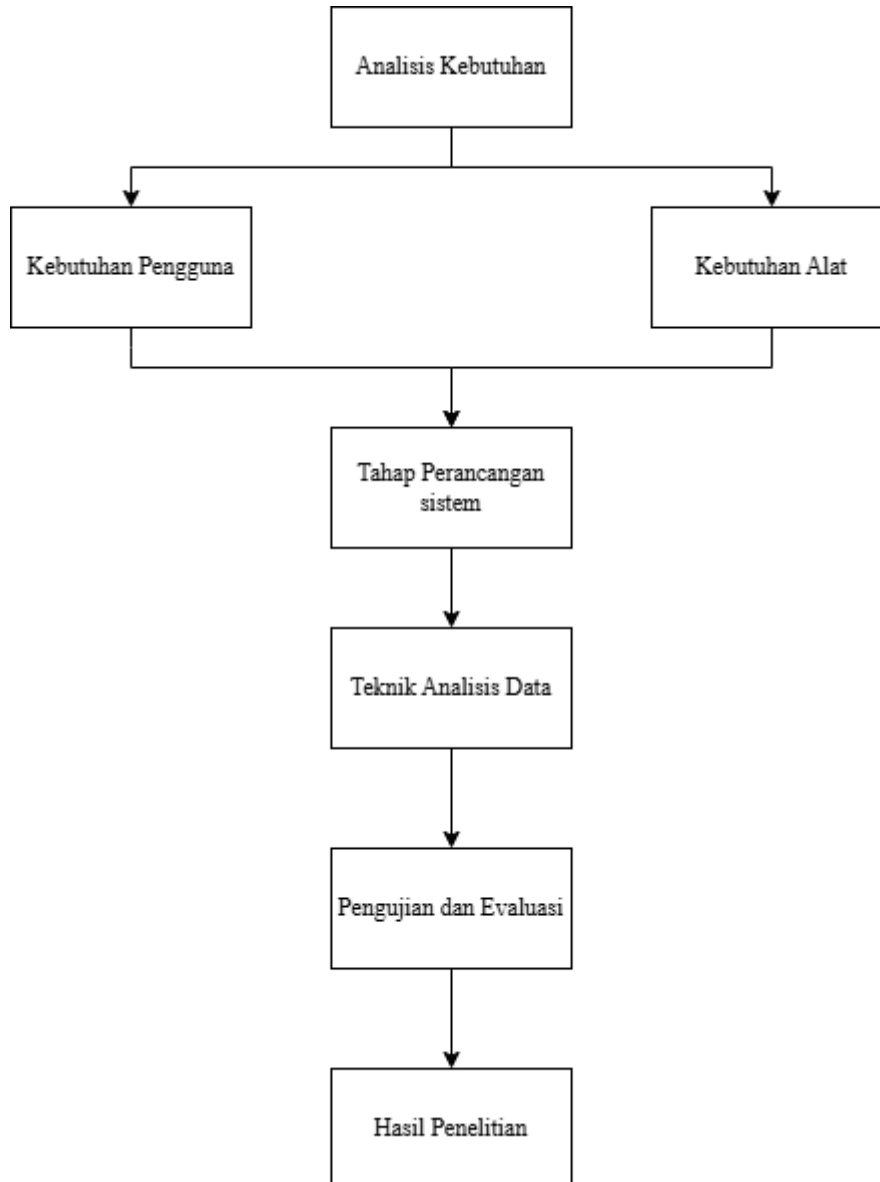
Dengan menerapkan skema seperti langganan layanan, penyewaan perangkat GPS, atau dukungan sponsor dari perusahaan outdoor, sistem ini dapat berkembang menjadi bisnis yang mandiri tanpa bergantung sepenuhnya pada hibah, sekaligus membuka peluang bagi pengelola gunung dan operator wisata untuk berpartisipasi dalam model bisnis yang memberikan manfaat bagi semua pihak.

BAB 3

Perancangan dan Pengembangan

3.1 Langkah-langkah Perancangan

Pada bab ini, perancangan dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan perancangan dan pengembangan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Tahapan perancangan dan pengembangan

3.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan pada perancangan dan pengembangan penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu kebutuhan pengguna dan kebutuhan alat.

3.2.1 Kebutuhan Pengguna

Setelah berdiskusi dengan pihak pengelola, peneliti memperoleh informasi mengenai kebutuhan sistem yang diperlukan. Berdasarkan hasil diskusi tersebut, beberapa kebutuhan pengguna dan kebutuhan fungsional telah dirangkum dalam Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan

No.	Kebutuhan pengguna	Kebutuhan fungsional
1.	<p>Pendaki:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Alat harus ringan dan mudah dibawa pendaki.2. Dapat memberikan laporan lokasi setiap beberapa detik3. Memiliki tombol darurat untuk mengirimkan sinyal bantuan	<p>Sistem pelacakan GPS:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sistem harus terhubung ke modul gps untuk melacak posisi pendaki secara akurat.2. Perangkat harus mengirimkan data lokasi secara berkala
2.	<p>Pengelola:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Dapat memantau lokasi pendaki secara realtime.2. Mendapatkan notifikasi darurat ketika pendaki mendapat kendala di pendakian.3. Akses ke data historis pendaki	<p>Sistem IoT:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Perangkat IoT yang digunakan oleh pendaki harus terhubung dengan base receiver untuk mengirimkan data lokasi dan notifikasi darurat.2. Sistem harus mengirimkan komunikasi dua arah antara pendaki dan tim pengelola pendakian.
3.		<p>Pengolahan data:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Data yang diterima dari pendaki harus dapat diproses dan ditampilkan dalam dashboar realtime.2. Menyimpan data rute dan posisi pendaki untuk analisis selanjutnya.

3.2.2 Analisis kebutuhan alat

Beberapa alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat secara detail pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Komponen Alat

No.	Komponen Alat
1	Tampilan Dashboard
2	Server lokal
3	Modul gps ublox neo-6m
4	Lora E22
5	Esp Node Mcu 8266
6	Arduino Nano Atmega 328
7	NodeMCU ESP 8266
8	Baterai Charger
9	Lampu Led
10	Antenna
11	Switch On/Off
12	Resistor
13	Stepdown Module
14	Adaptor/power suply
15	LCD Oled 0.96 inch
16	SD Card Module
17	Modul Charger Batrai
18	Kabel Jumper

3.3 Tahap Perancangan Sistem

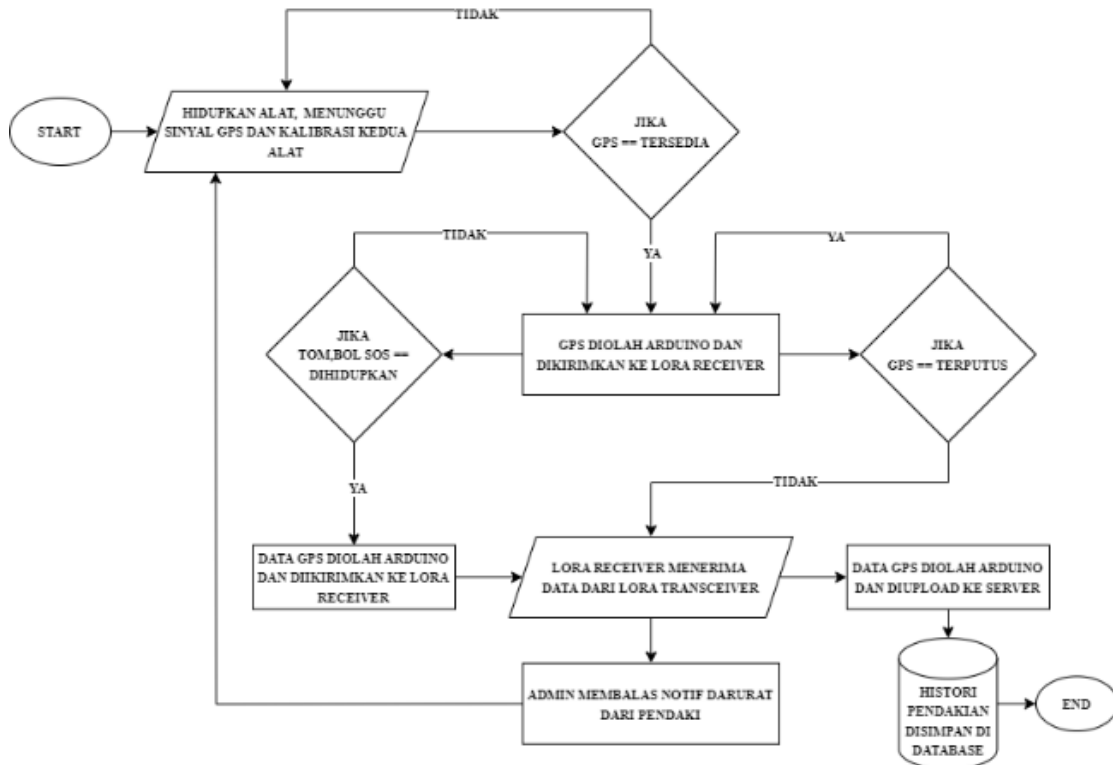
Pada tahap ini pengembangan sistem dilakukan melalui beberapa bagian seperti, desain sistem, implementasi sistem dan pengujian sistem.

3.3.1 Desain alat

Desain alat dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan Gps Transceiver dan perancangan Base Receiver.

1. Alur sistem kerja alat

Berdasarkan analisis kebutuhan yang telah ditetapkan, langkah selanjutnya adalah merancang alur kerja sistem alat. Alur kerja sistem alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.

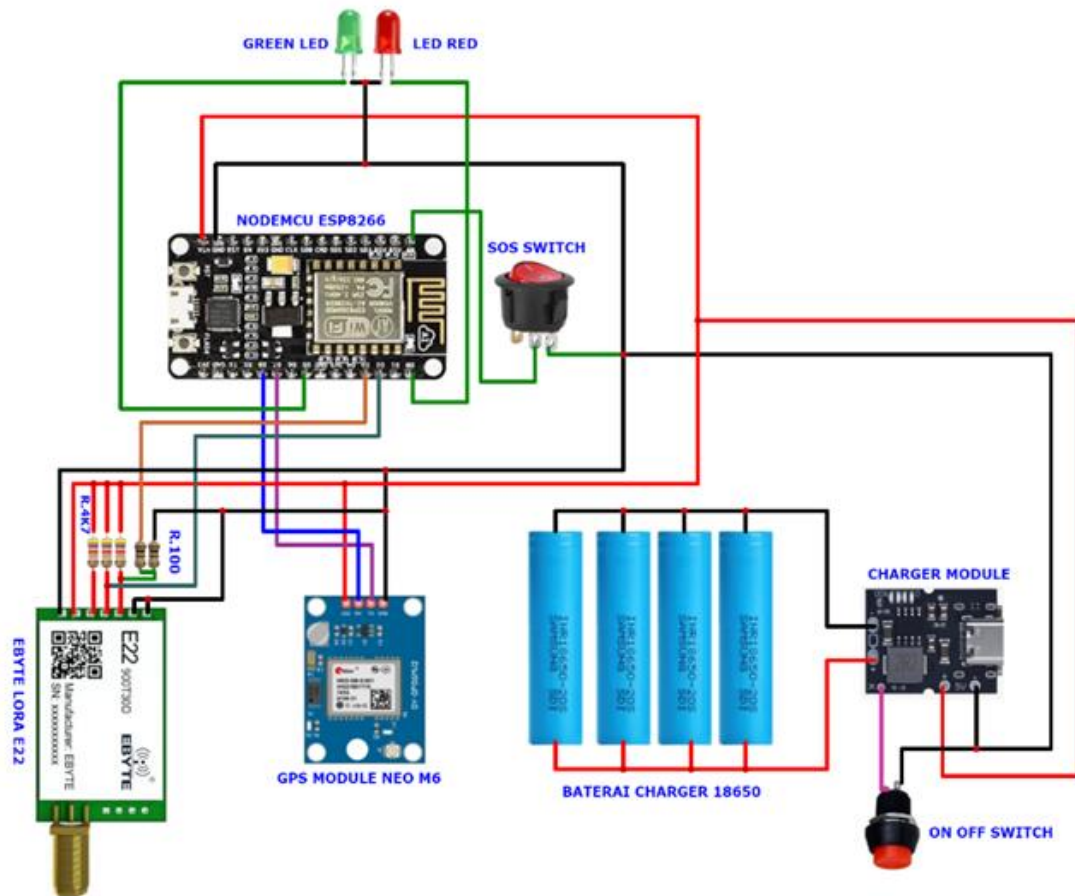


Gambar 3.2 Alur sistem kerja alat

Gambar 3.2 menggambarkan cara kerja sistem alat yang menunjukkan dua perangkat yang saling terhubung menggunakan teknologi gelombang radio, yaitu LoRa. Modul LoRa ini dapat mengirimkan data koordinat lokasi pendaki kepada pihak basecamp ketika pendaki menghadapi kendala selama pendakian..

2. Skema GPS Transceiver

Berdasarkan alat dan bahan yang sudah di tetapkan diatas, maka langkah selanjutnya membuat skema alur perancangan alat GPS Transceiver. Skema perancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.3.



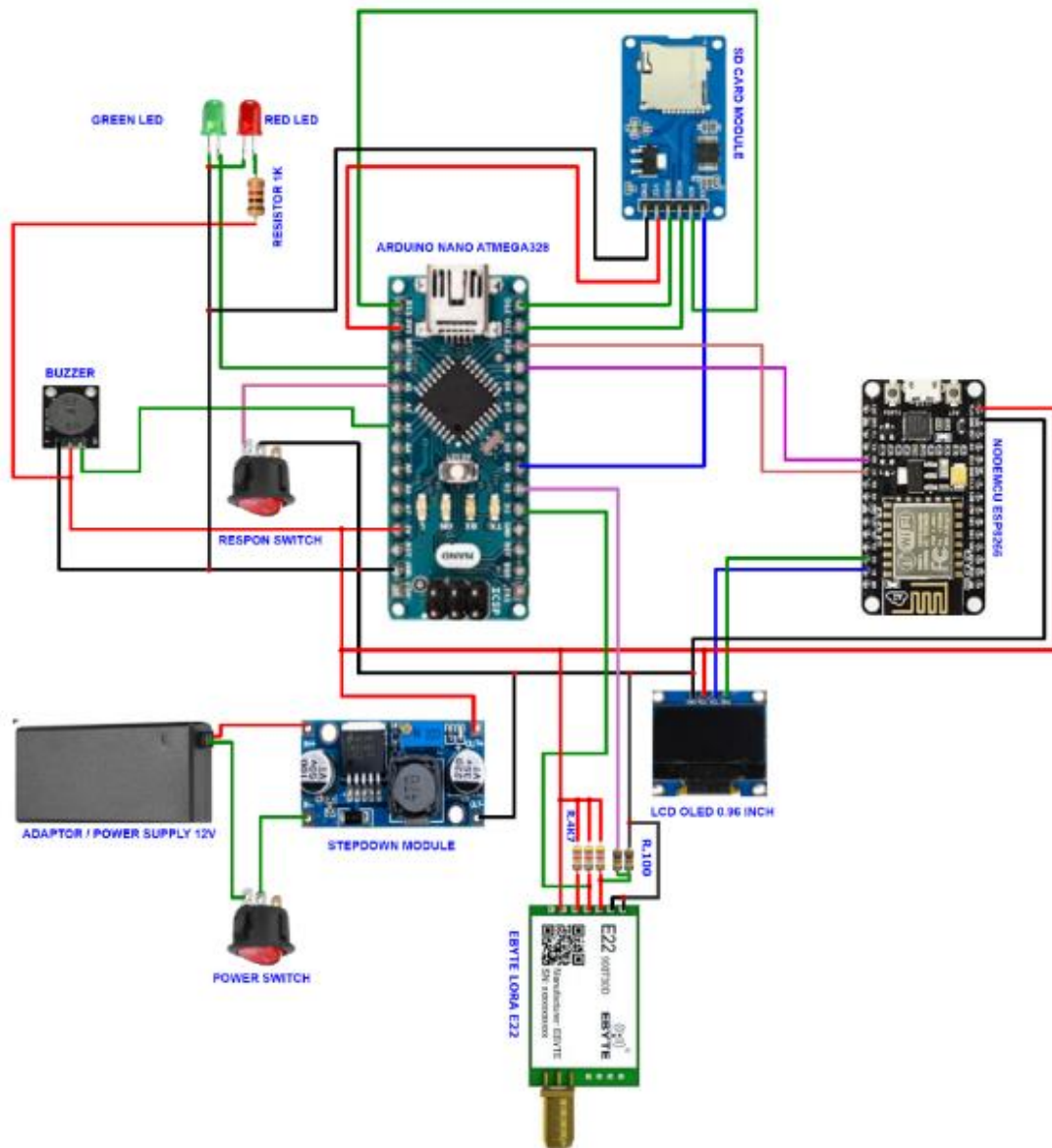
Gambar 3.3 Skema perancangan alat GPS transceiver

Gambar 3.3 menunjukkan skema perancangan alat GPS transceiver. Ketika tombol switch on pada alat ditekan, lampu indikator LED merah akan menyala, menandakan bahwa alat sudah aktif. Setelah itu, modul GPS yang terpasang pada alat akan secara otomatis mencari koordinat lokasi. Begitu koordinat terdeteksi, lampu indikator LED yang menyala akan berkedip terus-menerus, menandakan bahwa sinyal koordinat telah berhasil diterima.

Selanjutnya, koordinat GPS akan diproses oleh Arduino dan dikirim melalui modul LoRa transceiver ke LoRa base receiver yang ada di basecamp. Langkah berikutnya adalah merancang skema untuk GPS base receiver.

3. Skema GPS Receiver

Setelah rancangan gps transceiver maka selanjutnya membuat rancangan alat gps receiver. Perancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skema perancangan alat base receiver

Gambar 3.4 menjelaskan perancangan base receiver. Setelah switch on dihidupkan, LoRa receiver akan terhubung dengan LoRa transceiver. Alat ini kemudian akan menerima titik koordinat GPS dari LoRa transceiver secara berkala. Jika pendaki menekan tombol SoS pada GPS transceiver, base receiver akan menerima sinyal darurat. Setelah itu, admin basecamp dapat melihat posisi pendaki. Untuk mengonfirmasi bahwa pesan darurat telah diterima oleh pihak basecamp, admin akan mengirimkan balasan kepada pendaki. Jika pesan balasan tersebut berhasil diterima oleh alat pendaki, lampu LED hijau pada alat pendaki akan berkedip sebagai tanda.

3.3.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dibagi menjadi dua tahapan, yaitu implementasi sistem monitoring dan implementasi dilapangan.

1. Implementasi sistem monitoring

- a. Sistem dapat menampilkan posisi pendaki secara real-time di dashboard tim pengelola, yang dilengkapi dengan peta interaktif untuk memudahkan pelacakan.
- b. Jika pendaki mengirimkan notifikasi darurat, maka pihak pengelola segera membalas notifikasi tersebut dan bergerak ke jalur pendakian memberikan bantuan.

2. Implementasi dilapangan

Setiap pendaki menerima perangkat IoT sebelum mendaki ke gunung yang sudah diaktifkan dan terhubung keserver. Gambaran umum implementasi dilapangan dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Simulasi monitoring pendaki

Gambar 3.5 menjelaskan bagaimana implementasi alat monitoring dilakukan. Pendaki akan dipantau secara terus-menerus mulai dari basecamp pendakian hingga ke puncak dan kembali ke basecamp lagi.

3.4 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode analisis data spasial. Analisis data spasial dari hasil GPS dalam konteks pendakian melibatkan beberapa langkah untuk mempelajari pergerakan pendaki, akurasi jalur, serta untuk mengidentifikasi kesalahan atau

penyimpangan dari jalur resmi. Salah satu pendekatan yang digunakan dalam analisis ini adalah analisis jarak, dengan berbagai langkah yang diterapkan untuk menghitung jarak :

1. Pengumpulan data GPS.

Data dikumpulkan dengan format gpx langsung otomatis masuk keserver yang ada di basecamp. Kemudian data divalidasi sehingga dapat dipastikan tidak ada data yang rusak.

2. Pembersihan data

Data yang telah dikumpulkan akan diperiksa apakah ada titik-titik koordinat berada jauh dari jalur pendakian yang mungkin diakibatkan oleh kesalahan sinyal GPS .

3. Penggunaan perangkat lunak

Selanjutnya pemilihan perangkat lunak. Ada beberapa perangkat lunak yang digunakan seperti: perangkat lunak ArcGis (BAPPEDA NTB, 2013), Google Maps (Lars dan Jens Eilstrup Rasmussen, 2024) dan maps visualizer (Adam Schneider, 2019).

4. Overlay lokasi hasil alat dengan jalur pendakian resmi

Melakukan overlay atau tumpang tindih antara data GPS dari pendaki dengan peta jalur pendakian resmi. Selanjutnya mengamati apakah terdapat perbedaan antara jalur yang dilalui pendaki (berdasarkan data GPS) dan jalur pendakian yang seharusnya ditempuh.

5. Analisis deviasi jalur

Selanjutnya menghitung jarak antara titik-titik GPS dengan jalur pendakian resmi untuk mengetahui sejauh mana pendaki menyimpang dari jalur yang diizinkan.

6. Visualisasi data

Membuat peta visual yang menunjukkan rute GPS yang diambil oleh pendaki dan dibandingkan dengan jalur pendakian resmi. Peneliti menggunakan garis yang berbeda warna untuk membedakan jalur pendaki dari jalur resmi.

3.5 Pengujian dan evaluasi Sistem

Pengujian alat dalam penelitian ini dilakukan untuk menilai tingkat keberhasilan penelitian. Kriteria keberhasilan penelitian ini dinilai berdasarkan beberapa aspek, antara lain:

1. Akurasi posisi pendaki

Untuk menguji akurasi posisi pendaki, peneliti akan membandingkan titik koordinat yang diperoleh dari alat dengan jalur pendakian resmi. Pengujian dilakukan dengan melakukan overlay atau tumpang tindih antara data GPS pendaki dan peta jalur pendakian resmi. Selanjutnya, peneliti akan mengamati apakah terdapat perbedaan

antara jalur yang dilalui pendaki berdasarkan data GPS dan jalur pendakian yang seharusnya ditempuh.

2. Keandalan alat monitoring

Untuk menguji keandalan alat yang dirancang, dilakukan uji lapangan langsung dengan melibatkan pendaki. Dalam pengujian ini, pendaki akan melakukan pendakian dan menekan tombol darurat (SOS) pada alat di sepanjang jalur pendakian. Selanjutnya, sistem akan dianalisis dengan mengevaluasi apakah notifikasi darurat berhasil terkirim ke basecamp pendakian dan diterima oleh tim penyelamat dengan baik.

3. Umpan balik dari pengguna.

Untuk mengevaluasi sistem dan memperoleh umpan balik dari pengguna, dilakukan wawancara dengan pendaki dan pihak pengelola. Daftar pertanyaan wawancara untuk pengguna dapat dilihat pada tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Kategori Pertanyaan Evaluasi Sistem

Responden	Kategori Pertanyaan
Pendaki	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengalaman pengguna 2. Keamanan dan kenyamanan 3. Efektivitas dalam keadaan darurat 4. Saran dan masukan
Pihak Pengelola	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengenalan sistem 2. Efektivitas dan keandalan 3. Dampak terhadap manajemen pendakian 4. Saran dan pengembangan

Selanjutnya, dalam penawaran untuk memastikan keberhasilan implementasi model bisnis, diperlukan strategi pemasaran dan pendekatan kepada pemangku kepentingan. Model bisnis seperti sistem sewa, jual lisensi, revenue sharing, dan pay per use akan ditawarkan melalui pendekatan langsung kepada pengelola gunung dengan presentasi serta proposal bisnis yang menjelaskan manfaat sistem monitoring dan potensi pendapatan. Selain itu, kemitraan dengan operator pendakian dan agen wisata akan dijalin agar sistem ini dapat dijadikan sebagai layanan tambahan dalam paket pendakian.

BAB 4

Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Pada penelitian ini, pengujian alat GPS yang dikembangkan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, alat diuji di perkotaan dengan hambatan berupa gedung-gedung tinggi, sementara tahap kedua dan selanjutnya akan dilaksanakan di jalur pendakian gunung.

4.1.1 Hasil Uji Alat I

Pada skenario pertama, pengujian dilakukan dalam kondisi cuaca cerah di area perkotaan. Hasil pengujian alat di perkotaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



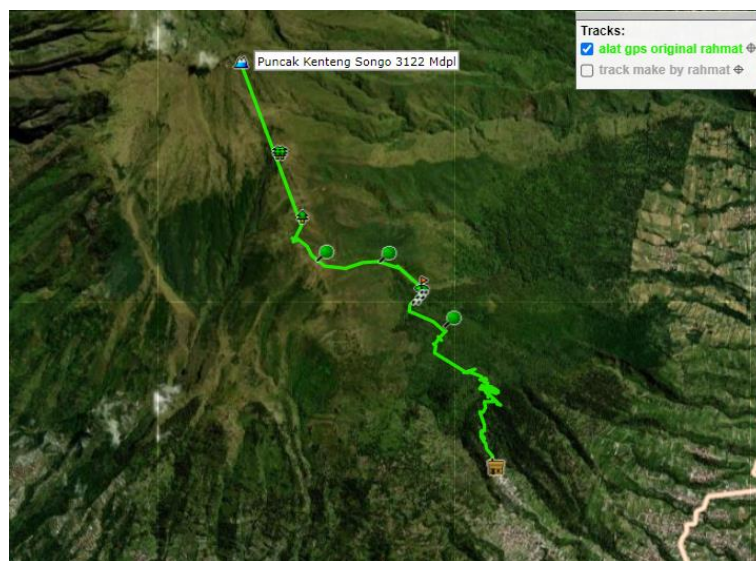
Gambar 4.1 Hasil uji alat I

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian alat di perkotaan dengan hambatan berupa bangunan atau gedung tinggi. Pengujian menunjukkan bahwa alat masih dapat menjangkau jarak 620 meter secara horizontal, dengan tingkat 12,5 meter. Meskipun cuaca sangat mendukung, keakuratan sinyal GPS mengalami gangguan signifikan. Hal ini disebabkan oleh padatnya bangunan tinggi dan infrastruktur perkotaan yang dapat memantulkan atau menghalangi sinyal satelit, fenomena yang dikenal sebagai multipath error. Artinya, meskipun cuaca tidak menjadi penghalang, lingkungan fisik justru menjadi faktor utama yang menurunkan akurasi. sejalan dengan temuan dalam penelitian oleh (Waqar et al., 2021)

dan (Pendidikan et al., 2021) yang menyebutkan bahwa kesalahan lokasi disebabkan oleh kepadatan bangunan. Sebaliknya, akurasi alat akan meningkat jika pengujian dilakukan di area yang tidak terhalang oleh gedung-gedung tinggi.

4.1.2 Hasil Uji Alat II

Selanjutnya pengujian yang kedua di lapangan langsung yaitu jalur pendakian gunung. pengukuran dilakukan dalam kondisi cerah namun di wilayah dengan hutan lebat, bebatuan besar, dan tebing curam. Hasil uji alat monitoring pendaki dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil uji II

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa alat dapat terdeteksi hingga mencapai puncak gunung dengan jarak tempuh sejauh 5,9 kilometer. Hal ini sesuai dengan spesifikasi dari Ebyte LoRa E22, yang dapat berkomunikasi hingga jarak 12 km (Module, n.d.). Namun, alat ini tidak dapat menembus hambatan seperti lembah dan tebing. Sesuai dengan spesifikasi modul GPS u-blox neo-6m (U-blox, 2017) akurasi posisi dapat meningkat dengan penggunaan PPP+SBAS, tetapi alat hanya dapat terdeteksi di area terbuka dengan pandangan langit yang jelas, tanpa halangan, dan selama periode waktu tertentu dalam hitungan menit..

Pada gambar 4.2 posisi 2 titik pendakian terakhir yaitu di Pos sabana 1 dan Sabana 2, sehingga posisi pendaki tidak terdeteksi oleh pihak basecamp. hal ini disebabkan oleh kondisi N-Los (Non-Line of Sight) sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh(Firmansyah, 1967) pada kondisi N-Los (Non-Line of Sight), Lora akan semakin lambat

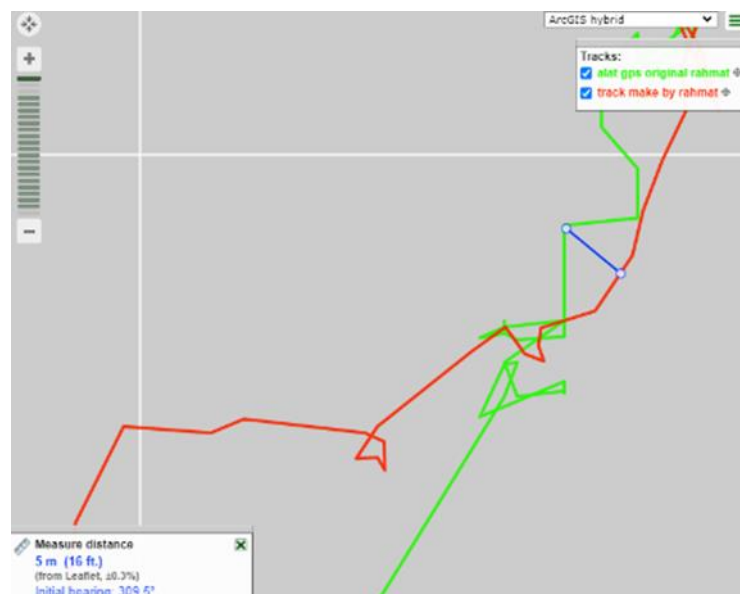
mengirimkan data bahkan data bisa hilang. Kemudian alat akan otomatis mengirimkan koordinat posisi ketika pendaki telah melewati kondisi N-Los tersebut.

Selanjutnya perbandingan hasil uji alat dengan peta pendakian resmi masih terjadi ketidakakuratan posisi. Hasil perbandingan alat dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Perbandingan hasil alat gps dengan peta pendakian resmi

Gambar 4.3 diatas menjelaskan masih terdapat titik koordinat yang tidak sesuai dengan jalur pendakian resmi. Hal ini disebabkan karena lembah dan tebing yang tinggi akan memantulkan balik sinyal radio yang dikirimkan. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pendidikan et al., 2021) sinyal radio/GPS yang dipakai akan terpantul jika bertemu dengan objek seperti gedung atau batu besar. Titik koordinat yang tidak sesuai dengan jalur pendakian resmi dapat dilihat pada gambar 4.4.



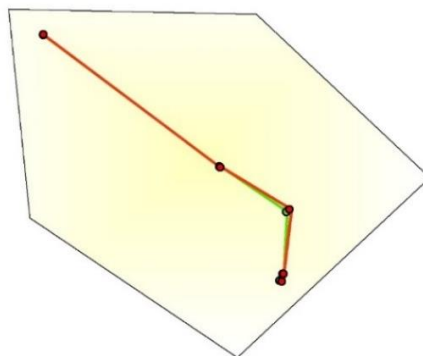
Gambar 4.4 Titik koordinat yang error

Gambar 4.4 diatas menjelaskan tingkat rata-rata error yakni 16 meter. Ini menunjukkan bahwa hambatan alami seperti kanopi pohon dan topografi ekstrem sangat mengganggu jalur langsung sinyal GPS ke perangkat, walaupun cuaca sedang cerah. Hambatan-hambatan ini menyebabkan penurunan kualitas sinyal secara signifikan, bahkan lebih buruk dibandingkan kondisi di area perkotaan. Hal ini tidak sesuai dengan datasheet modul gps (U-blox, 2017) yang mengatakan akurasi posisi horizontal sejauh 2.5 meter. Titik koordinat yang tidak sesuai dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Titik Koordinat Yang Tidak Sesuai

No	Hasil Alat Gps (Lt,Lng)	Jalur Asli (Lt, Lng)	Error (Ft)
1.	S7° 28.625' E110° 27.536'	S7° 28.616' E110° 27.547'	88.5
2.	S7° 28.838' E110° 27.524'	S7° 28.837' E110° 27.526'	16
3.	S7° 28.860' E110° 27.513'	S7° 28.863' E110° 27.521'	51.9
4.	S7° 28.019' E110° 26.703'	S7° 28.017' E110° 26.703'	15.2
5.	S7° 28.470' E110° 27.306'	S7° 28.472' E110° 27.310'	25.7

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa beberapa titik koordinat yang diperoleh tidak sesuai dengan jalur yang sebenarnya. Titik dengan kesalahan terbesar memiliki jarak 88,5 kaki atau sekitar 27 meter, sementara titik dengan kesalahan terkecil memiliki jarak 9,5 kaki atau sekitar 5 meter. Kesalahan titik koordinat yang dihasilkan oleh alat dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perbandingan koordinat lokasi peta pendakian

Keterangan:

Garis hijau = Jalur Pendakian yang sebenarnya

Garis merah = Hasil koordinat dari alat gps

Selanjutnya, dilakukan penelitian ketiga untuk menguji keakuratan alat yang telah dibangun dalam kondisi cuaca yang berbeda. Pada penelitian ini, implementasi alat diuji di lapangan dalam cuaca ekstrem dengan potensi angin kencang dan hujan deras.

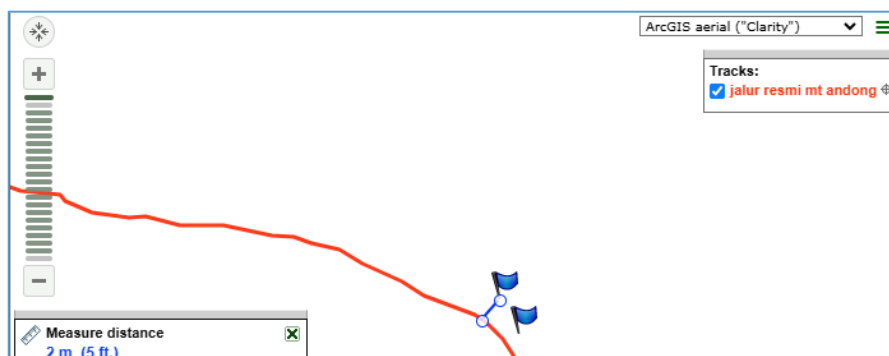
4.1.3 Hasil Uji Alat III

Hasil yang cukup mengejutkan muncul pada pengujian ketiga, di mana pengukuran dilakukan dalam kondisi cuaca ekstrem dengan hambatan yang sama dengan uji II (hutan, batu, dan tebing tinggi). Hasil dari pengujian alat dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil uji III

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa alat tidak dapat mengirimkan posisi pendaki saat cuaca ekstrim. Posisi pendaki hanya terdeteksi ketika berada di basecamp jalur pendakian. Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan modul GPS untuk menembus awan mendung, serta angin dan hujan deras, yang menghalangi penerimaan sinyal koordinat dari satelit dan menghambat pengiriman sinyal ke base receiver di basecamp. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh (Karim et al., 2019) yang menyatakan bahwa kekuatan sinyal di setiap lokasi penelitian sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis, lingkungan, dan cuaca pada saat pengambilan data.



Gambar 4.7 Titik error posisi pendaki

Gambar 4.7 menjelaskan Posisi pendaki hanya terdeteksi dua kali dengan Tingkat error justru sangat kecil, yaitu hanya 1,5 meter. Tingkat error gps masih sesuai dengan standar datasheet modul gps (U-blox, 2017). Fenomena ini menunjukkan bahwa kondisi cuaca ekstrem tidak selalu mengurangi akurasi GPS, dan kemungkinan besar pengujian ini dipengaruhi oleh faktor lain seperti posisi satelit yang lebih ideal, minimnya gangguan multipath saat itu, atau penggunaan alat dengan pengaturan yang lebih optimal. Hal ini menjadi catatan penting bahwa dalam beberapa kasus, hambatan fisik lebih dominan dibanding cuaca dalam memengaruhi akurasi GPS. Selanjutnya pada penelitian ke IV alat yang dirancang akan diuji pada kondisi cuaca mendung tapi tidak hujan.

4.1.4 Hasil Uji Alat IV

Pengujian alat pada penelitian IV ini dilakukan pada kondisi cuaca mendung tapi tidak hujan dengan hambatan yang sama dengan uji II dan III. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil uji IV

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa alat dapat mengirimkan posisi pendaki ke base receiver yang ada di basecamp pendakian. Namun, beberapa data hilang sepanjang jalur pendakian. Hal ini disebabkan oleh perubahan cuaca mendung yang berlangsung secara bergantian. Kondisi ini sesuai dengan temuan penelitian oleh (Karim et al., 2019) yang menyatakan bahwa kekuatan sinyal di setiap lokasi penelitian sangat dipengaruhi oleh faktor geografis, lingkungan, dan kondisi cuaca saat pengambilan data..

Selanjutnya bentuk jalur pendakian yang mendaki dan menurun juga mengakibatkan data tidak dapat dikirimkan di base receiver seperti gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil penelitian lost data

Gambar 4.9 menjelaskan bahwa data yang hilang berasal dari jalur pendakian yang memiliki kemiringan mendaki dan menurun. Hal ini disebabkan oleh kondisi N-Los (Non-Line of Sight), seperti lembah dan tebing tinggi, yang memantulkan kembali sinyal radio yang dikirimkan. Sesuai dengan penelitian oleh (Pendidikan et al., 2021) sinyal radio/GPS dapat terpantul jika bertemu dengan objek besar seperti gedung atau batu. Penelitian oleh (Firmansyah, 1967) juga menunjukkan bahwa pada kondisi N-Los, pengiriman data menggunakan Lora akan semakin lambat, bahkan data bisa hilang. Selain itu, posisi pendaki yang dihasilkan oleh alat masih tidak sesuai dengan jalur pendakian resmi, dengan tingkat kesalahan mencapai 4 meter, lebih baik dari pengujian I dan II, tetapi masih di atas uji III meskipun modul GPS yang digunakan memiliki akurasi horizontal 2,5 meter (U-blox, 2017). Hal ini menegaskan bahwa awan atau mendung memiliki pengaruh terhadap akurasi GPS, tetapi tidak sekuat pengaruh hambatan fisik seperti pohon dan tebing. Hasil ini juga menunjukkan bahwa kondisi atmosfer memengaruhi propagasi sinyal, namun efeknya cenderung moderat.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa keakuratan alat GPS yang dirancang tidak konsisten karena adanya penghambat dan variasi kondisi cuaca. Kesimpulan dari pengujian alat ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kesimpulan Hasil Pengujian

Pengujian	Kondisi Cuaca	Error /Meter	Hambatan	Deskripsi
I	Cerah (dikota)	12.5	Bangunan Padat dan Gedung Tinggi	Hal ini sejalan dengan penelitian (Kunisada & Premachandra, 2022) dan penelitian (Pendidikan et al., 2021) yang menyatakan bahwa kesalahan titik lokasi disebabkan oleh keberadaan bangunan yang padat. Sebaliknya, akurasi akan meningkat jika lokasi pengujian tidak terhalang oleh gedung-gedung tinggi, dan kondisi sebaliknya akan mengurangi akurasi..
II	Cerah	16	Hutan pepohonan, Batu dan Tebing tinggi	Hal ini terjadi karena lembah dan tebing tinggi dapat memantulkan kembali sinyal radio yang dikirimkan. Menurut penelitian oleh (Pendidikan et al., 2021) sinyal radio/GPS yang digunakan akan terpantul jika bertemu dengan objek besar seperti gedung atau batu.
III	Ekstrim	1.5	Hutan pepohonan, Batu dan Tebing tinggi	Hal ini disebabkan karena modul GPS tidak dapat menembus awan mendung, angin, dan hujan deras untuk memperoleh titik koordinat dari satelit, sehingga

				mengganggu proses pengiriman sinyal ke base receiver di base camp pendakian. Kondisi ini sejalan dengan temuan penelitian oleh (Karim et al., 2019) yang menyatakan bahwa kekuatan sinyal di setiap lokasi sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis, lingkungan, dan cuaca saat pengambilan data.
IV	Mendung	4	Hutan pepohonan, Batu dan Tebing tinggi	Hal ini disebabkan oleh perubahan siklus cuaca mendung yang terus-menerus. Temuan ini sesuai dengan penelitian oleh (Karim et al., 2019) yang menunjukkan bahwa kekuatan sinyal di setiap lokasi sangat dipengaruhi oleh faktor geografis, kondisi lingkungan, dan cuaca pada saat pengambilan data..

Dari keseluruhan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Hambatan fisik seperti bangunan tinggi, pepohonan lebat, dan tebing curam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap akurasi sinyal GPS, bahkan dalam kondisi cuaca cerah sekalipun. Cuaca ekstrem tidak selalu menyebabkan error tinggi, tergantung pada konfigurasi teknis dan posisi satelit saat pengukuran berlangsung. Lingkungan perkotaan dan hutan sama-sama memberikan tantangan terhadap akurasi GPS, meskipun penyebabnya berbeda dan cuaca mendung memiliki pengaruh, tetapi bukan faktor utama dibanding hambatan lingkungan.

4.2 Evaluasi Sistem Monitoring

Hasil evaluasi sistem monitoring menunjukkan sejauh mana keberhasilan alat yang telah dirancang dan dibuat. Penilaian keberhasilan penelitian ini didasarkan pada tiga kriteria, yaitu akurasi posisi pendaki, keandalan alat monitoring, dan umpan balik dari pengguna.

Keakuratan posisi pendaki secara keseluruhan mengacu pada standar modul GPS yang digunakan, yaitu 2 meter (U-blox, 2017). Dalam uji lapangan, alat yang dikembangkan menunjukkan bahwa posisi pendaki tetap dalam batas toleransi yang wajar dan tidak terlalu jauh dari jalur pendakian. Jika pendaki bergerak kurang dari 10 meter dari jalur resmi, pihak pengelola masih dapat dengan mudah melacak dan memantau posisi mereka. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring memiliki akurasi yang cukup tinggi untuk menjaga keamanan pendaki..

Keandalan alat monitoring secara keseluruhan lebih baik dibandingkan dengan sistem sebelumnya. Keunggulan alat yang dirancang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Keunggulan alat yang dibangun

Fitur	Sistem	
	Lama	Baru
Posisi pendaki terdeteksi di setiap pos pendakian.	Tidak	Ya
Permintaan bantuan ketika terjadi kendala di pendakian gunung	Tidak	Ya
History perjalanan pendakian gunung si pendaki	Tidak	Ya

Tabel 4.3 membandingkan fitur sistem monitoring lama dan baru. Sistem lama hanya mendeteksi posisi pendaki di pos pendakian, sementara sistem baru memungkinkan pemantauan real-time. Selain itu, sistem lama tidak memiliki fitur permintaan bantuan, sedangkan sistem baru memungkinkan pendaki mengirim sinyal darurat. Sistem baru juga menyimpan riwayat perjalanan pendaki, yang sebelumnya tidak tersedia, sehingga mempermudah analisis dan peningkatan keselamatan.

Umpan balik dari pengguna diperoleh melalui wawancara mendalam dengan pendaki gunung dan pihak pengelola. Berdasarkan hasil evaluasi, responden menyatakan bahwa alat yang dirancang dan dikembangkan telah menghadirkan cara baru untuk memonitor pendaki, serta membantu pihak pengelola dalam menjaga keselamatan dan ketertiban mereka. Beberapa ulasan penilaian dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Ulasan Penilaian Pendaki

Kriteria Pertanyaan	Jumlah	Jawaban Pendaki
Pengalaman Pengguna	p1	✓
	p2	✓
Keamanan dan kenyamanan	p1	✓
	p2	✗
Efektivitas dalam Keadaan Darurat	p1	✗
	p2	✓
Saran dan Masukan	p1	✓
	p2	✓
	P3	✓

Secara umum, sistem ini memperoleh respons positif di berbagai aspek. Namun, berdasarkan masukan dari para pendaki, aspek keamanan dan kemudahan penggunaan dalam situasi darurat masih perlu disempurnakan.

Tabel 4.5 Ulasan Penilaian Pengelola

Kriteria Pertanyaan	Jumlah	Jawaban pengelola
Pengenalan Sistem	p1	✓
	p2	✗
Efektivitas dan Keandalan	p1	✓
	p2	✓
	p3	✓
Dampak terhadap Manajemen Pendakian	p1	✓
	p2	✓
	p3	✓
Saran dan Pengembangan	p1	✓
	p2	✗

Secara keseluruhan, sistem monitoring ini telah diterima dengan baik oleh pihak pengelola. Namun, masih ada tantangan dalam hal pengenalan sistem dan pengembangan lebih lanjut, yang memerlukan peningkatan sosialisasi serta perbaikan sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan perancangan sistem dan implementasi yang dilakukan pada pendakian gunung, terdapat beberapa titik koordinat yang mengalami error, sehingga alat GPS tidak dapat mengirimkan data posisi. Penelitian dilakukan di lapangan dengan berbagai kondisi cuaca, mulai dari cerah, mendung, hingga cuaca ekstrim..

Pada penelitian pertama dengan cuaca cerah, alat GPS yang dibangun dapat terdeteksi hingga 620 meter di area perkotaan meskipun ada hambatan gedung tinggi, dengan tingkat error 5-20 meter. Hasil ini tidak sepenuhnya sesuai dengan spesifikasi modul GPS (U-blox, 2017) yang memiliki tingkat akurasi horizontal 2,5 meter tanpa halangan.

Pada penelitian kedua, dengan cuaca cerah, alat dapat mengirimkan data lokasi hingga 5,9 km, yang sesuai dengan spesifikasi (Module, n.d.) yang mampu menjangkau jarak hingga 12 km. Namun, alat gagal mengirimkan data posisi ketika ada hambatan seperti lembah atau tebing tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Pendidikan et al., 2021) yang menunjukkan bahwa sinyal GPS dapat terpantul saat menemui objek besar, seperti gedung atau batu besar.. Keakuratan posisi pendaki menunjukkan error antara 5-27 meter, yang juga tidak sesuai dengan tingkat akurasi GPS yang seharusnya 2,5 meter.(U-blox, 2017).

Pada penelitian ketiga dengan cuaca ekstrim (badai), alat tidak dapat terdeteksi sampai puncak gunung, hanya mampu mengirimkan posisi ketika berada di basecamp pendakian dengan error 1-2 meter. Ini disebabkan oleh ketidakmampuan modul GPS untuk menembus awan mendung dan kondisi cuaca buruk, yang menghalangi proses pengiriman sinyal ke base receiver. Sejalan dengan penelitian (Karim et al., 2019) juga menunjukkan bahwa kekuatan sinyal sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis, lingkungan, dan cuaca..

Pada penelitian keempat dengan cuaca mendung tanpa hujan, alat mampu mengirimkan lokasi hingga puncak gunung, tetapi beberapa data posisi hilang saat pendaki melewati jalur yang terhalang dari pandangan base receiver. Hal ini disebabkan oleh kondisi N-LoS (Non-Line of Sight), yang juga dijelaskan dalam penelitian (Firmansyah, 1967) bahwa Lora akan semakin lambat atau bahkan kehilangan data dalam kondisi tersebut. Data yang hilang juga dipengaruhi oleh perubahan cuaca yang cepat. Kondisi ini sejalan dengan

temuan (Karim et al., 2019) bahwa kekuatan sinyal sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan cuaca.

Berdasarkan hasil pengujian, tingkat akurasi GPS dipengaruhi oleh kombinasi antara cuaca dan hambatan di lingkungan sekitar. Pengujian di area kota dengan cuaca cerah menunjukkan error sebesar 12,5 meter akibat padatnya bangunan tinggi. Sementara itu, di wilayah hutan dan tebing yang terjal, error tertinggi justru terjadi pada cuaca cerah (16 meter). Uniknya, saat kondisi cuaca ekstrem, error menurun drastis menjadi 1,5 meter, menunjukkan kemungkinan adanya pengaruh lain selain cuaca dan hambatan. Kondisi mendung menghasilkan error menengah sebesar 4 meter. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi GPS tidak semata-mata ditentukan oleh cuaca, tetapi juga sangat bergantung pada jenis hambatan fisik di sekitar perangkat.

4.4 Diskusi

Berdasarkan hasil perancangan sistem monitoring pendaki dan evaluasi dari pengguna serta pihak pengelola layanan pendakian, secara keseluruhan, penelitian ini telah berhasil membantu pengelola dalam meningkatkan layanan pendakian dan mempermudah pendaki untuk meminta bantuan. Alat monitoring yang menggunakan teknologi GPS yang dikombinasikan dengan gelombang radio Lora dapat terdeteksi hingga puncak gunung dengan jarak mencapai 5,9 kilometer. Hasil ini sesuai dengan kemampuan jangkauan modul Lora Ebyte yang digunakan, yang dapat mencakup lebih dari 5 kilometer (Chengdu, 2018). Namun, alat ini tidak selalu dapat terdeteksi karena adanya hambatan seperti tebing, lembah, hujan deras, serta awan mendung yang berganti-ganti, yang menghalangi pengiriman data ke base receiver atau basecamp.

Untuk mengatasi hambatan yang dihadapi, solusi yang dapat diterapkan adalah dengan menambahkan repeater penguat sinyal di area yang terhalang oleh tebing dan lembah. Selain itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan, termasuk pertimbangan dalam pemilihan bahan yang tepat untuk alat, agar lebih tahan terhadap kondisi fisik, berkualitas, dan memiliki kinerja yang optimal, serta desain yang memudahkan pendaki untuk membawanya hingga puncak gunung. Alat yang dibangun saat ini tidak dapat digunakan untuk komunikasi suara atau pesan teks. Alat ini hanya mampu mengirimkan informasi dalam bentuk notifikasi darurat antara pendaki dan pihak basecamp.

Pengembangan layanan pendakian ini tentu dapat mempengaruhi pandangan masyarakat, khususnya bagi para pecinta pendakian gunung. Keamanan dan kenyamanan di area wisata menjadi nilai tambah yang penting untuk menarik lebih banyak pengunjung

(Nugraha, 2022). Oleh karena itu, sistem yang telah dikembangkan diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan minat wisatawan dalam melakukan pendakian gunung..

Pengelola sistem pendakian gunung dapat dianggap berhasil dalam mengelola kunjungan wisatawan karena telah menyediakan layanan seperti yang dilakukan oleh Sidaring dan Solo Traveller sebelumnya (Kehutanan, 2022). Berbagai layanan yang telah disediakan bertujuan untuk memberikan kenyamanan kepada para pengunjung. Hal ini sejalan dengan pengembangan sistem monitoring yang dibuat oleh peneliti, yaitu untuk meningkatkan layanan pemantauan pendaki.

Alat yang dirancang oleh peneliti diharapkan dapat digunakan sebagai alat promosi untuk layanan pendakian gunung, dengan tujuan untuk meningkatkan mutu dan kualitas layanan yang ada. Pihak pengelola dapat mempertimbangkan penggunaan alat ini untuk pengembangan lebih lanjut dalam layanan pendakian gunung..

4.5 Model Bisnis

Beberapa pilihan model bisnis yang sudah peneliti tawarkan dalam penggunaan sistem monitoring gps untuk pendaki gunung. Rincian model bisnis dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Rincian Model Bisnis

Model Bisnis	Deskripsi	Keuntungan	Pendapatan	Fitur
1. Berbasis Sewa	Penyediaan perangkat dan sistem dengan biaya langganan bulanan/tahunan.	1) Pendapatan berulang 2) Biaya awal rendah untuk pengelola	1) Biaya langganan sistem monitoring 2) Opsi fitur premium	1) Tracking real-time 2) Laporan data harian
2. Jual & Lisensi	Penjualan perangkat GPS dengan lisensi sistem monitoring berbayar tahunan.	1) Pendapatan awal besar 2) Pendapatan berulang dari lisensi	1) Penjualan perangkat hardware 2) Biaya lisensi software	1) Update perangkat lunak 2) Analitik aktivitas pendaki

3. Revenue Sharing	Bagi hasil keuntungan dari penyewaan perangkat kepada pendaki.	1) Tidak memerlukan biaya awal dari pengelola 2) Pendapatan berbasis performa	1) Persentase bagi hasil (misal: 60% untuk pengelola, 40% untuk Peneliti)	1) Penyewaan GPS 2) Dukungan darurat (emergency support)
4. Pay-per-Use	Pengelola membayar sesuai penggunaan perangkat dan sistem monitoring.	1) Fleksibel untuk lokasi dengan pendaki musiman	1) Biaya per perangkat per pendakian 2) Biaya tambahan untuk fitur khusus	1) Tracking selama mendaki 2) Peringatan bahaya

Model bisnis sewa memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya menarik bagi Taman Nasional. Biaya awal yang rendah menjadi nilai tambah utama karena tidak perlu membeli sistem secara langsung. Umumnya, paket sewa juga sudah mencakup layanan perawatan dan pembaruan, sehingga mengurangi beban teknis. Selain itu, sistem sewa bersifat fleksibel karena bisa disesuaikan durasinya atau dihentikan kapan saja. Meski total biaya jangka panjang bisa lebih tinggi dan tidak ada kepemilikan aset, manfaat jangka pendeknya cukup besar.

Sebaliknya, model jual dan lisensi menawarkan kepemilikan penuh dan kendali atas sistem, sehingga bisa digunakan dalam jangka panjang. Namun, model ini membutuhkan investasi awal yang besar serta menuntut tanggung jawab penuh untuk perawatan dan pembaruan. Jika teknologi berkembang cepat, sistem yang dibeli bisa cepat usang. Model bagi hasil (revenue sharing) memungkinkan kerja sama tanpa biaya awal karena pembayaran berdasarkan persentase pendapatan. Meski memberi insentif bagi kedua belah pihak untuk bekerja sama, potensi konflik pembagian hasil, pendapatan yang fluktuatif, dan proses administrasi yang rumit menjadi tantangan utama. Adapun model bayar sesuai pemakaian (pay-per-use) cocok untuk penggunaan yang tidak rutin karena hanya membayar saat sistem

digunakan. Namun, biaya bisa membengkak jika pemakaian tinggi dan sulit diprediksi untuk perencanaan anggaran.

Dari keempat pilihan tersebut, model sewa paling sesuai untuk Taman Nasional. Selain ringan di anggaran awal dan mudah dikelola, model ini juga sejalan dengan karakter lembaga pemerintah yang lebih suka sistem fleksibel, minim risiko, dan mudah diprediksi secara pembiayaan.

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian desain (design research), yaitu jenis penelitian yang berfokus pada perancangan dan pengembangan solusi atas permasalahan nyata di lapangan. Penelitian ini berhasil merumuskan pendekatan baru dalam memantau aktivitas pendaki gunung serta meningkatkan kualitas layanan pendakian secara keseluruhan. Penelitian ini menghasilkan dua kontribusi utama, yaitu:

1. Kontribusi praktis, berupa prototipe sistem monitoring pendaki berbasis teknologi IoT yang mengintegrasikan GPS transmitter dan receiver. Sistem ini memungkinkan pemantauan posisi dan kondisi pendaki secara real-time, sehingga dapat mengurangi risiko keterlambatan dalam proses pencarian dan meningkatkan aspek keselamatan.
2. Kontribusi teoritis, dalam bentuk kerangka desain (design framework) serta model pengembangan sistem berbasis pendekatan user-centered. Hasil ini dapat dijadikan rujukan untuk penelitian berikutnya atau pengembangan sistem sejenis, khususnya dalam konteks peningkatan keamanan di wilayah terpencil.

Beberapa kebaruan dari Inovasi yang dihadirkan dalam sistem yang dibangun dan dirancang dapat dilihat pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Kebaruan sistem monitoring

Sistem sebelumnya	Sistem yang baru
1. Posisi pendaki hanya terdeteksi di setiap pos pendakian.	1. Posisi pendaki terdeteksi secara realtime oleh pihak pemantau.
2. Pendaki tidak bisa meminta bantuan ketika terjadi kendala.	2. Pendaki bisa meminta bantuan ketika terjadi kendala.
3. Tidak ada history perjalanan pendaki.	3. Sistem mempunyai simpanan history perjalanan pendaki.

Tabel 5.1 membandingkan fitur antara sistem sebelumnya dan sistem yang baru dalam konteks monitoring pendaki gunung. Berikut adalah penjelasan dari perbandingan tersebut:

1. Deteksi Posisi Pendaki
 - a) Sistem sebelumnya Posisi pendaki hanya dapat terdeteksi pada titik-titik tertentu (misalnya di setiap pos pendakian). Hal ini mengakibatkan keterbatasan dalam pemantauan lokasi pendaki secara keseluruhan.
 - b) Sistem yang baru Posisi pendaki dapat terdeteksi secara real-time, memungkinkan pemantauan yang lebih kontinu dan akurat sepanjang perjalanan pendakian.
2. Kemampuan Meminta Bantuan
 - a) Sistem sebelumnya Pendaki tidak memiliki kemampuan untuk meminta bantuan dengan mudah ketika menghadapi kendala, karena sistem komunikasi atau pelaporan masalahnya terbatas.
 - b) Sistem yang baru Pendaki dapat meminta bantuan secara langsung ketika mengalami kendala, meningkatkan responsivitas tim penyelamat atau pengelola pendakian.

Sistem yang dirancang melalui beberapa tahapan, mulai dari mempertimbangkan sinyal di puncak gunung, merancang alat yang mudah dibawa oleh pendaki, hingga mempertimbangkan manfaatnya bagi pengelola pendakian gunung. Pihak pengelola pendakian gunung menyatakan bahwa sistem ini sangat menarik untuk diteruskan ke tahap berikutnya. Berdasarkan hasil wawancara evaluasi terhadap sistem baru, alat yang dirancang juga dianggap berpotensi membantu pengelola dalam memperkenalkan sistem layanan pendakian gunung kepada masyarakat luas. Selain itu, penelitian ini juga telah mengevaluasi sistem monitoring pendaki yang sudah ada, baik dari segi alat maupun perangkat lunaknya, untuk layanan yang dapat diterima oleh pihak TNGB.

5.1 Saran

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan alat GPS yang dapat membantu pendaki dan pihak pengelola dalam kegiatan pendakian gunung di Taman Nasional Gunung Merbabu. Berdasarkan temuan dari penelitian ini, Saat ini, ukuran perangkat masih cukup besar dan berpotensi mengganggu pergerakan pendaki, terutama dalam medan sempit atau berbatu. Oleh karena itu, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut:

a. Penguatan jangkauan sinyal

Untuk memastikan alat dapat selalu terdeteksi, disarankan menambahkan dual-mode komunikasi yaitu LoRa saat tidak ada sinyal GSM dan GSM saat tersedia atau membangun mini tower penguat sinyal di basecamp atau di titik-titik strategis di

sepanjang jalur pendakian, seperti di bahu gunung, yang dapat membantu memperluas jangkauan sinyal dan meningkatkan kualitas koneksi antara alat GPS dan base receiver

b. Pengembangan fitur dan desain alat

Optimalisasi desain perangkat keras agar lebih ringkas dan ergonomis tanpa mengurangi fungsionalitasnya, Integrasi modul GPS dan IoT dalam satu board misalnya menggunakan versi mini dari ESP32 dan GPS Neo-6M serta sensor suhu, Pemanfaatan baterai lithium berkapasitas kecil tapi tahan lama, seperti Li-Po 3.7V dengan efisiensi daya tinggi dan Penerapan casing tahan air dan ringan berbahan polikarbonat dengan desain wearable dapat dikalungkan, atau dijepit di tas pendaki. Untuk komponen lebih detailnya dapat dilihat pada tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5. 2 Saran Komponen Alat

No	Komponen	Spesifikasi dan tujuan
1.	Mikrokontroler (ESP32-S3)	Otak sistem. Dukungan WiFi, Bluetooth, mode deep sleep hemat daya.
2.	Modul GPS (Neo-6M / u-blox NEO-M8N)	Penentuan posisi pendaki. Akurasi tinggi, low power.
3.	Modul LoRa SX1276/SX1278	Komunikasi jarak jauh (tanpa sinyal GSM). Cocok untuk area pegunungan.
4.	Modul GSM (SIM800L/ SIM7600E)	Untuk pengiriman data via jaringan seluler saat tersedia sinyal.
5.	Sensor Lingkungan (BME280)	Pengukur suhu, tekanan, dan kelembaban lingkungan.
6.	Sensor Detak Jantung (MAX30102)	Monitoring kondisi fisik pendaki (opsional).
7.	Tombol Darurat (Push Button IP67)	Untuk mengirim sinyal darurat langsung ke server atau basecamp.
8.	Indikator LED/Buzzer	Memberi notifikasi status alat ke pengguna (misal: LED berkedip saat sinyal hilang).
9.	SD Card Module / EEPROM	Penyimpanan data lokal jika pengiriman gagal.
10.	Batrai Mini (Li-Po 3000 mAh)	Sumber daya utama. Ringan dan bisa diisi ulang.
11.	Solar Panel 5V 1A	Isi ulang daya secara mandiri saat pendakian.

12.	Casing Waterproof (IP67/68)	Melindungi seluruh sistem dari hujan, lumpur, dan benturan saat pendakian.
-----	-----------------------------	--

Daftar Pustaka

- Adam Schneider. (2019). *gps visualizer*. <https://www.gpsvisualizer.com/>
- Aji, S. A. B., Fatkhurrozi, B., & Nawawi, I. (2020). Detektor Kondisi Pendaki Gunung Berbasis Arduino Uno. ... " *Seminar Nasional Riset*
<https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/senaster/article/view/2616%0Ahttps://jurnal.untidar.ac.id/index.php/senaster/article/download/2616/1499>
- Antonio, A. D., Monz, C. A., Crabb, B., Baggio, J. A., & Howe, P. D. (2022). Proof of concept study using GPS-based tracking data to build agent-based models of visitors' off-trail behavior in nature-based tourism settings. *Applied Geography*, 147(July 2021), 102771. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102771>
- APRILIANI, I. M. (2018). Pembekalan Teknologi Global Positioning System (Gps) Sebagai Alat Bantu Operasi Penangkapan Ikan Di Pangandaran. *Dharmakarya*, 7(3), 213–215. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v7i3.19733>
- Azhar, N. W., & Ramadhani, A. (2023). Rancang Bangun Soul Tracking Mobile Junction (STMJ) Sebagai Alat Pemantau Koordinat Penjelajah di Alam Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 5(1), 45–56. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/ELKOM/article/view/7660>
- BAPPEDA NTB. (2013). Pengantar ArcGIS 10. In *Modul ArcGIS 10 Dasar* (p. 3).
- Cai, C., van Riper, C. J., Johnson, D., Stewart, W., Raymond, C. M., Andrade, R., Goodson, D., & Keller, R. (2023). Integrating social values with GPS tracks through Denali National Park and Preserve. *Applied Geography*, 155(March), 102958. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102958>
- Chengdu. (2018). *E22-900T22D User Manual*.
- D'Antonio, A., Monz, C. A., Crabb, B., Baggio, J. A., & Howe, P. D. (2022). Proof of concept study using GPS-based tracking data to build agent-based models of visitors' off-trail behavior in nature-based tourism settings. *Applied Geography*, 147(August), 102771. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102771>
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(2), 21–27. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Firmansyah, M. S. R. (1967). Analisis Parameter Lora Pada Lingkungan Outdoor.

- Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24.
- Gebauer, H., Saul, C. J., Haldimann, M., & Gustafsson, A. (2017). Organizational capabilities for pay-per-use services in product-oriented companies. *International Journal of Production Economics*, 192(November 2015), 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.007>
- Gunawan, I., Sadali, M., Suhartini, S., & Fathurrahman, I. (2022). Perancangan Alat Dan Sistem Pemantauan Pendaki Gunung Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Teknik Informasi Dan Komputer (Tekinkom)*, 5(2), 239. <https://doi.org/10.37600/tekinkom.v5i2.589>
- HIGUCHI, T. (2021). Persepsi Risiko Keselamatan dalam Kegiatan Pendakian Gunung The. *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, 87(12), 947–947. <https://doi.org/10.2493/jjspe.87.947>
- Karim, S., Hasanuddin, Z., & Baharuddin, M. (2019). Pengaruh Sinyal Terima Gps Untuk Aplikasi Land Mobile Satelit Pada Wilayah Urban Dan Sub Urban. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 11(01), 1531–1535. <https://doi.org/10.47398/iltek.v11i01.75>
- Kehutanan, K. L. H. dan. (2022). *Sidaring Versi 2*. Direktorat Jendral Konservasi Sumber Daya Alam Dan Ekosistem. <https://ksdae.menlhk.go.id/artikel/11610/SIDARING-Versi-2-Resmi-Meluncur.html>
- Kosmaryandi, N., Basuni, S., Prasetyo, L. B., & Adiwibowo, S. (2012). New idea for national park zoning system: A synthesis between biodiversity conservation and customary community's tradition. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 18(2), 69–77. <https://doi.org/10.7226/jtftm.18.2.69>
- Kunisada, Y., & Premachandra, C. (2022). High Precision Location Estimation in Mountainous Areas Using GPS. *Sensors*, 22(3). <https://doi.org/10.3390/s22031149>
- Lars dan Jens Eilstrup Rasmussen. (2024). *google maps*. www.google.com/maps/
- Manullang, J., Santoso, A. J., & Emanuel, A. W. R. (2020). Prediksi Kunjungan Wisatawan Taman Nasional Gunung Merbabu dengan Time Series Forecasting dan LSTM. *Jurnal Buana Informatika*, 11(2), 132–140. <https://doi.org/10.24002/jbi.v11i2.3825>
- Merbabu, G. (2019). *Manfaat Ekonomi Wisata Pendakian Bagi Masyarakat Lokal dan Kelestarian Taman Nasional Gunung Merbabu*.
- Module, L. W. (n.d.). *E22-400TXXX Data Sheet*.
- Nasution, M. A. (M). (2019). Pertanggungjawaban Pidana Bagi Pelaku Penggunaan Frekuensi Radio Tanpa Izin Berdasarkan Undang-Undang Nomor 36 Tahun 1999 Tentang Telekomunikasi. *Warta Dharmawangsa*, 59, 290572.

- Nugraha, Y. P. (2022). *Aspek Keamanan Dan Keselamatan (Studi Kasus Kabupaten Gunung Kidul) Aspek Keamanan Dan Keselamatan (Studi Kasus Kabupaten Gunung Kidul)*.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/41011%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/41011/15523063.pdf?sequence=1>
- Nur, Azhar, W., Andhika, R., & Waluyo, R. (2023). Rancang Bangun Soul Tracking Mobile Junction (STMJ) Sebagai Alat Pemantau Koordinat Penjelajah di Alam Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 5, 45–56.
- Park, T. N., Taczanowska, K., & Muhar, A. (2018). *Application of GPS tracking for monitoring spatially unconstrained outdoor recreational activities in protected areas – A case study of ski touring in the.* 96(January), 51–65.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.05.008>
- Pendidikan, K., Kebudayaan, D. A. N., Brawijaya, U., Teknik, F., & Elektro, J. T. (2021). *Analisis Tingkat Akurasi Implementasi Metode Great Circle Distance GPS Ublox Neo-6M Pada Sistem Pelacakan Dan Deteksi Sepeda Motor Dari Pencurian.*
- Primanda, A., & Maftuh, L. O. S. (2022). PERANCANGAN MEDIA INFORMASI UNTUK PENDAKI GUNUNG PEMULA (Studi Kasus: Jawa Barat). *Jurnal Visualaras*, 1(1), 1–11.
- Pulungan, F. A., Yoshua, B. A., Harahap, I., Nugrahadi, E. W., & Rinaldi, M. (2024). Peranan Penerimaan Negara Bukan Pajak Dalam Pendapatan dan Belanja Negara. *MANTAP: Journal of Management Accounting, Tax and Production*, 2(1), 169–176.
<https://doi.org/10.57235/mantap.v2i1.1599>
- Silitonga, O., & Hasti, N. (2020). Sistem informasi rental mobil berbasis website. *Jurnal Teknologika*.
<https://jurnal.wastukencana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/93%0Ahttps://jurnal.wastukencana.ac.id/index.php/teknologika/article/download/93/71>
- Stamberger, L., van Riper, C. J., Keller, R., Brownlee, M., & Rose, J. (2018). A GPS tracking study of recreationists in an Alaskan protected area. *Applied Geography*, 93(February), 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.011>
- Suhairi. (2022). Persepsi Model Bisnis Perkembangan Kolaborasi Masa Depan. *Jurnal Ekonomi Bisnis*, 9(1), 311–320. <https://media.neliti.com/media/publications/394567-none-da5642da.pdf>
- Sulistiwati, M. (2013). Penerapan Prinsip Lisensi dalam Pemberian Izin Penyelenggaraan Layanan Publik. *Mimbar Hukum - Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 24(3),

431. <https://doi.org/10.22146/jmh.16113>

- Taczanowska, K., González, L. M., Garcia-Massó, X., Muhar, A., Brandenburg, C., & Toca-Herrera, J. L. (2014). Evaluating the structure and use of hiking trails in recreational areas using a mixed GPS tracking and graph theory approach. *Applied Geography*, *55*, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.09.011>
- U-blox. (2017). NEO-6 u-blox 6 GPS Modules. *Www.U-Blox.Com*, 25. [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf)
- Uditama, F. P., Primananda, R., & Data, M. (2018). Perancangan Aplikasi Pemantauan Pendaki Gunung Menggunakan Wireless Network Dengan Protokol MQTT. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya e-ISSN : 2548-964X*, *2 No 5(5)*, 2102–2108. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Waqar, A., Ahmad, I., Habibi, D., & Phung, Q. V. (2021). Analysis of GPS and UWB positioning system for athlete tracking. *Measurement: Sensors*, *14*(June 2020), 100036. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2020.100036>
- Yunus, D. R., & Muhajirin, M. (2023). Pengaruh Revenue Sharing Dan Pembiayaan Ijarah Terhadap Profitabilitas (Roa) Bank Syariah Indonesia Kantor Cabang Kota Bandung Periode 2021-2022. *An Nawawi*, *3(2)*, 63–78. <https://doi.org/10.55252/annawawi.v3i2.35>

LAMPIRAN 1

Pertanyaan Wawancara Pengumpulan Data

Kriteria	Jumlah	Pertanyaan Untuk Pendaki
Pengalaman Pendakian	p1	Apakah saudara pernah mendaki gunung?
	p2	Berapa kali saudara melakukan pendakian gunung dalam setahun?
	p3	Apa tujuan utama saudara ketika mendaki gunung?
Kepatuhan terhadap peraturan pendakian	p1	Menurut saudara, apakah penting untuk mengikuti aturan pendakian yang telah ditetapkan? Mengapa?
	p2	Pernahkah saudara melihat pendaki lain yang melanggar aturan di gunung? Bagaimana respons saudara terhadap hal itu?
	p3	Apakah ada sanksi yang menurut saudara perlu diterapkan untuk pelanggaran aturan pendakian?
Penyebab kecelakaan di gunung	p1	Apa yang menurut saudara menjadi penyebab utama kecelakaan di gunung?
	p2	Apakah faktor cuaca berperan dalam terjadinya kecelakaan saat pendakian? Jika ya, bagaimana pendaki sebaiknya mengantisipasinya?
	p3	Apa yang bisa dilakukan oleh pendaki untuk mengurangi risiko kecelakaan selama pendakian?
Pengalaman sistem layanan pendakian	p1	Apakah saudara tahu tentang alat-alat monitoring pendaki, seperti GPS atau alat pelacak lainnya?
	p2	Apakah saudara merasa lebih aman ketika menggunakan alat monitoring seperti GPS atau RFID selama pendakian?
	p3	Sejauh ini, apakah saudara pernah mengalami situasi darurat yang bisa dihindari jika menggunakan alat monitoring pendaki?
Pandangan terhadap sistem monitoring pendaki	p1	Apakah saudara merasa sistem monitoring dengan RFID akan meningkatkan keselamatan selama pendakian? Mengapa?
	p2	Bagaimana pendapat saudara jika sistem monitoring RFID dapat memberi tahu petugas atau tim SAR jika seorang pendaki tersesat atau mengalami kecelakaan?
	p3	Apa saja kekurangan atau tantangan yang saudara lihat terkait penggunaan gelang RFID untuk monitoring pendaki di gunung?

Kriteria	Jumlah	Pertanyaan Untuk Pihak Pengelola
Kunjungan pendaki dan dampaknya	p1	Apakah ada tren musiman dalam jumlah kunjungan pendaki ke Gunung Merbabu?
	p2	Sejauh mana kontribusi pendaki terhadap perekonomian lokal di sekitar Gunung Merbabu?
	p3	Bagaimana cara Taman Nasional Gunung Merbabu mengelola kapasitas pendaki untuk menjaga kelestarian alam?

Kendala dan upaya penanganan	p1	Bagaimana kondisi cuaca mempengaruhi pendakian dan keselamatan pendaki di Gunung Merbabu?
	p2	Apakah ada kekurangan fasilitas atau infrastruktur yang mempengaruhi pengalaman pendaki?
	p3	Apakah langkah-langkah yang diambil oleh petugas untuk memberikan edukasi dan meningkatkan kesadaran pendaki mengenai keselamatan?
Sistem monitoring dan teknologi	p1	Apakah saja keuntungan penggunaan teknologi RFID dibandingkan sistem monitoring tradisional?
	p2	Apakah sistem monitoring menggunakan gelang RFID dapat membantu dalam pelaporan kecelakaan atau keadaan darurat?
	p3	Apakah ada rencana untuk mengintegrasikan sistem RFID dengan aplikasi mobile atau sistem lain untuk memudahkan pemantauan pendaki secara real-time?

LAMPIRAN 2

Pertanyaan Wawancara Evaluasi Monitoring

Kriteria	Jumlah	Pertanyaan Untuk Pendaki
Pengalaman Pengguna	p1	Apakah Anda merasa terbantu dengan adanya sistem monitoring ini selama pendakian?
	p2	Bagaimana kemudahan penggunaan perangkat monitoring ini?
Keamanan dan kenyamanan	p1	Apakah sistem ini memberikan rasa aman selama pendakian?
	p2	Apakah sistem ini mengganggu pengalaman mendaki atau justru meningkatkan kenyamanan?
Efektivitas dalam Keadaan Darurat	p1	Apakah fitur pemantauan lokasi dan peringatan darurat bekerja dengan baik?
	p2	Jika terjadi kondisi darurat, apakah Anda merasa sistem ini dapat membantu dalam mendapatkan bantuan lebih cepat?
Saran dan Masukan	p1	Apa kendala atau kekurangan yang Anda rasakan saat menggunakan sistem ini?
	p2	Menurut Anda, fitur apa yang perlu ditambahkan atau ditingkatkan agar sistem lebih optimal?
	p3	Apakah Anda merekomendasikan penggunaan sistem ini untuk pendakian berikutnya?

Kriteria	Jumlah	Pertanyaan Untuk Pengelola
Pengenalan Sistem	p1	Apakah Anda sudah memahami cara kerja sistem monitoring pendaki ini?
	p2	Bagaimana pendapat Anda mengenai konsep sistem ini dalam meningkatkan keamanan pendaki?
Efektivitas dan Keandalan	p1	Apakah sistem ini membantu dalam memantau pergerakan pendaki secara real-time?
	p2	Bagaimana tingkat akurasi data lokasi yang ditampilkan oleh sistem?
	p3	Apakah sistem ini dapat memberikan peringatan dini jika terjadi keadaan darurat?
Dampak terhadap Manajemen Pendakian	p1	Apakah sistem ini memudahkan pengelola dalam mengawasi jumlah dan posisi pendaki?
	p2	Apakah sistem ini mengurangi risiko kecelakaan atau keterlambatan dalam penanganan insiden?
	p3	Apakah ada kendala teknis atau operasional dalam penggunaan sistem ini?
Saran dan Pengembangan	p1	Apa fitur tambahan yang menurut Anda bisa ditambahkan untuk meningkatkan efektivitas sistem?
	p2	Apakah sistem ini layak diterapkan secara permanen di jalur pendakian? Jika tidak, mengapa?

LAMPIRAN 3

Hasil Wawancara Pengumpulan Data

Kriteria	Jumlah	Jawaban Pendaki
Pengalaman Pendakian	p1	Ya, saya pernah mendaki gunung dengan tingkat kesulitan yang tinggi, seperti Gunung Rinjani
	p2	Saya biasanya mendaki sekitar 3-4 kali dalam setahun, tergantung waktu dan kondisi cuaca.
	p3	Tujuan utama saya adalah mencari tantangan dan menikmati keindahan alam
Kepatuhan terhadap peraturan pendakian	p1	Sangat penting. Aturan dibuat untuk menjaga keselamatan pendaki dan kelestarian alam. Jika tidak diikuti, risiko kecelakaan meningkat, dan bisa merusak lingkungan sekitar.
	p2	Pernah. Saya pernah melihat pendaki yang tidak membawa peralatan yang tepat atau tidak mengikuti jalur yang aman. Saya biasanya mengingatkan mereka dengan sopan, tapi kalau mereka tidak menghiraukan, saya cenderung menghindari mereka demi keselamatan saya sendiri.
	p3	Ya, sanksi perlu diterapkan, seperti larangan untuk melanjutkan pendakian atau denda, agar pendaki lain belajar untuk lebih berhati-hati
Penyebab kecelakaan digunung	p1	Kecelakaan biasanya disebabkan oleh kelalaian, seperti tidak memperhatikan cuaca, tidak mempersiapkan fisik dengan baik, atau kurangnya pengetahuan tentang rute yang akan ditempuh.
	p2	Cuaca sangat berpengaruh. Jika tiba-tiba cuaca buruk, bisa menyebabkan tergelincir atau tersesat. Pendaki sebaiknya memeriksa prakiraan cuaca sebelum berangkat dan membawa perlengkapan yang sesuai untuk segala kondisi cuaca
	p3	Pendaki harus mempersiapkan diri dengan baik, mengikuti aturan pendakian, membawa perlengkapan yang tepat, serta selalu menjaga komunikasi dengan tim atau petugas di base camp.
Pengalaman sistem layanan pendakian	p1	Saya tahu, dan beberapa kali menggunakan GPS untuk membantu menentukan posisi dan memastikan saya tidak tersesat di jalur yang benar.
	p2	Ya, saya merasa lebih aman karena bisa dengan mudah melacak posisi dan menghindari jalur yang berbahaya
	p3	Pernah sekali saya hampir tersesat di jalur yang kabur dan minim petunjuk.

Pandangan terhadap sistem monitoring pendaki	p1	Saya rasa sistem monitoring RFID akan sangat berguna untuk meningkatkan keselamatan, karena bisa melacak keberadaan pendaki
	p2	Itu sangat membantu. Sistem seperti itu bisa mempercepat penanganan dalam situasi darurat, sehingga tim SAR bisa segera mengetahui lokasi pendaki dan memberikan bantuan.
	p3	Kekurangannya mungkin terkait dengan keterbatasan jaringan atau sinyal di area gunung yang terpencil, sehingga perangkat RFID tidak selalu berfungsi dengan optimal. Selain itu, biaya untuk implementasi sistem seperti itu bisa cukup tinggi

Kriteria	Jumlah	Jawaban Pihak Pengelola
Kunjungan pendaki dan dampaknya	p1	Ya, jumlah pendaki Gunung Merbabu terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dipengaruhi oleh semakin populernya Gunung Merbabu sebagai destinasi pendakian, baik oleh pendaki lokal maupun mancanegara."
	p2	Pendaki memberikan dampak ekonomi yang cukup besar bagi masyarakat sekitar, terutama bagi penyedia jasa pemandu, porter, warung makan, serta penyewaan peralatan pendakian.
	p3	Kami menerapkan sistem kuota harian bagi pendaki untuk membatasi jumlah orang yang naik gunung, sehingga ekosistem tetap terjaga dan dampak lingkungan bisa diminimalisir
Kendala dan upaya penanganan	p1	Kami selalu memberikan pembaruan informasi cuaca melalui media sosial dan petugas di basecamp agar pendaki dapat mempersiapkan diri dengan baik sebelum berangkat
	p2	Kami terus melakukan evaluasi dan peningkatan fasilitas secara bertahap, seperti memperbaiki jalur yang rusak dan menambah pos pemantauan di beberapa titik strategis.
	p3	Kami memberikan briefing wajib sebelum pendakian untuk memastikan semua pendaki memahami jalur, aturan keselamatan, serta prosedur darurat jika terjadi hal yang tidak diinginkan
Sistem monitoring dan teknologi	p1	Dibandingkan metode tradisional seperti pencatatan manual di pos pendakian, RFID lebih akurat dan memudahkan pencarian jika ada pendaki yang hilang atau tersesat.
	p2	Ya, sistem RFID membantu kami mengidentifikasi lokasi terakhir pendaki yang mengalami masalah, sehingga tim SAR bisa segera merespons dengan lebih cepat dan tepat.

	p3	Kami juga berencana menambahkan fitur notifikasi darurat, sehingga pendaki dapat mengirimkan sinyal bantuan langsung ke petugas jika mereka menghadapi masalah di jalur pendakian.
--	-----------	--

LAMPIRAN 4

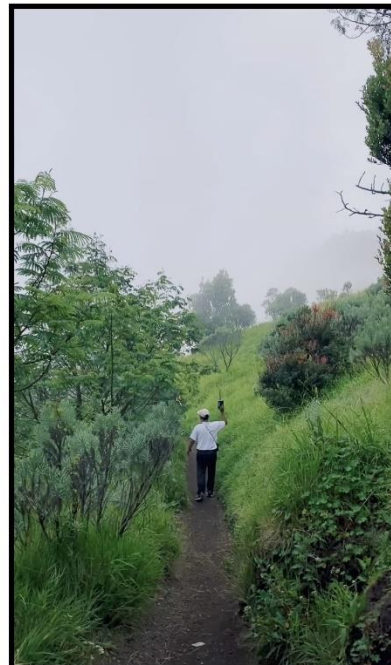
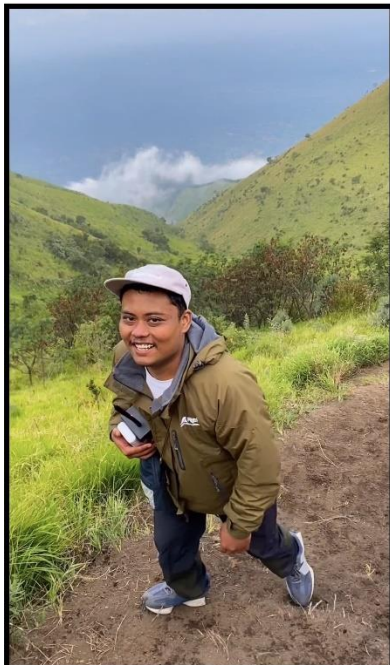
Hasil Wawancara Evaluasi Monitoring

Kriteria	Jumlah	Jawaban Pendaki
Pengalaman Pengguna	p1	Ya, sangat membantu terutama dalam navigasi dan keselamatan.
	p2	Cukup mudah digunakan dan tidak mengganggu perjalanan.
Keamanan dan kenyamanan	p1	Ya, karena saya tahu jika terjadi sesuatu, lokasi saya bisa dilacak.
	p2	Sedikit mengganggu karena harus sering diperiksa dan diisi ulang baterainya.
Efektivitas dalam Keadaan Darurat	p1	Kurang responsif di daerah yang jauh dari pos pemantauan.
	p2	Ya, karena lokasi saya bisa dilihat oleh tim penyelamat dengan cepat.
Saran dan Masukan	p1	Daya tahan baterai kurang lama dan perlu power bank tambahan.
	p2	Fitur cuaca real-time dan jalur evakuasi.
	p3	Ya, karena menambah faktor keamanan selama perjalanan.

Kriteria	Jumlah	Jawaban pihak pengelola
Pengenalan Sistem	p1	Ya, sistem ini cukup mudah dipahami dan memiliki petunjuk yang jelas.
	p2	Masih perlu perbaikan dalam keakuratan lokasi dan daya tahan perangkat di kondisi ekstrem.
Efektivitas dan Keandalan	p1	Ya, data lokasi cukup akurat dan mudah diakses
	p2	Cukup akurat, hanya ada sedikit deviasi dalam kondisi tertentu.
	p3	sistem dapat mengirim notifikasi ke pusat pemantauan jika ada pergerakan tidak normal atau tombol darurat ditekan
Dampak terhadap Manajemen Pendakian	p1	Sangat membantu, terutama saat jumlah pendaki tinggi.
	p2	Ya, pencarian pendaki yang tersesat bisa lebih cepat dilakukan.
	p3	Beberapa, seperti keterbatasan daya baterai perangkat dan jangkauan sinyal di beberapa area.
Saran dan Pengembangan	p1	Fitur komunikasi dua arah antara pendaki dan pengelola untuk keadaan darurat.
	p2	Belum, perlu uji coba lebih lanjut sebelum diterapkan secara luas.

LAMPIRAN 5

Dokumentasi Penelitian



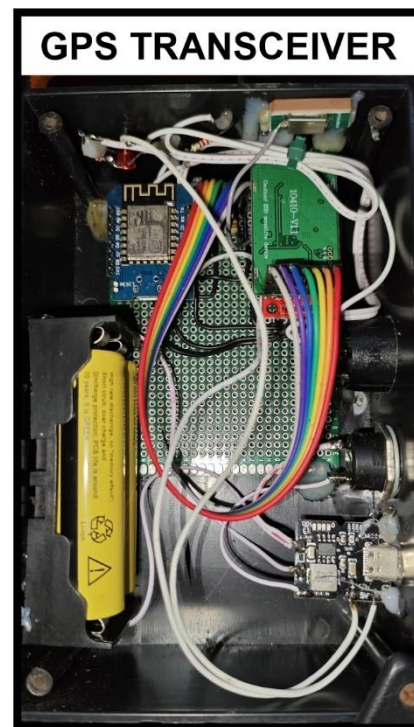
Dokumentasi : Implementasi Mt Merbabu dan Wawancara di (TNGMB)

LAMPIRAN 6

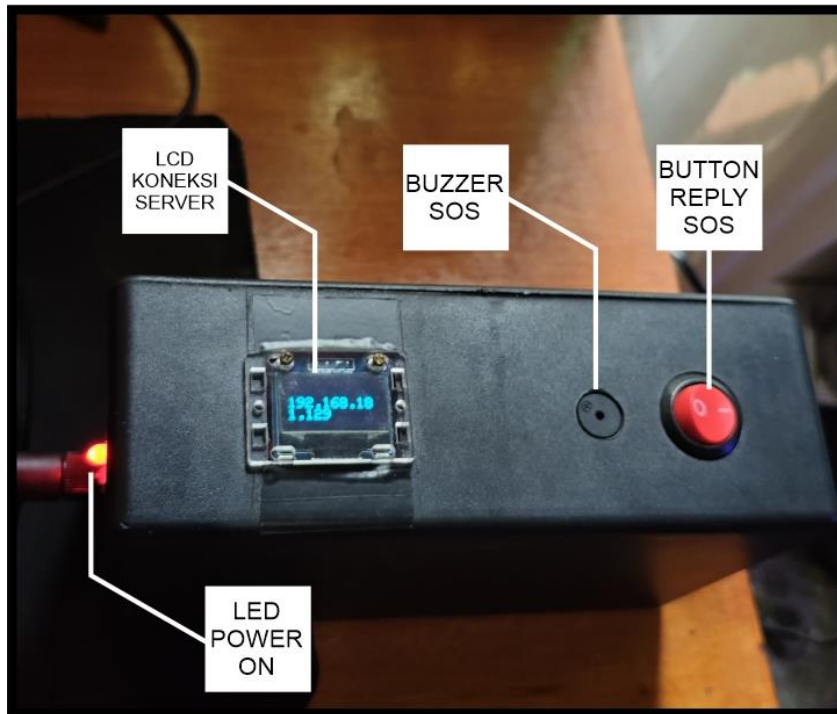
Dokumentasi Alat



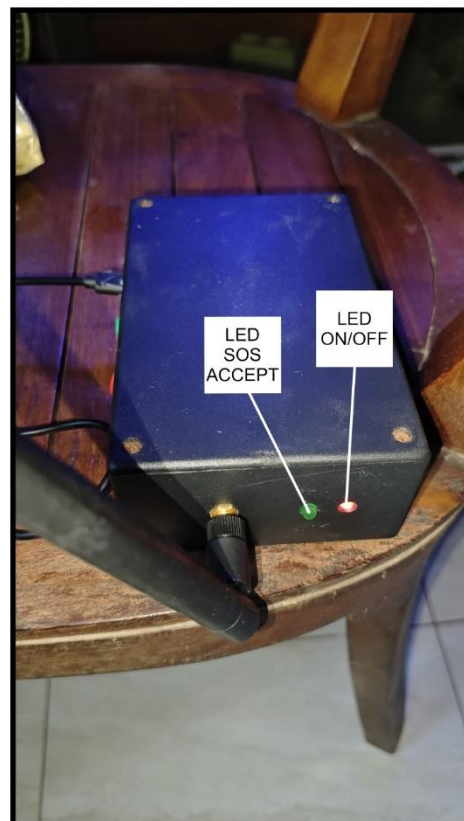
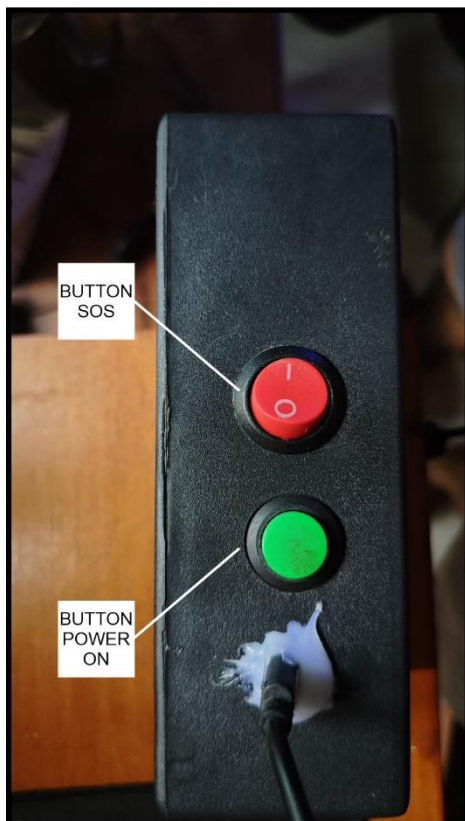
Dokumentasi : Tampilan Alat GPS dan Alat Base Receiver



Dokumentasi : Komponen Alat Monitoring



Dokumentasi : Fitur Base Receiver



Dokumentasi : Fitur GPS Transceiver