

**RANCANG BANGUN SISTEM PEREKAMAN RUTE JALUR ALAM
MENGUNAKAN MODUL GPS DAN *MICROSD*
DALAM FORMAT DATA *KEYHOLE MARKUP LANGUAGE***

(Skripsi)

Oleh:

NATANAEL ALFA PUTRA PARDAMEAN SIHOMBING



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PEREKAMAN RUTE JALUR ALAM MENGUNAKAN MODUL GPS DAN *MICROSD* DALAM FORMAT DATA *KEYHOLE MARKUP LANGUAGE*

Oleh:

NATANAEL ALFA PUTRA PARDAMEAN SIHOMBING

Indonesia memiliki kekayaan alam yang luar biasa, namun banyak wilayah alam yang sulit diakses akibat minimnya informasi navigasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat perekaman rute perjalanan alam menggunakan modul GPS U-Blox NEO-M8N, modul *microSD*, dan mikrokontroler ESP32, yang mampu merekam data koordinat secara *offline*, menyimpannya dalam format data *Keyhole Markup Language* (KML), serta memungkinkan visualisasi rute di *Google Earth* dengan penyertaan *Point of Interest* (POI) untuk menandai lokasi penting sepanjang rute. Pengujian dilakukan di dua kondisi medan berbeda, yaitu medan tertutup (jalur yang dikelilingi oleh pepohonan tinggi) dan medan terbuka (jalur terbuka tanpa hambatan pepohonan). Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini berhasil merekam rute perjalanan alam dengan tingkat akurasi sebesar 93,09% pada medan terbuka dan 71,22% pada medan tertutup, dengan penyimpangan koordinat rata-rata sebesar 1,2 meter pada medan terbuka dan 2,8 meter pada medan tertutup. Selain itu, sistem ini juga memiliki efisiensi penyimpanan yang baik, dengan rata-rata penggunaan memori sebesar 0,030 kB per titik koordinat.

Kata Kunci: Penjelajah Alam, GPS U-Blox NEO-M8N, ESP32, *microSD*, *Keyhole Markup Language* (KML), *Google Earth*, *Point of Interest* (POI).

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A ROUTE RECORDING SYSTEM FOR NATURAL TRAILS USING GPS AND MICROSD MODULES IN KEYHOLE MARKUP LANGUAGE FORMAT

By:

NATANAEL ALFA PUTRA PARDAMEAN SIHOMBING

Indonesia is a country blessed with extraordinary natural wealth, yet many natural areas remain difficult to access due to limited navigation information. This research aims to design a route recording device for natural trails using the GPS U-Blox NEO-M8N module, microSD module, and ESP32 microcontroller. The system is capable of recording coordinate data offline, storing it in Keyhole Markup Language (KML) format, and enabling route visualization in Google Earth, with the inclusion of Point of Interest (POI) to mark significant locations along the route. Testing was conducted in two different environmental conditions: forested terrain (trails surrounded by tall trees) and open terrain (trails free from tree obstructions). The results showed that the device successfully recorded natural trail routes with an accuracy level of 93.09% in open terrain and 71.22% in forested terrain, with average coordinate deviations of 1.2 meters in open terrain and 2.8 meters in forested terrain. Additionally, the system demonstrated high storage efficiency, with an average memory usage of 0.030 kB per coordinate point.

Keywords: Natural Trail Explorer, GPS U-Blox NEO-M8N, ESP32, microSD, Keyhole Markup Language (KML), Google Earth, Point of Interest (POI).

**RANCANG BANGUN SISTEM PEREKAMAN RUTE JALUR ALAM
MENGUNAKAN MODUL GPS DAN *MICROSD*
DALAM FORMAT DATA *KEYHOLE MARKUP LANGUAGE***

Oleh:

NATANAEL ALFA PUTRA PARDAMEAN SIHOMBING

(Skripsi)

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2025

Judul Skripsi

: **RANCANG BANGUN SISTEM PEREKAMAN
RUTE JALUR ALAM MENGGUNAKAN
MODUL GPS DAN *MICROSD* DALAM
FORMAT DATA *KEYHOLE MARKUP
LANGUAGE***

Nama Mahasiswa

: **Natanael Alfa Putra P. S.**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015031055

Program Studi

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik





Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002



Dr. Eng. F. X. Arinto S., S.T., M.T.
NIP 19691219 199903 1 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001


Sumadi, S.T., M.T.
NIP 19731104 200003 1 001

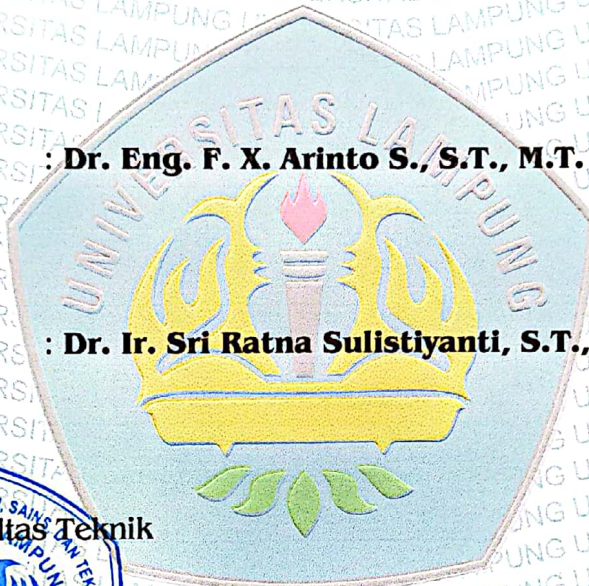
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

Sekretaris : Dr. Eng. F. X. Arinto S., S.T., M.T.

Penguji : Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Januari 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Perekaman Rute Jalur Alam Menggunakan Modul GPS dan *microSD* dalam Format Data *Keyhole Markup Language*” tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Sepanjang pengetahuan saya, karya ini juga belum pernah diterbitkan oleh pihak lain, kecuali yang secara tertulis telah dicantumkan dan diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Januari 2025



Natanael Alfa Putra Pardamean Sihombing
NPM. 2015031055

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung pada 25 Maret 2002. Penulis adalah anak sulung dari tiga bersaudara, putra pasangan T.H. Sihombing/br. Simanjuntak. Penulis memulai pendidikan di TK Sejahtera IV pada tahun 2006, dan melanjutkan ke SD Sejahtera IV dan lulus pada tahun 2014. Lalu, pendidikan menengah pertama ditempuh di SMP Fransiskus Tanjungkarang, lulus pada tahun 2017, dan pendidikan menengah atas diselesaikan di SMA Fransiskus Bandar Lampung pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (Himatro Unila), khususnya di Departemen Sosial dan Kewirausahaan pada periode 2021-2022. Penulis pernah menjabat sebagai Koordinator Kesekretariatan dalam Musyawarah Besar Himatro Unila pada tahun 2020 dan kembali dipercaya sebagai Koordinator Kesekretariatan pada kegiatan *Electrical Engineering in Action* (EEA) tahun 2023. Dalam bidang akademik, penulis memilih konsentrasi Elektronika dan Kendali sebagai fokus keilmuan. Penulis juga memiliki pengalaman magang selama satu semester di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), dan mendalami pengetahuan terkait sistem pengisian daya kendaraan listrik (*charging electric vehicle*).

Dengan ketekunan dan berkat izin Tuhan, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis berharap karya ini menjadi awal yang baik dan memberikan manfaat bagi dunia pendidikan serta kehidupan umat manusia.

PERSEMBAHAN

Di dalam kerendahan hati, Puji Syukur kupanjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus,
atas perlindungan-Nya, aku dapat hidup hingga saat ini.

Karya ini aku persembahkan kepada:

ayah dan ibu tercinta

Tumpal Hamonangan Sihombing dan Tio Roma Simanjuntak

serta adik-adik terkasih

Jonathan Sihombing dan Angelica Sihombing

Hanya Tuhan yang tahu, betapa aku menghormati dan menyayangi kalian.

Terima kasih kuucapkan, tanggung jawab ini tunai terbayarkan.

MOTTO

“Aku mau hidup seribu tahun lagi”

SANWACANA

Kiranya segala makhluk yang bernafas, selalu ingat untuk mengucap syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Begitu juga untuk penulis, agar selalu ingat berterimakasih kepada Sang Pencipta, berkat kasih dan anugerah-Nya penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Perekaman Rute Jalur Alam Menggunakan Modul GPS dan *microSD* dalam Format Data *Keyhole Markup Language*”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak ilmu, pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A, IPM. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung, dan sekaligus dosen Pembimbing Utama yang telah mendidik dan membimbing penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Eng. Endah Komalasari, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik, yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
6. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan S.T., M.T. selaku selaku Pembimbing Pendamping tugas akhir, yang telah membantu, membimbing, dan memberi dukungan kepada penulis.
7. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T. selaku Penguji Utama yang telah memberikan koreksi, kritik, dan saran untuk kemajuan dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Orang tua dan keluarga yang telah mengasih, mengasah, dan mengasuh penulis sehingga menjadi pribadi yang dapat sampai pada titik ini.
9. Bou Duma, Bou Tiur, Bou Ida, Uda, dan Nanguda Jerico yang selalu memberikan semangat dan motivasi bagi penulis.
10. Adik-adik penulis, Jonathan, Angel, Jerico, Gio, dan Abi yang menjadi tempat bercerita dan bertukar pikiran, serta memberikan keceriaan kepada penulis.
11. Bang Maher Pardede dan Bang Yosafat Hasibuan, yang telah membagikan pengetahuan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
12. Kakak, abang, serta teman-teman pelayanan di Gereja HKBP Kedaton, yang juga memberikan motivasi kepada penulis.
13. Bagus Hendrawan, Hafizh Jhumhur, I Ketut Agung, Amal Hidayat, Ahmad Fathul, Fadhil Agusri, Yudha Nugraha, dan Dian NurBudi Leksono selaku rekan kuliah yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
14. Priskila Jely yang telah membantu penulis untuk mengecek format penulisan.
15. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (Himatro Unila) atas segala pengalaman yang sangat berharga.
16. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyatakan bahwa skripsi ini berisi pengetahuan dan hasil penelitian yang dapat membantu para pembaca. Namun, penulis juga merendahkan diri dan menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan, baik dalam materi maupun cara penulisan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca guna perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 23 Januari 2025

Penulis,



Natanael Alfa Putra Pardamean Sihombing

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Hipotesis Penelitian.....	5
1.7. Sistematika Penulisan.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Penjelajah Alam	7
2.3. GPS (<i>Global Positioning System</i>)	8

2.4.	<i>Google Earth</i>	10
2.5.	GPS U-BLOX NEO-M8N	11
2.6.	Mikrokontroler ESP32	12
2.7.	Modul <i>microSD</i>	13
2.8.	<i>Tactile Switch Push Button</i>	14
2.9.	LED	14
2.10.	Resistor.....	15
2.11.	<i>Power Bank</i>	16
2.12.	<i>Arduino IDE</i>	17
2.13.	KML (<i>Keyhole Markup Language</i>).....	18
III.	METODE PENELITIAN	20
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2.	Alat dan Bahan.....	22
3.3.	Spesifikasi Alat dan Bahan.....	23
3.4.	Prosedur Penelitian.....	24
3.5.	Perancangan Alat.....	25
3.5.1.	Diagram Blok Alat	25
3.5.2.	Diagram Alir Perancangan Alat	26
3.6.	Pengujian Sistem.....	27
3.7.	Perhitungan Tingkat Akurasi Perekaman Modul GPS	28
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1.	Realisasi Rancang Bangun Alat	30
4.2.	Pengujian <i>Tactile Switch Push Button</i>	32
4.3.	Pengujian Modul <i>microSD</i>	33
4.4.	Pengujian Modul GPS U-BLOX NEO-M8N.....	34
4.5.	Pengujian Sistem Perekaman Rute Jalur Alam	41
4.5.1.	Format Data <i>Keyhole Markup Language</i>	41
4.5.2.	Visualisasi Rute Perekaman dan POI pada <i>Google Earth</i>	43
4.5.2.1.	Visualisasi Rute Menuju Lokasi Air Terjun Lubuk Law.....	44
4.5.2.2.	Visualisasi Rute Menuju Lokasi Air Terjun Sinar Tiga.....	47
4.5.3.	Pengujian Tingkat Akurasi Perekaman	50
4.5.3.1.	Akurasi Perekaman di Lokasi Air Terjun Lubuk Law	50

4.5.3.2. Akurasi Perekaman di Lokasi Air Terjun Sinar Tiga	53
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	62
A. Perbandingan Koordinat Hasil Perekaman dengan Koordinat Referensi <i>Google Earth</i> pada Pengujian Pertama Modul GPS	
B. Perbandingan Koordinat Hasil Perekaman dengan Koordinat Referensi <i>Google Earth</i> pada Pengujian Kedua Modul GPS	
C. Pemrograman Sistem Perekaman Perekaman Rute Jalur Alam menggunakan Modul GPS dan <i>microSD</i>	
D. Perbandingan Koordinat Hasil Perekaman dengan Koordinat Referensi <i>Google Earth</i> pada Pengujian melalui Rute Air Terjun Lubuk Law	
E. Perbandingan Koordinat Hasil Perekaman dengan Koordinat Referensi <i>Google Earth</i> pada Pengujian Rute Air Terjun Sinar Tiga	
F. Perhitungan Tingkat Akurasi Modul GPS pada Pengujian Pertama	
G. Perhitungan Tingkat Akurasi Modul GPS pada Pengujian Kedua	
H. Perhitungan Tingkat Akurasi Modul GPS di Lokasi Air Terjun Lubuk Law	
I. Perhitungan Tingkat Akurasi Modul GPS di Lokasi Air Terjun Sinar Tiga	
J. Perhitungan Rata-Rata Ukuran <i>File</i> KML per Titik Koordinat	
K. Perhitungan Rata-Rata Penyimpangan antara Data Koordinat Hasil Perekaman dengan Koordinat Referensi <i>Google Earth</i>	
L. Rincian Biaya Pembuatan Perangkat	
M. Panduan Pengoperasian Sistem	
N. Dokumentasi Pengambilan Data pada Pengujian Alat melalui Rute Air Terjun Lubuk Law	
O. Dokumentasi Pengambilan Data pada Pengujian Alat melalui Rute Air Terjun Sinar Tiga	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Penjelajah Alam.....	8
Gambar 2.2. Cara Kerja Sistem GPS	9
Gambar 2.3. Tampilan Muka <i>Google Earth</i>	10
Gambar 2.4. GPS U-Blox NEO-M8N.....	11
Gambar 2.5. Mikrokontroler ESP32	12
Gambar 2.6. Modul <i>microSD</i>	13
Gambar 2.7. <i>Tactile Switch Push Button</i>	14
Gambar 2.8. <i>Light Emitting Diode</i>	15
Gambar 2.9. Resistor.....	16
Gambar 2.10. <i>Power Bank</i>	16
Gambar 2.11. <i>Sketch Editor Arduino IDE</i>	17
Gambar 2.12. <i>Sketch Editor KML</i>	19
Gambar 3.1. Kondisi Rute Perjalanan Menuju Air Terjun Lubuk Law.	20
Gambar 3.2. Kondisi Rute Perjalanan Menuju Air Terjun Sinar Tiga.	21
Gambar 3.3. Prosedur Penelitian.....	24
Gambar 3.4. Diagram Blok Alat	25
Gambar 3.5. Diagram Alir Perancangan Alat.....	26
Gambar 4.1. Diagram Pengawatan Rancang Bangun Alat	30
Gambar 4.2. Realisasi Rancang Bangun Alat	31
Gambar 4.3. <i>Tactile Switch Push Button</i> pada Realisasi Rancang Bangun Alat... 32	
Gambar 4.4. <i>Resistor Pull-Down 10kΩ</i> pada <i>Tactile Switch Push Button</i>	32
Gambar 4.5. Tampilan <i>serial monitor</i> pada Pengujian Modul <i>microSD</i>	33
Gambar 4.6. Hasil <i>file txt</i> pada Pengujian Modul <i>microSD</i>	34
Gambar 4.7. Visualisasi Pengujian Modul GPS Pertama melalui <i>Google Earth</i> ..	35

Gambar 4.8. Perbandingan Jalur GPS dan Jalur Aktual pada Pengujian Pertama	36
Gambar 4.9. Jeda Jalur Perekaman GPS pada Pengujian Pertama Modul GPS ...	37
Gambar 4.10. Visualisasi Pengujian Modul GPS Kedua melalui <i>Google Earth</i> ..	38
Gambar 4.11. Perbandingan Jalur GPS dan Jalur Aktual pada Pengujian Kedua.	39
Gambar 4.12. Jeda Jalur Perekaman GPS pada Pengujian Kedua Modul GPS....	40
Gambar 4.13. Isi Format Data KML dari Hasil Pengujian	41
Gambar 4.14. Deklarasi Tipe <i>Encoding</i> dan <i>Namespace</i> KML	42
Gambar 4.15. <i>Elemen LineStyle</i> pada Format Data KML	42
Gambar 4.16. <i>Elemen Placemark</i> pada Format Data KML	42
Gambar 4.17. Data Koordinat Hasil Pengujian.....	43
Gambar 4.18. Visualisasi Rute Air Terjun Lubuk Law pada <i>Google Earth</i>	44
Gambar 4.19. <i>Point of Interest</i> 1 pada Rute Air Terjun Lubuk Law.	45
Gambar 4.20. Visualisasi Rute Terputus pada Rute Air Terjun Lubuk Law.	45
Gambar 4.21. Visualisasi Rute Air Terjun Sinar Tiga pada <i>Google Earth</i>	47
Gambar 4.22. <i>Point of Interest</i> 2 pada Rute Air Terjun Sinar Tiga	48
Gambar 4.23. Visualisasi Rute Terputus pada Rute Air Terjun Sinar Tiga	48
Gambar 4.24. Visualisasi Perbandingan antara Rute Hasil Perekaman dan Rute <i>Google Earth</i> Air Terjun Lubuk Law	50
Gambar 4.25. Visualisasi Penyimpangan Koordinat pada Rute Hasil Perekaman Air Terjun Lubuk Law.....	50
Gambar 4.26. Visualisasi Perbandingan antara Rute Hasil Perekaman dan Rute <i>Google Earth</i> Air Terjun Sinar Tiga	53
Gambar 4.27. Visualisasi Penyimpangan Koordinat pada Rute Hasil Perekaman Air Terjun Sinar Tiga.....	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Modul GPS U-Blox NEO-M8N	11
Tabel 2.2. Spesifikasi Mikrokontroler ESP32	12
Tabel 2.3. Fungsi Pin Modul <i>microSD</i>	13
Tabel 3.1. Alat dan Bahan	22
Tabel 4.1. Akurasi Perekaman Pengujian Modul GPS Pertama.....	35
Tabel 4.2. Akurasi Perekaman Pengujian Modul GPS Kedua	38
Tabel 4.3. Ukuran Data KML dalam Perekaman Rute Air Terjun Lubuk Law.....	46
Tabel 4.4. Ukuran Data KML dalam Perekaman Rute Air Terjun Sinar Tiga.....	49
Tabel 4.5. Akurasi Perekaman di Lokasi Air Terjun Lubuk Law.....	51
Tabel 4.6. Akurasi Perekaman di Lokasi Air Terjun Sinar Tiga.....	54

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu negara yang memiliki kekayaan alam yang luar biasa. Di dalamnya terdapat beragam hutan hujan tropis, gunung-gunung dengan keindahan yang menakjubkan, serta ribuan spesies flora dan fauna [1]. Dengan setiap keindahan alam yang memukau, Indonesia menjadi destinasi unggulan bagi para pencinta dan penjelajah alam. Meskipun Indonesia kaya akan keindahan alamnya seperti gunung, hutan, dan berbagai ekosistem lainnya, namun masih banyak wilayah alam yang belum terjamah oleh orang banyak. Hal ini terutama terjadi di daerah-daerah pedalaman yang sulit diakses, pulau-pulau kecil, dan kawasan yang jauh dari perkotaan [2]. Namun di sisi lain, wilayah alam terpencil tersebut justru menjadi daya tarik tersendiri bagi para penjelajah alam dan peminat petualangan yang ingin mengeksplorasi keindahan alam yang masih alami dan belum tercemar oleh beragam aktivitas manusia [3].

Penjelajah alam adalah seseorang yang mencintai eksplorasi alam beserta isinya [4]. Kegiatan yang umum dilakukan oleh para penjelajah alam diantaranya mendaki gunung, menjelajah hutan, mengeksplorasi alam, serta melakukan penelitian dan konservasi. Sebagai salah satu contoh, misalnya pada kegiatan mendaki gunung, membutuhkan kondisi fisik dan mental yang baik, perencanaan yang matang, perlengkapan yang memadai, dan juga kemampuan navigasi serta informasi geografis terkait kondisi alam [5]. Pada masa kini, mendaki gunung merupakan kegiatan diminati oleh banyak orang, meskipun kegiatan ini memiliki risiko kecelakaan yang relatif tinggi, di mana pendaki akan menghabiskan waktu cukup lama di hutan dengan kondisi alam dan cuaca yang ekstrem [6]. Menurut data dan

informasi yang diperoleh dari halaman resmi *Rinjani National Park*, terkait rekapitulasi kecelakaan dan evakuasi pendaki Gunung Rinjani tahun 2016-2020, jumlah kecelakaan dan evakuasi yang telah dilakukan terhadap pendaki, yaitu sebanyak 104 kasus, dengan rincian 7 kasus pendaki hilang akibat tersesat, 70 kasus pendaki jatuh tergelincir, 15 kasus pendaki sakit, 1 kasus pendaki mendapatkan gangguan hewan, dan 11 kasus pendaki meninggal dunia [7]. Atas maraknya kasus yang dialami oleh pendaki, hal ini menegaskan bahwa dalam setiap kegiatan penjelajahan alam, pelaku harus dengan sungguh-sungguh mempersiapkan diri untuk melakukan penjelajahan.

Menurut informasi yang diperoleh, destinasi penjelajahan alam di Indonesia khususnya pada wilayah-wilayah alam yang baru diketahui, tidak memiliki informasi terkait kondisi geografis yang memadai [8]. Tidak adanya informasi navigasi juga membuat akses ke wilayah baru tersebut menjadi sulit bagi para penjelajah. Dan berlandaskan pada tingginya tingkat kecelakaan yang dialami oleh penjelajah alam, serta untuk meminimalisir kemungkinan resiko yang dapat terjadi seperti tersesat di alam terbuka, maka diperlukan suatu alat yang dapat merekam rute jalur alam secara *offline*, sehingga para penjelajah memiliki informasi yang lengkap terkait rute perjalanan wilayah yang ingin dilewati, serta data yang dihasilkan dapat menjadi acuan bagi para penjelajah alam yang lainnya dalam mengeksplorasi wilayah yang baru.

Perancangan alat dalam penelitian ini akan menggunakan modul GPS U-Blox NEO-M8N dalam merekam titik koordinat rute yang dilewati. Modul GPS tersebut menjadi pilihan, karena memiliki keunggulan dalam akurasi dan kemampuan menerima sinyal dari berbagai satelit global, yang memastikan data posisi yang diperoleh lebih akurat [9]. Data tersebut kemudian akan dikonversi oleh mikrokontroler ESP32 menjadi format data KML (*Keyhole Markup Language*) secara *offline* atau tanpa menggunakan koneksi internet, sehingga sangat memungkinkan untuk digunakan di alam terbuka yang minim jaringan. Format data KML digunakan karena format ini kompatibel dengan banyak perangkat lunak pemetaan dan dapat menampilkan data geografis secara visual. Pada akhirnya,

pengguna dapat mengimpor data *output* yang terdapat pada *microSD* ke perangkat lunak *Google Earth* melalui laptop, sehingga rekaman dari jalur yang dilewati dapat ditampilkan secara visual. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alat yang mampu merekam rute perjalanan alam dengan tingkat akurasi yang baik, sehingga membantu para penjelajah alam memperoleh informasi navigasi mengenai rute perjalanan yang akan dilalui. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat meminimalisir risiko kecelakaan, seperti tersesat akibat kurangnya informasi navigasi tentang kondisi wilayah tujuan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, diperoleh rumusan masalah dalam pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang alat yang dapat merekam serta menyimpan data perekaman rute jalur alam secara *offline* atau tanpa koneksi internet?
2. Berapa jumlah kebutuhan memori yang diperlukan sistem perekaman rute jalur alam, dalam menghasilkan data dalam format *keyhole markup language* yang dapat divisualisasikan pada perangkat lunak *Google Earth*?
3. Bagaimana tingkat akurasi modul GPS U-Blox NEO-M8N dalam pengujian pada kondisi medan yang terbuka dan tertutup oleh pepohonan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang suatu alat yang dapat merekam dan menyimpan data perekaman rute jalur alam secara akurat, serta dapat bekerja secara *offline*.
2. Menghitung jumlah kebutuhan memori yang diperlukan sistem perekaman rute jalur alam, dalam menghasilkan data dalam format *keyhole markup language* yang dapat divisualisasikan pada perangkat lunak *Google Earth*?
3. Membandingkan dan menganalisis tingkat akurasi dari hasil perekaman koordinat yang diperoleh modul GPS U-Blox NEO-M8N dengan koordinat yang terdapat pada *Google Earth*.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan pada uraian permasalahan pada latar belakang dan rumusan masalah yang telah disampaikan, adapun batasan masalah dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya merancang suatu prototipe perangkat keras yang dapat merekam serta menyimpan data rute perjalanan penjelajah alam secara *offline*.
2. Pada penelitian ini, data keluaran sistem akan tersimpan dalam format *keyhole markup language*, yaitu bahasa pemrograman berbasis XML yang dapat memvisualisasikan data geografis pada perangkat lunak *Google Earth*.
3. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang telah mendukung protokol komunikasi SPI, sehingga dapat digunakan sebagai antarmuka komunikasi antara mikrokontroler dan modul *microSD*.
4. Penelitian ini menggunakan modul GPS U-Blox NEO-M8N yang telah mendukung koneksi ke berbagai sistem navigasi satelit global (GNSS) seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou, sehingga menjamin tingkat akurasi yang baik.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah menyediakan informasi navigasi dan geografis bagi para penjelajah alam, terutama terkait rute penjelajahan di daerah-daerah yang belum banyak dijelajahi. Data rekaman jalur penjelajahan yang diperoleh dapat berfungsi sebagai panduan bagi penjelajah lain dalam memilih rute perjalanan yang sesuai. Selain itu, data rekaman tersebut juga dapat dibagikan dengan komunitas penjelajah alam, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran informasi yang berguna dalam mengidentifikasi jalur yang ingin dilalui. Dan pada akhirnya, hal ini diharapkan dapat meminimalisir risiko kecelakaan dan meningkatkan keselamatan para penjelajah alam.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah perangkat dapat merekam dan menyimpan rute perjalanan penjelajah alam secara akurat, serta data rute perjalanan yang direkam dalam format KML dapat dengan mudah divisualisasikan dan dianalisis menggunakan perangkat lunak *Google Earth*, sehingga memberikan informasi yang bermanfaat bagi penjelajah alam lainnya.

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan mencakup latar belakang dari suatu masalah yang menjadi landasan penelitian, serta penjelasan terkait tujuan dari penelitian, dan manfaat yang dapat diberikan dari penelitian, yang kemudian disusun dalam suatu sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan beberapa teori pendukung dan kajian pustaka yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal, dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang waktu dan tempat, alat dan bahan, spesifikasi alat, prosedur penelitian, perancangan alat, dan pengujian sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Mencakup proses pengambilan data, hasil yang didapatkan saat pengujian sistem, dan analisis data dari hasil pengujian sistem.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menyajikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran yang didasarkan pada hasil data mengenai perbaikan dan pengembangan agar penelitian selanjutnya memperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Nur Wahid Azhar, Andhika Ramadhani, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang pada tahun 2023, dengan judul “Rancang Bangun *Soul Tracking Mobile Junction (STMJ)* Sebagai Perangkat Untuk Memantau Lokasi Penjelajah Alam Berbasis *Internet of Things*”. Penelitian ini mengkaji rancang bangun perangkat yang dapat memonitori lokasi dan suhu tubuh pendaki secara *realtime* dengan menggunakan modul LoRa SX1276 berbasis *Radio Frequency (RF)* sebagai media transmisi [10].

Andriani Putri, Program Studi Teknologi Informasi, dan Sri Azizah Nazhifah, Program Studi Informatika, Universitas Teuku Umar pada tahun 2022, dengan judul “Pemanfaatan *Google Earth* untuk pemetaan *Point of Interest* dengan menggunakan *Keyhole Markup Language*”. Penelitian ini berisi penjelasan terkait salah satu fitur pada perangkat lunak *Google Earth* yaitu *Point of Interest* yang berfungsi untuk menyisipkan foto pada titik lokasi tertentu dengan format data KML [11].

Ali dan Goci, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang pada tahun 2021, melakukan penelitian berjudul “Penggunaan Sistem *Data Logger* dalam Pencatatan Data Parameter Panel Surya berbasis Mikrokontroler”. Penelitian ini memanfaatkan modul *microSD* sebagai alat untuk memantau kinerja panel surya secara *real-time* dan otomatis dengan menggunakan sistem *data logger*. Sistem tersebut akan menyimpan data pada *microSD* melalui modul *microSD* dalam format *file txt* yang berisi informasi tanggal, waktu, nilai arus dan nilai tegangan panel surya [12].

Shreyans Patel, Ghansyam Rathod, Electronics & Communication Engineering, BVM Engineering College pada tahun 2021, melakukan penelitian berjudul “*IoT Based 3-Dimensional GPS Tracking System*”. Penelitian ini membahas tentang penggunaan modul GPS untuk mengidentifikasi lokasi yang tepat dari perangkat di gedung bertingkat dengan menampilkan garis lintang, bujur dan bahkan data ketinggian perangkat. Penelitian ini juga menggunakan bahasa pemrograman KML atau *Keyhole Markup Language* untuk menampilkan jalur dengan menyematkan objek garis pada *Google Earth* [13].

Berdasarkan pada penelitian terdahulu, pada penelitian ini terdapat beberapa inovasi atau pembaharuan. Inovasi atau pembaharuan tersebut, terletak pada penggunaan tipe sensor GPS, konektivitas atau metode pengumpulan data, serta pengolahan data keluaran. Pada penelitian ini, perangkat menggunakan modul GPS U-Blox NEO-M8N yang memiliki lebih banyak saluran penerima sinyal satelit, termasuk GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou, sehingga dapat meningkatkan akurasi GPS. Selain itu dari sisi konektivitas, pada penelitian ini perangkat dapat berjalan tanpa koneksi internet. Sehingga lebih ideal jika digunakan pada lokasi dengan jaringan yang buruk. Dan data keluaran akan tersimpan pada media penyimpanan *microSD* dalam format data KML yang dapat secara langsung divisualisasikan melalui perangkat lunak *Google Earth*.

2.2. Penjelajah Alam

Faktor geografis dan topografis mempengaruhi kondisi lingkungan alam yang menjadikan hutan tropis Indonesia memiliki karakteristik tersendiri [14]. Keberadaan banyak gunung di Indonesia, dengan segala keindahan bentang alamnya yang sering terpublikasikan melalui berbagai media, menarik perhatian masyarakat dan memotivasi mereka untuk melakukan aktivitas pendakian di hutan tropis Indonesia. Penjelajah alam, atau pencinta alam, adalah individu yang tertarik untuk mengeksplorasi dan menikmati keindahan alam secara langsung. Aktivitas penjelajahan ini melibatkan kegiatan yang berorientasi pada alam liar, seperti mendaki gunung, menjelajah hutan, dan berkemah di alam terbuka.

Gambar 2.1. memperlihatkan pelaksanaan kegiatan penjelajahan alam. Kegiatan tersebut harus dipersiapkan dengan baik karena memiliki risiko yang cukup tinggi. Setiap peminat yang berkegiatan di alam harus memiliki keterampilan, kecermatan, dan kekuatan fisik yang memadai.



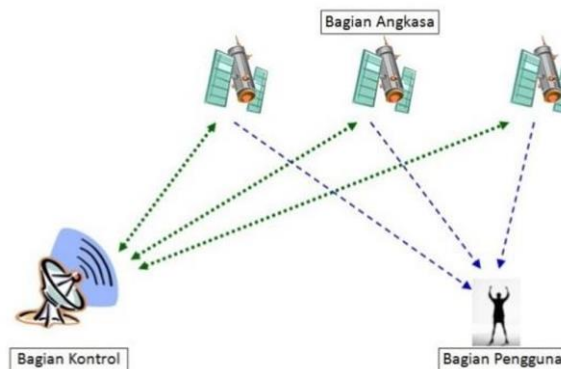
Gambar 2.1. Penjelajah Alam. [15]

Penjelajah alam perlu memahami navigasi, teknik bertahan hidup, dan pengetahuan tentang kondisi lingkungan yang akan dijelajahi. Dengan memperhatikan kesiapan fisik dan mental serta membawa perlengkapan yang sesuai, maka risiko kecelakaan selama kegiatan di alam terbuka dapat diminimalisir. Kesiapan yang matang tidak hanya meningkatkan keselamatan penjelajah alam tetapi juga memastikan pengalaman yang lebih menyenangkan dan bermanfaat.

2.3. GPS (*Global Positioning System*)

GPS adalah teknologi berbasis satelit dan dapat memberikan informasi tentang lokasi dan waktu di permukaan bumi [16]. Sistem ini beroperasi dengan mengandalkan antara dua puluh empat hingga tiga puluh dua satelit untuk mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal tersebut kemudian diterima oleh perangkat penerima (*receiver*) di permukaan bumi, di mana GPS *receiver* ini akan mengumpulkan informasi dari satelit GPS. Untuk menentukan posisi garis bujur dan lintang (*latitude* dan *longitude*) serta *track* pergerakan, GPS *receiver* minimal harus mengunci minimal tiga sinyal dari satelit yang berbeda. Pengguna juga dapat mengetahui koordinat garis bujur, garis lintang, dan ketinggian, apabila GPS *receiver* dapat menerima lebih dari tiga sinyal satelit. Apabila GPS telah

menentukan posisi pengguna, maka tahapan selanjutnya yaitu sistem akan mengolah informasi lain berupa kecepatan, arah, jalur, dan jarak perjalanan.



Gambar 2.2. Cara Kerja Sistem GPS. [17]

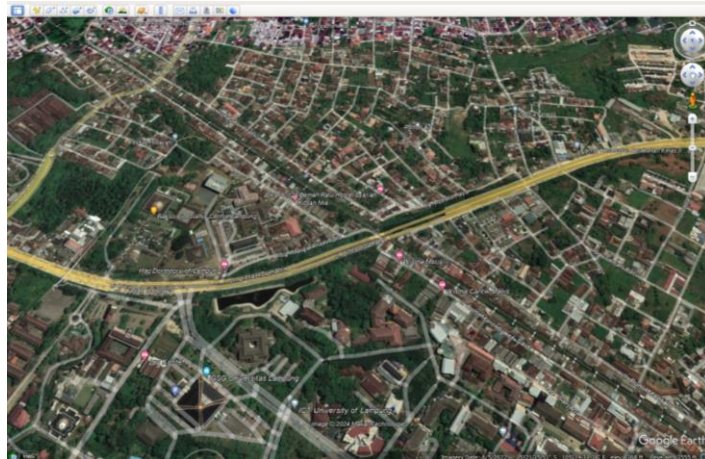
Seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.2., sistem GPS terdiri dari tiga unit, yaitu unit angkasa (*Space Segment*), unit kontrol (*Control Segment*), dan unit penerima atau pengguna (*User Segment*) [16]. Unit angkasa terdiri dari beberapa satelit dan berperan untuk menerima dan menyimpan data yang ditransmisikan oleh stasiun-stasiun pengendali, serta memancarkan sinyal serta informasi secara kontinu ke perangkat penerima (*receiver*). Unit pengendali GPS bertugas untuk mengontrol satelit dari bumi, memastikan sinkronisasi waktu antar satelit, menentukan posisi orbit mereka, dan mengirimkan data ke satelit. Sedangkan unit pengguna, merupakan perangkat yang berfungsi menerima data dari satelit lalu memprosesnya sehingga pengguna dapat mengetahui arah, posisi, jarak dan waktu. Dalam melakukan pelacakan, sistem GPS akan mendeteksi posisi, memproses data posisi, dan menganalisis hasil data posisi. Pada tahap deteksi posisi, *GPS receiver* memperoleh sinyal dari beberapa satelit GPS. Kemudian *receiver* akan menghitung jarak ke masing-masing satelit berdasarkan waktu yang diperlukan sinyal untuk mencapai *receiver*. Sehingga, *receiver* mengetahui posisi dari suatu objek [18].

Tingkat keakuratan GPS sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Untuk menghasilkan posisi yang akurat, antena GPS membutuhkan sinyal langsung dari beberapa satelit tanpa gangguan. Namun, lingkungan yang tertutup oleh objek seperti bukit, pohon, atau gedung dapat menghalangi sinyal, sehingga jumlah satelit yang terdeteksi berkurang dan perhitungan posisi menjadi kurang akurat. Objek-objek di sekitar lingkungan yang cenderung tertutup juga dapat menyebabkan

multipath effect, di mana sinyal satelit memantul pada permukaan seperti pohon, dinding, atau jalan sebelum mencapai antena GPS. Pantulan ini membuat sinyal tiba melalui lintasan berbeda, mengganggu penerimaan, dan menurunkan keakuratan GPS. Akibatnya, posisi yang dihasilkan sering melenceng atau tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya.

2.4. Google Earth

Google Earth adalah sebuah *virtual globe*, peta dan program informasi geografis yang awalnya disebut dengan *Earth Viewer* dan dibuat oleh *Keyhole Inc*, yaitu sebuah perusahaan yang diakuisisi oleh *Google* [19]. *Google Earth* memberikan kesempatan pada para penggunanya untuk mengamati gambar dari satelit yang menampilkan sketsa dari jalan, bangunan, keadaan geografis, dan data spesifik mengenai lokasi atau tempat tertentu di seluruh dunia.



Gambar 2.3. Tampilan Muka *Google Earth*.

Google Earth tidak hanya dapat menampilkan peta yang bisa dijelajahi, namun juga memiliki fitur pencarian yang dapat menuntun kita menuju ke lokasi tujuan berdasarkan alamat dan parameter yang kita masukan [20]. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.3., *Google Earth* juga dapat menerjemahkan informasi berupa rekaman titik koordinat dari GPS dalam format data KML yang kemudian dapat dikonversi menjadi suatu peta digital. Data hasil rekaman akan berupa gambar atau citra yang dapat diunduh dan dibagikan ke lebih banyak orang dengan mudah.

2.5. GPS U-BLOX NEO-M8N

GPS U-Blox NEO-M8N merupakan suatu modul yang dapat memperoleh informasi posisi geografis berbasis sinyal GPS dengan tingkat presisi yang tinggi, namun modul ini cukup rentan terhadap interferensi sehingga sinyal GPS sering hilang [21]. Modul GPS dapat menangkap sinyal satelit GPS dengan baik, apabila posisi antenna tidak terhalang secara langsung oleh objek lain.



Gambar 2.4. GPS U-Blox NEO-M8N.

Berdasarkan pada Gambar 2.4., GPS U-Blox NEO-M8N memiliki 4 koneksi *pin out*, diantaranya VCC, RXD, TXD, dan GND. GPS U-Blox NEO-M8N merupakan modul GPS dengan satelit GNSS dan memiliki fitur lengkap yang tersedia dalam standar industri, mudah untuk diintegrasikan dan dikombinasikan dengan fleksibilitas daya, desain dan pilihan. Adapun spesifikasi dari modul GPS U-Blox NEO-M8N dapat diketahui melalui Tabel 2.1.

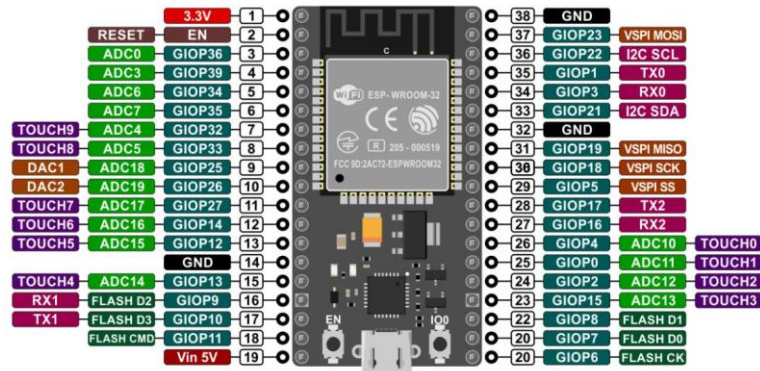
Tabel 2.1. Spesifikasi Modul GPS U-Blox NEO-M8N [22]

<i>receiver type</i>	<i>72-channel u-blox M8 engine</i>
<i>horizontal position accuracy</i>	2.5 m
<i>UART output</i>	9600 <i>baud rate</i>
<i>protocols and interfaces</i>	NMEA, Biner UBX, RTCM
<i>power supply voltage</i>	2.7V ~ 3.6V

Dalam penelitian ini, tersebut akan berfungsi sebagai perangkat yang menerima *input* berupa sinyal satelit GPS. Informasi yang diperoleh dari GPS *receiver* akan dikonversikan oleh mikrokontroler ke dalam bentuk koordinat yang mewaliki titik garis lintang dan bujur. Data koordinat geografis tersebut kemudian disimpan secara kontinu ke dalam *microSD* dalam format data KML. Format data KML yang tersimpan kemudian akan diplot ke dalam *Google Earth*.

2.6. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan suatu perangkat elektronika yang dikembangkan oleh *Espressif System* dan merupakan versi terbaru dari mikrokontroler ESP8266 [23]. Mikrokontroler ini kompatibel dengan aplikasi pemrograman *Arduino IDE*. Pada mikrokontroler ini telah tersedia modul *Wi-Fi* dan *bluetooth*, sehingga memungkinkan untuk digunakan dalam proyek *Internet of Things*.



Gambar 2.5. Mikrokontroler ESP32. [24]

ESP32 merupakan mikrokontroler yang cukup lengkap. Terdapat prosesor, penyimpanan, dan akses pada GPIO (*General Purpose Input Output*) baik digital maupun analog [25]. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.5., ESP32 memiliki 32 *pin out*, serta sudah mendukung komunikasi SPI, sehingga memudahkan terjadinya proses transfer data antara mikrokontroler dengan modul *microSD*. ESP32 juga memiliki *interface* USB to UART yang mudah diprogram dengan program pengembangan aplikasi seperti *Arduino IDE*. Adapun spesifikasi mikrokontroler ESP32 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 [26]

CPU	<i>Tensilica Xtensa LX6 32 bit Dual-Core</i>
<i>voltage</i>	2.2 V to 3.6 V
<i>operating current</i>	80 mA
<i>programmable</i>	<i>Free</i> (C, C++, Lua, etc.)
<i>open source</i>	<i>Yes</i>
<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n
GPIO	32
SPI	4

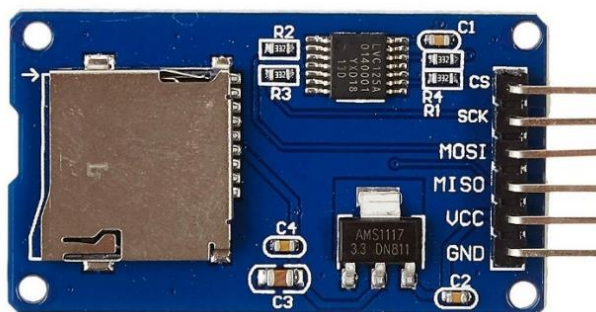
2.7. Modul *microSD*

Modul *microSD* adalah suatu alat yang dapat menghubungkan media penyimpanan dengan mikrokontroler untuk menyimpan data hasil pengukuran yang diperoleh dari sensor [27]. Modul *microSD* akan menghubungkan mikrokontroler dengan penyimpanan data pada *microSD* dan dapat menyimpan data pengukuran secara *realtime*. Data yang dapat disimpan dapat berupa pengukuran temperatur, kecepatan motor, kadar gas, arus, tegangan, dan juga koordinat lokasi. Adapun fungsi tiap pin pada modul *microSD* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Fungsi Pin Modul *microSD* [28]

Pin	Label	Fungsi
1	CS	Pin <i>Chip Select</i> untuk mengaktifkan dan menonaktifkan modul <i>microSD</i> .
2	SCK	Pin <i>serial clock</i> untuk komunikasi SPI
3	MOSI	Pin <i>Master Out Slave In</i> , <i>microSD</i> menerima data dari ESP32.
4	MISO	Pin <i>Master In Slave Out</i> , <i>microSD</i> mengirim data menuju ESP32.
5	VCC	Pin daya dengan tegangan operasi 5 V
6	GND	Pin yang terhubung ke <i>ground</i> pada ESP32

Seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.6., agar modul ini dapat berkomunikasi dengan modul pemroses sinyal, maka modul *microSD* ini menggunakan jenis komunikasi SPI dengan menghubungkan secara berurutan 4 empat buah pin yaitu pin MOSI, CS, MISO dan SCK dengan mikrokontroler [29].



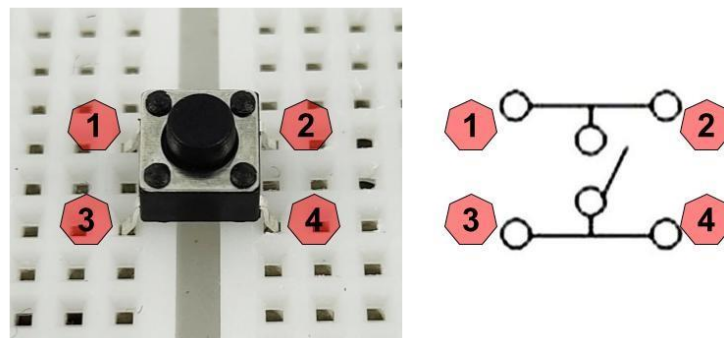
Gambar 2.6. Modul *microSD*.

Model komunikasi ini memang lebih boros dalam pemakaian jalur data, namun model komunikasi ini lebih aman dalam melakukan sinkronisasi data antara data

yang dikirimkan dari modul pemroses sinyal dengan data yang diterima oleh modul penyimpanan data. Data akan disimpan ke dalam kartu *microSD* sebagai *file* KML dan dapat diproses oleh aplikasi *Google Earth*.

2.8. Tactile Switch Push Button

Tactile switch push button merupakan komponen elektronika yang bekerja sebagai saklar untuk menghubungkan atau memutus arus listrik yang digunakan sebagai *trigger input* pada sistem [30].



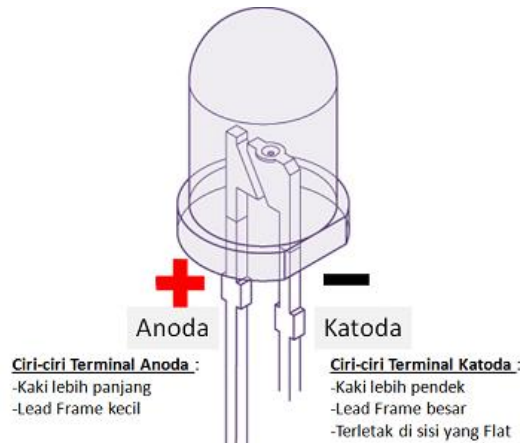
Gambar 2.7. *Tactile Switch Push Button*.

Gambar 2.7. memperlihatkan bahwa tipe *tactile switch push button* yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe NO (*Normally Open*). Pada tipe *normally open*, apabila berada dalam kondisi normal, maka aliran arus listrik tidak mengalir. Namun apabila tombol saklar ditekan, *push button* akan menjadi *close circuit* dan mengalirkan arus listrik dalam sesaat. Dan perangkat akan kembali ke posisi semula ketika selesai ditekan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa ketika tombol *push button* ditekan, akan menghasilkan nilai *HIGH* dan menghantarkan arus listrik. Sebaliknya, jika dilepas, nilai akan berubah menjadi *LOW* dan memutus aliran listrik [31].

2.9. LED

Light Emitting Diode (LED) adalah perangkat semikonduktor yang menghasilkan cahaya saat diberikan tegangan maju [32]. LED hanya akan menyala jika menerima tegangan maju (*bias forward*) dari anoda ke katoda. Kaki anoda LED umumnya

lebih panjang dan memiliki *lead frame* yang lebih kecil, sedangkan kaki katoda lebih pendek dan memiliki *lead frame* yang lebih besar, seperti yang terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Light Emitting Diode*. [33]

Adapun prinsip kerja LED, yaitu ketika arus DC mengalir melalui *P/N junction* pada material semikonduktor, elektron mengalir dari daerah N (negatif) ke daerah P (positif) dan bertemu dengan *hole*. Proses rekombinasi antara muatan positif (*hole*) dan negatif (elektron) terjadi di *junction* tersebut. Pada saat rekombinasi, energi dilepaskan dalam bentuk foton, yang menghasilkan cahaya. Warna cahaya yang terpancar bergantung pada tingkat energi foton yang ditentukan oleh perbedaan energi (*energy gap*) dari material semikonduktor yang digunakan. Dalam penelitian ini, LED akan digunakan sebagai tanda atau indikator untuk mengetahui apakah GPS telah menerima sinyal koordinat atau belum sehingga sistem dapat berjalan atau tidak.

2.10. Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen pasif elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian [34]. Resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Dari hukum Ohm diketahui, bahwa jumlah arus yang mengalir berbanding terbalik dengan nilai resistansi. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (Omega) [35]. Dalam penelitian ini, resistor digunakan untuk membatasi arus

maju yang dibutuhkan pada LED dan *tactile switch push button* agar tetap berada dalam batas yang aman.



Gambar 2.9. Resistor. [36]

Pada Gambar 2.9. memperlihatkan bahwa terdapat gelang warna yang mengelilingi resistor. Nilai tahanan pada resistor dapat diketahui dengan melihat kode warna yang mengelilingi diameter resistor. Jika arus yang mengalir melalui LED terlalu besar, LED dapat mengalami *overheating* dan rusak. Selain nilai resistansi (Ohm), resistor juga memiliki nilai yang lain seperti nilai toleransi dan kapasitas daya yang mampu dilewatkannya. Dalam merancang suatu rangkaian elektronika, mengetahui nilai dan menguji nilai tahanan serta toleransi dari suatu resistor, merupakan sesuatu yang penting untuk dilakukan.

2.11. *Power Bank*

Dengan menggunakan *power bank* pengguna dapat menyimpan energi listrik, atau dapat juga disebut juga sebagai baterai cadangan. *Power bank* dapat menjadi energi listrik cadangan untuk *gadget* atau perangkat elektronik lainnya. Ketika dalam kondisi tidak terdapat sumber listrik, *power bank* dapat dianalogikan sebagai baterai cadangan [37].

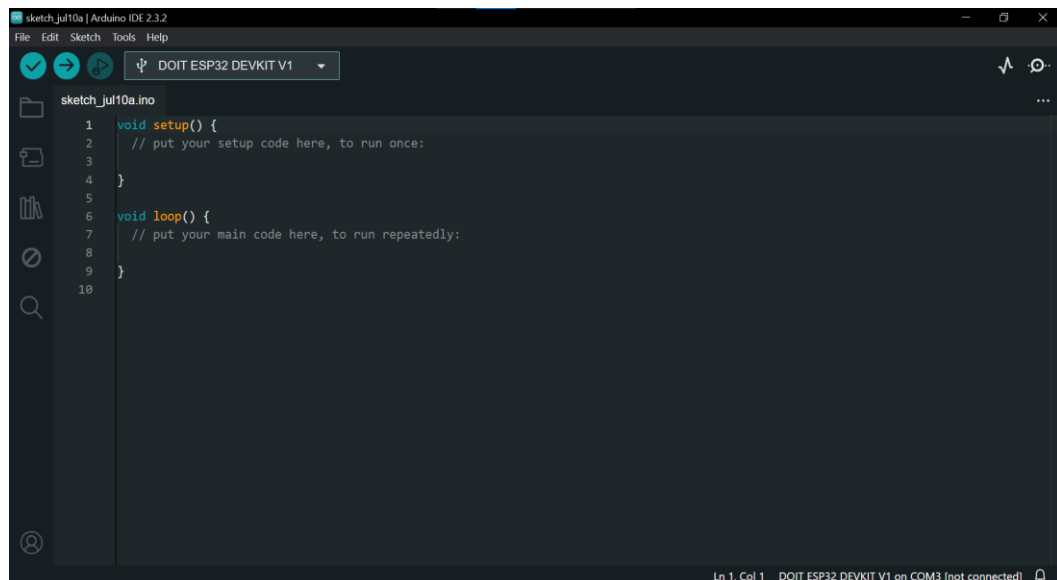


Gambar 2.10. *Power Bank*. [38]

Apabila *power bank* telah terisi penuh oleh daya listrik, maka alat tersebut dapat digunakan sebagai sumber listrik atau *power supply* untuk mengaktifkan perangkat elektronik yang ingin digunakan. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.10., *Power bank* memiliki bentuk yang ringkas dan sangat cocok untuk orang-orang yang sering melakukan aktivitas di luar ruangan yang jarang terdapat sumber listrik. *Power bank* dapat menyimpan daya listrik dalam berbagai kapasitas tergantung pada spesifikasi *power bank* tersebut [39].

2.12. *Arduino IDE*

Arduino IDE adalah perangkat lunak atau media yang berperan untuk menulis, memproses program, dan kemudian mengunggah program tersebut ke dalam memori mikrokontroler [40]. *Arduino IDE* dilengkapi dengan *library C/C++(wiring)*, yang membuat operasi *input* atau *output* lebih mudah. Gambar 2.11. memperlihatkan bahwa perangkat lunak *Arduino IDE* terdiri dari tiga bagian. Bagian pertama yaitu *editor program*. *Editor program* berfungsi untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. Kemudian bagian *compiler*.



Gambar 2.11. *Sketch Editor Arduino IDE*.

Compiler merupakan modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler. Dan yang terakhir yaitu *uploader*.

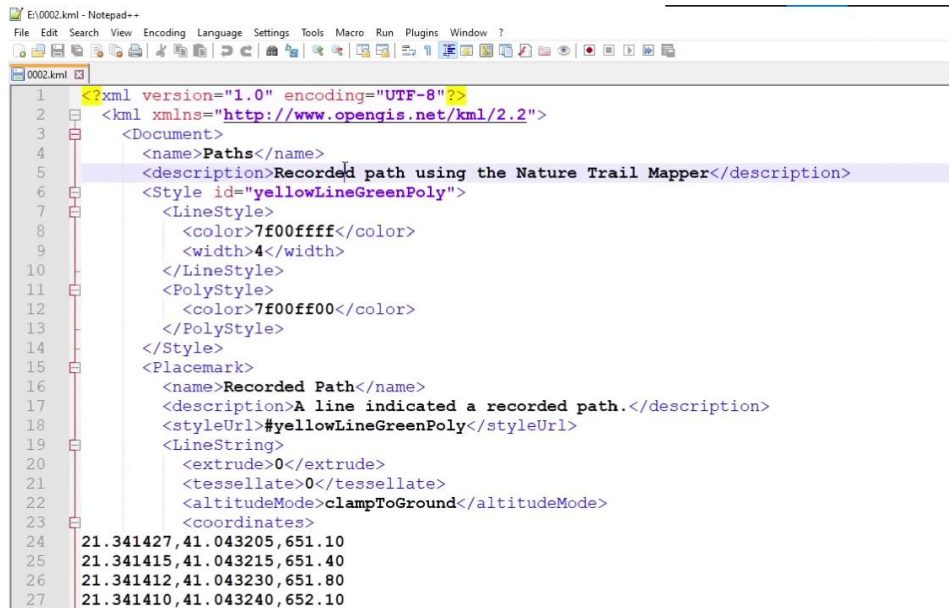
Uploader berfungsi memasukkan *output* dari *compiler* kedalam memori mikrokontroler berupa kode biner [41]. Dalam mengunggah program kedalam mikrokontroler, proses kompilasi *Arduino IDE* diawali dengan proses pengecekan kesalahan sintaksis *sketch*, kemudian memanfaatkan pustaka *processing* dan *avr-gcc sketch* dikompilasi menjadi berkas *object*, lalu berkas-berkas *object* dikombinasikan dengan *library Arduino* menjadi kode-kode biner. Kode tersebut diunggah ke dalam mikrokontroler via kabel USB, dan pada akhirnya sistem dapat berjalan sesuai dengan pemrograman oleh pengguna.

2.13. KML (*Keyhole Markup Language*)

Keyhole Markup Language (KML) merupakan sebuah format skema yang berbasis XML (*Extensible Markup Language*) dan digunakan untuk menggambarkan data geografis. KML memungkinkan visualisasi peta dalam format dua atau tiga dimensi di *Google Earth* [42]. KML dikembangkan untuk digunakan dengan *Google Earth*, yang awalnya bernama *Keyhole Earth Viewer*. Itu diciptakan oleh *Keyhole, Inc*, yang diakuisisi oleh *Google* pada tahun 2004. KML dapat menyimpan objek utama seperti titik, garis, dan area dalam format tertentu yang kompatibel dengan *Google Maps*. *Keyhole Markup Language* merupakan pemrograman yang cukup fleksibel, serta mampu menampilkan berbagai jenis data, termasuk vektor, *raster*, 3D, dan juga animasi. Karena memiliki fitur yang sangat beragam, KML banyak digunakan dalam berbagai macam aplikasi, sebagai contoh pengguna dapat menampilkan titik lokasi perjalanan, rute sepeda dan lain-lain, serta menambahkan informasi dan foto atau *point of interest*. Pada aplikasi lain, pengguna juga dapat menggunakan format data KML untuk visualisasi keadaan, iklim, pergerakan awan, penyebaran virus, pola gempa, dan lain sebagainya.

Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.12., pengkodean KML terbagi menjadi beberapa bagian, adalah sebagai berikut. *Document* merupakan bagian pengkodean yang menjadi wadah untuk semua unsur lainnya dalam *file* KML. Berikutnya adalah bagian “*placemark*”. *Placemark* digunakan untuk menandai lokasi tertentu dengan titik, garis, atau poligon.

Kemudian “*point*”. Elemen *point* digunakan untuk menandai lokasi dengan koordinat tertentu (lintang, bujur). Pada bagian *point*, pengguna juga dapat menambahkan *point of interest* pada format data KML.



```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2  <kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
3  <Document>
4  <name>Paths</name>
5  <description>Recorded path using the Nature Trail Mapper</description>
6  <Style id="yellowLineGreenPoly">
7  <LineStyle>
8  <color>7f00fff</color>
9  <width>4</width>
10 </LineStyle>
11 <PolyStyle>
12 <color>7f00f00</color>
13 </PolyStyle>
14 </Style>
15 <Placemark>
16 <name>Recorded Path</name>
17 <description>A line indicated a recorded path.</description>
18 <styleUrl>#yellowLineGreenPoly</styleUrl>
19 <LineString>
20 <extrude>0</extrude>
21 <tessellate>0</tessellate>
22 <altitudeMode>clampToGround</altitudeMode>
23 <coordinates>
24 21.341427,41.043205,651.10
25 21.341415,41.043215,651.40
26 21.341412,41.043230,651.80
27 21.341410,41.043240,652.10

```

Gambar 2.12. *Sketch Editor KML.*

Point of interest merupakan salah satu fitur yang dimiliki oleh *Google Earth*, di mana pengguna dapat menyisipkan foto untuk menambahkan informasi keadaan sekitar. Bagian berikutnya dalam format data KML adalah “*linestring*”. *Linestring* digunakan untuk menggambar garis antara dua titik atau lebih. Kemudian “*polygon*”. *Polygon* digunakan untuk menggambar bentuk poligon yang tertutup. Dan “*Style*” digunakan untuk menentukan gaya tampilan seperti warna dan ikon [43].

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pada pengujian yang pertama, perekaman dilakukan di kawasan Air Terjun Lubuk Law, yang terletak di Jl. Raya Way Ratay, Gebang, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Lampung, pada tanggal 1 September 2024. Setelah tiba di lokasi penitipan motor, pengujian dimulai dengan berjalan kaki menyusuri rute atau jalan setapak menuju Air Terjun Lubuk Law. Jarak tempuh dari titik penitipan motor hingga ke lokasi air terjun tercatat sejauh 2,5 kilometer, dengan waktu tempuh perjalanan sekitar 2 jam.



Gambar 3.1. Kondisi Rute Perjalan Menuju Air Terjun Lubuk Law.

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.1., pengujian dilakukan dalam kondisi cuaca yang cerah, dan mendukung proses perekaman rute berjalan dengan lancar tanpa gangguan faktor cuaca. Kondisi medan yang dilalui cukup beragam, terdapat medan terbuka dan tertutup. Namun, rute cenderung dikelilingi oleh pepohonan yang cukup tinggi dan menghalangi pandangan ke langit, secara khusus terdapat pada perekaman jalur pertama, ketiga, dan keempat.

Pengujian kedua dilaksanakan di kawasan Air Terjun Sinar Tiga, yang terletak di Jl. Sinar Tiga, Harapan Jaya, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Lampung, pada tanggal 16 September 2024. Setelah tiba di lokasi penitipan motor, pengambilan data dimulai dengan berjalan kaki menyusuri rute atau jalan setapak menuju Air Terjun Sinar Tiga. Jarak yang ditempuh selama perekaman rute adalah sejauh 1 kilometer, dengan waktu tempuh perjalanan sekitar 1 jam.



Gambar 3.2. Kondisi Rute Perjalan Menuju Air Terjun Sinar Tiga.

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.2., kondisi medan di sepanjang rute menuju air terjun tidak terlalu tertutup oleh pepohonan, sehingga memberikan pandangan yang lebih terbuka jika dibandingkan dengan lokasi pengujian pertama. Proses perekaman rute dilakukan dalam kondisi cuaca yang mendung dan disertai rintik hujan. Meskipun kondisi cuaca tidak menimbulkan gangguan signifikan terhadap pengujian, namun menjadi suatu tantangan untuk menjaga perangkat agar tidak terkena air hujan. Kondisi medan yang dilalui juga cukup beragam, terdapat medan terbuka dan tertutup. Namun, rute cenderung terbuka dan pandangan ke langit tidak terhalang pohon-pohon tinggi, secara khusus terdapat pada perekaman jalur pertama, kedua, dan keempat.

3.2. Alat dan Bahan

Pada Tabel 3.1. menjelaskan alat dan bahan yang diperlukan dan digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.1. Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Keterangan
1.	laptop Lenovo Ideapad Slim 3	digunakan untuk pemrograman dan pengolahan data.
2.	kabel USB tipe B	menghubungkan mikrokontroler ESP32 ke laptop.
3.	mikrokontroler ESP32	mengontrol keseluruhan sistem, memproses data GPS, dan menyimpan data ke <i>microSD</i> .
4.	modul GPS UBLOX NEO-M8	menerima sinyal satelit dan menentukan koordinat GPS.
5.	modul <i>microSD</i>	menyimpan data rute perjalanan dalam format data KML.
6.	<i>tactile switch push button</i>	memicu sistem untuk mulai atau menghentikan perekaman rute.
7.	2 buah LED	memberikan indikasi visual status sistem.
8.	2 buah resistor	membatasi arus yang mengalir ke LED.
9.	1 buah <i>power bank</i>	menyediakan daya untuk sistem selama pengujian di lapangan.
10.	1 buah <i>breadboard</i>	media untuk merakit rangkaian elektronik.
11.	kabel penghubung	menghubungkan berbagai komponen pada <i>breadboard</i> .
12.	1 buah multimeter	mengukur tegangan, arus, dan resistansi dalam rangkaian.
13.	1 buah solder	alat untuk menyolder komponen.

No.	Alat dan Bahan	Keterangan
14.	1 gulung timah	bahan untuk menyolder komponen.
15.	perangkat lunak <i>Google Earth</i>	memvisualisasikan data rute perjalanan dalam format data KML.
16.	perangkat lunak <i>Arduino IDE</i>	digunakan untuk menulis, mengunggah, dan memantau program yang dijalankan pada ESP32.

3.3. Spesifikasi Alat dan Bahan

Adapun spesifikasi setiap alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

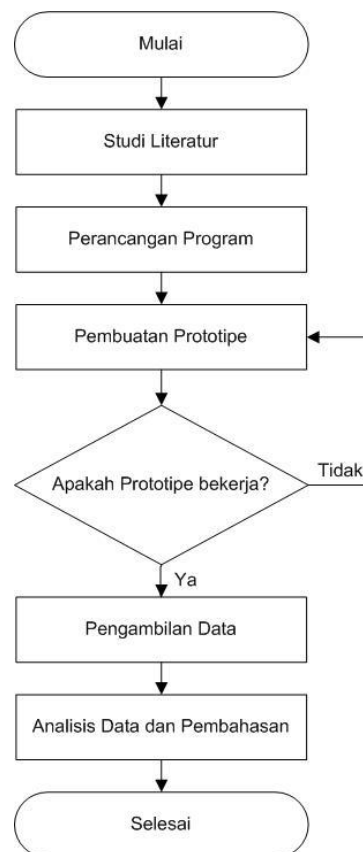
1. Laptop Lenovo Ideapad Slim 3 digunakan untuk melakukan studi literatur, merancang program, menganalisis data, dan menulis laporan penelitian.
2. Kabel USB Tipe B digunakan sebagai media penghubung antara laptop dengan mikrokontroler ESP32 dalam mengunggah pemrograman.
3. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk mengontrol penggunaan modul GPS, serta menerima dan memproses data dari modul GPS, mengolah data tersebut kedalam bentuk format data KML dan menyimpannya dalam *microSD* melalui modul *microSD*.
4. Modul GPS UBLOX NEO-M8N digunakan untuk menerima sinyal GPS dari satelit dari berbagai sistem navigasi satelit global seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou, sehingga menjamin tingkat akurasi yang baik.
5. Modul *microSD* berfungsi untuk menghubungkan ESP32 dengan media penyimpanan *microSD* sehingga dapat menyimpan data jejak perjalanan secara rinci dan kontinu yang diambil dari modul GPS dalam format data KML.
6. *Tactile switch push button* berfungsi untuk memberikan *trigger* kepada ESP32, agar sistem dapat berjalan atau berhenti.
7. LED berfungsi sebagai indikator sistem sedang berjalan atau tidak. Jika LED hijau menyala, menandakan sistem telah menerima sinyal satelit GPS dan siap

beroperasi. Sedangkan jika LED merah menyala, maka menandakan sistem sedang berjalan dan merekam rute perjalanan.

8. *Powerbank* berfungsi sebagai sumber daya listrik untuk mengaktifkan ESP32, sehingga sistem dapat berjalan.
9. *Breadboard* sebagai wadah atau tempat merakit dan menghubungkan setiap komponen yang digunakan dalam sistem.
10. Kabel penghubung untuk menghubungkan setiap komponen satu sama lain.

3.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan memperluas pengetahuan terkait penelitian melalui studi literatur terhadap berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, artikel, dan kajian pustaka lainnya. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3., setelah memperoleh pengetahuan teoritis dari referensi tersebut, langkah selanjutnya adalah merancang program. Setelah program berhasil dirancang, pembuatan prototipe alat dilakukan berdasarkan rancangan tersebut.



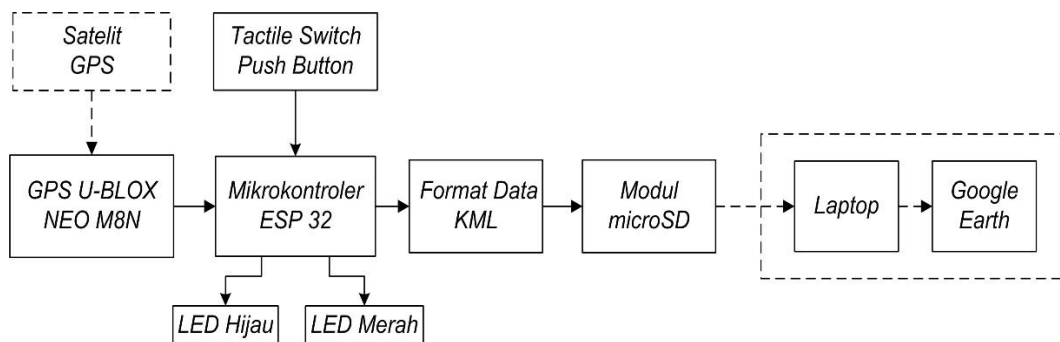
Gambar 3.3. Prosedur Penelitian.

Selanjutnya, melakukan pengujian terhadap prototipe untuk memastikan apakah sistem telah berjalan dengan baik atau tidak. Jika sistem tidak bekerja dengan baik, proses pembuatan prototipe diulangi untuk memastikan kesesuaiannya dengan rancangan awal. Setelah prototipe berfungsi dengan baik dan sistem dapat berjalan, tahap berikutnya adalah pengambilan data. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibahas berdasarkan pemahaman teoritis dari studi literatur, yang mengarah pada kesimpulan penelitian. Jika semua telah terpenuhi maka penelitian dianggap selesai.

3.5. Perancangan Alat

3.5.1. Diagram Blok Alat

Diagram blok perancangan alat ini menggambarkan skema perjalanan sinyal mulai dari penerimaan, penyimpanan data, hingga visualisasi data. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.4., sensor GPS akan menerima sinyal dari satelit. Apabila GPS telah menerima sinyal yang tepat dari satelit, maka LED hijau akan menyala sebagai tanda bahwa sistem siap untuk melakukan perekaman rute.

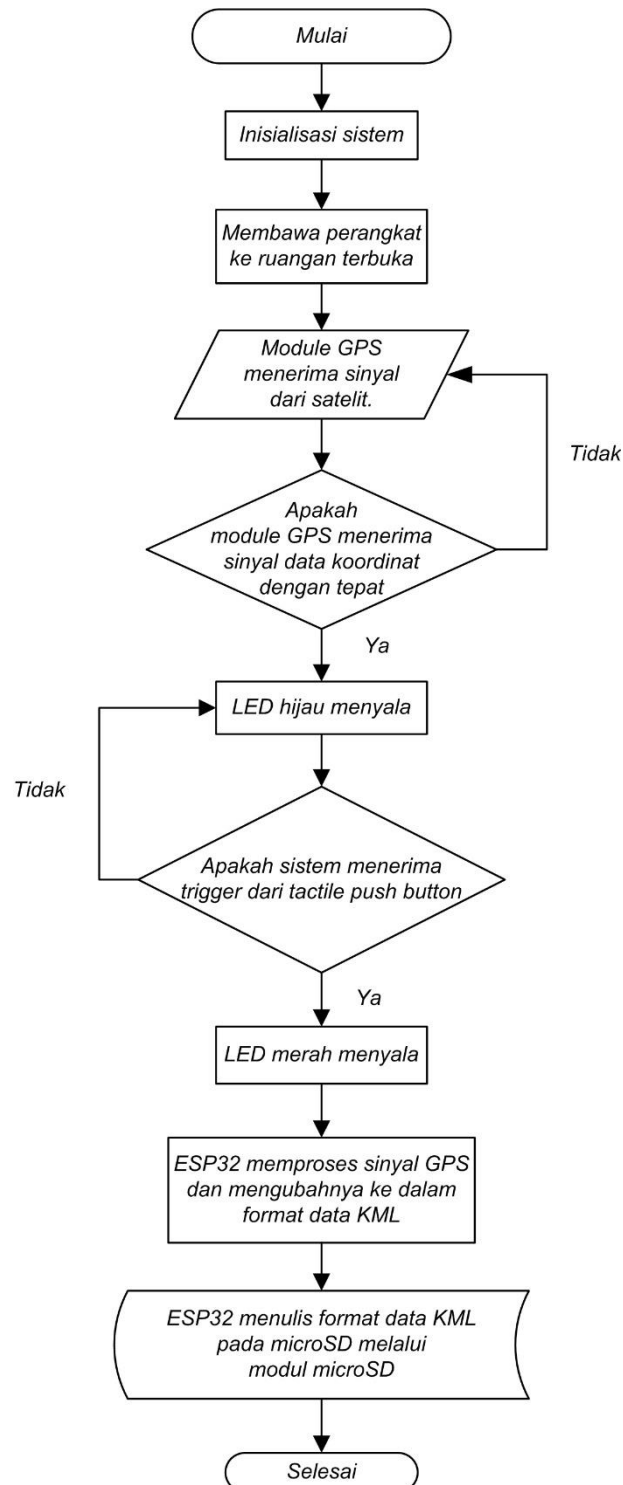


Gambar 3.4. Diagram Blok Alat.

Ketika perangkat menerima *trigger* dari *tactile switch push button* maka lampu indikator LED merah akan menyala dan menandakan proses perekaman sedang berlangsung. Kemudian, mikrokontroler ESP32 akan memproses sinyal GPS tersebut dan mengubahnya ke dalam format data KML. Selanjutnya, ESP32 akan menyimpan data KML tersebut pada kartu *microSD* melalui modul *microSD*. Pengguna kemudian dapat mengimpor data KML yang terdapat pada *microSD* menuju perangkat lunak *Google Earth* melalui laptop, sehingga data dapat divisualisasikan dan memungkinkan analisis rute perjalanan yang telah direkam.

3.5.2. Diagram Alir Perancangan Alat

Diagram alir ini menggambarkan langkah-langkah dalam proses pengoperasian perangkat. Berdasarkan pada Gambar 3.5., proses dimulai dengan inialisasi sistem, di mana sistem disiapkan untuk beroperasi.



Gambar 3.5. Diagram Alir Perancangan Alat.

Langkah selanjutnya adalah membawa perangkat ke alam terbuka. Setelah modul GPS berada di ruangan terbuka, modul GPS akan menerima sinyal dari satelit untuk mulai mendapatkan data posisi.

Setelah itu, sistem akan memeriksa apakah modul GPS menerima sinyal data koordinat dengan tepat. Jika ya, maka indikator LED hijau akan menyala, menandakan bahwa sistem siap untuk merekam. Jika tidak, proses kembali ke langkah di mana modul GPS menerima sinyal dari satelit untuk memperbaiki kualitas sinyal.

Selanjutnya, sistem akan memeriksa apakah terdapat *trigger* dari *tactile push button* untuk memulai proses perekaman. Jika *trigger* diberikan, LED merah akan menyala sebagai tanda bahwa sistem telah berjalan. Setelah *trigger* diberikan, ESP32 memproses sinyal GPS dan mengubah ke dalam format data KML.

Data yang telah diproses oleh ESP32, secara berkelanjutan ditulis dan disimpan pada *microSD* melalui modul *microSD*. Dan pada tahap akhir, pengguna dapat mengimpor data *output* yang terdapat pada *microSD* ke perangkat lunak *Google Earth* melalui laptop, sehingga rekaman dari jalur yang dilewati dapat ditampilkan secara visual. Apabila setiap langkah dapat berjalan dengan baik, maka proses dinyatakan selesai.

3.6. Pengujian Sistem

Adapun beberapa langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengujian sistem pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian komunikasi GPS dengan mencoba menjalankan sistem dan memeriksa apakah modul GPS menerima sinyal dari satelit. Hal ini kemudian divalidasi dengan memeriksa data yang diterima dari modul GPS melalui *serial monitor Arduino IDE* untuk memastikan koordinat GPS diperoleh dengan benar.

2. Melakukan pengujian terhadap sistem penyimpanan data, dengan cara memastikan apakah ESP32 dapat mengonversi data GPS ke format data KML, serta apakah data KML disimpan dengan benar pada kartu *microSD*.
3. Memeriksa dan menguji keseluruhan sistem dengan mencoba melakukan perjalanan, memberikan *trigger* dengan menekan *push button* pada titik-titik tertentu dan periksa apakah LED indikator menyala. Dan setelah melakukan perjalanan, kembali memeriksa *file* KML yang disimpan pada *microSD*.
4. Pengujian berikutnya yaitu dengan membuka *file* KML melalui laptop pada perangkat lunak *Google Earth* untuk memverifikasi jalur perjalanan yang telah direkam, serta memastikan semua titik perjalanan terekam dengan akurat dan sesuai dengan rute yang dilalui.
5. Lalu pada langkah pengujian terakhir, membandingkan dan menganalisis tingkat akurasi modul GPS U-Blox NEO-M8N, dengan cara membandingkan selisih jarak antara koordinat hasil perekaman dan koordinat pada *Google Earth*. Pengujian ini dilakukan dengan memperhatikan variabel lokasi dan kondisi medan yang berbeda-beda.

3.7. Perhitungan Tingkat Akurasi Perekaman Modul GPS

Untuk mengukur tingkat akurasi modul GPS U-Blox NEO-M8N, dilakukan perbandingan antara titik koordinat hasil perekaman GPS dengan titik koordinat referensi dari penggambaran rute di *Google Earth*. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengetahui nilai deviasi atau penyimpangan dari titik koordinat yang direkam oleh GPS terhadap rute yang seharusnya. Deviasi atau penyimpangan tersebut, dihitung menggunakan "*Formula Haversine*". *Formula haversine* merupakan metode perhitungan jarak antara dua titik di bumi berdasarkan panjang garis lurus antara dua titik tanpa mengabaikan kelengkungan bumi, dengan menggunakan garis lintang (*longitude*) dan garis bujur (*latitude*) sebagai variabel [44]. Adapun persamaan dari *formula haversine* adalah sebagai berikut:

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\varphi}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

keterangan:

λ_1 = koordinat bujur hasil perekaman GPS (dalam radian)

λ_2 = koordinat bujur *Google Earth* (dalam radian)

φ_1 = koordinat lintang hasil perekaman GPS (dalam radian)

φ_2 = koordinat lintang *Google Earth* (dalam radian)

$\Delta\varphi$ = perbedaan lintang antara φ_1 dan φ_2

$\Delta\lambda$ = perbedaan bujur antara λ_1 dan λ_2

r = jari-jari bumi (6.371 km)

d = jarak antara dua titik

Dengan menggunakan *formula haversine*, selisih jarak antara titik koordinat hasil perekaman GPS dan titik koordinat referensi dari *Google Earth* dapat dihitung. Apabila titik koordinat hasil perekaman GPS memiliki penyimpangan lebih dari 3 meter dari titik referensi yang seharusnya, maka titik tersebut dianggap sebagai “*false positive*”. Penyimpangan titik koordinat lebih dari 3 meter menunjukkan ketidaksesuaian dengan ambang batas akurasi yang diharapkan, dan dianggap kurang akurat. Dengan diketahuinya jumlah titik koordinat *false positive*, maka persentase tingkat keakuratan GPS dapat diketahui menggunakan persamaan berikut:

$$\text{persentase keakuratan GPS} = \left(1 - \frac{F_p}{N} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

keterangan:

F_p = jumlah titik *false positive*

N = jumlah total titik koordinat

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan mengenai rumusan masalah, perancangan, serta pengujian sistem dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah terealisasi rancang bangun sistem perekaman rute jalur alam menggunakan modul GPS dan *microSD*, yang menyimpan rute perjalanan dalam format *Keyhole Markup Language* (KML) secara *offline*. Sistem ini memiliki tingkat akurasi perekaman sebesar 71,22% pada medan tertutup, yaitu area dengan pepohonan tinggi dan rapat, serta 93,09% pada medan terbuka, yaitu area dengan pepohonan lebih rendah yang masih memungkinkan pandangan ke langit.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, data rute perjalanan dalam format *Keyhole Markup Language* (KML) berhasil divisualisasikan pada perangkat lunak *Google Earth*. Sistem memiliki efisiensi penyimpanan yang baik, dengan rata-rata ukuran *file* KML sebesar 0,030 kB per titik koordinat.
3. Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan, terdapat penyimpangan antara data koordinat hasil perekaman dengan koordinat referensi *Google Earth*, yaitu rata-rata deviasi sebesar 1,2 meter pada medan terbuka dan 2,8 meter pada medan tertutup. Hal ini menunjukkan bahwa medan yang tertutup oleh pepohonan memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah akibat hambatan yang mengganggu penerimaan sinyal satelit GPS.

5.2. Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk membantu pengembangan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem agar dapat terintegrasi dengan aplikasi, sehingga data hasil perekaman dapat langsung tersimpan di *cloud storage* dan diakses secara *real-time* melalui aplikasi tersebut.
2. Penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan analisis terhadap kebutuhan sumber daya listrik yang diperlukan oleh alat, sehingga kapasitas baterai yang digunakan dapat disesuaikan dan menghasilkan dimensi alat yang lebih efisien.
3. Dalam penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan sistem kerja alat sehingga dapat memandu para penjelajah kembali ke titik awal perjalanan menggunakan data koordinat yang diperoleh dari perekaman rute pemberangkatan.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode pengujian kinerja GPS, di mana sistem dapat menghimpun data secara otomatis setiap perpindahan sejauh 10 meter, sehingga perhitungan tingkat keakuratan dapat lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Umam, “Daya Tarik Indonesia di Mata Dunia Selain Keindahan Alamnya,” *Gramedia Blog*, 2021. <https://www.gramedia.com/literasi/daya-tarik-indonesia-di-mata-dunia/> (accessed Jul. 17, 2024).
- [2] A. Potensi and D. P. Terpencil, “41647-None-1a41a862,” no. April, 2008.
- [3] G. A. Ariwibowo, “Wisata Alam Di Keresidenan Priangan Pada Periode Akhir Kolonial (1830-1942),” *Patanjala J. Penelit. Sej. dan Budaya*, vol. 7, no. 3, p. 399, 2015, doi: 10.30959/patanjala.v7i3.108.
- [4] M. A. A. Mamun and M. Hasanuzzaman, “Euforia Pendakian Gunung Dalam Perspektif Budaya Pop (Studi Kasus Gunung Andong),” *Energy Sustain. Dev. Demand, Supply, Convers. Manag.*, pp. 1–14, 2020.
- [5] F. Ridho, P. Adji, and A. B. Yunanda, “Perancangan Alat *Monitoring Data* Pendakian Dan *Data Logger* Berbasis *Internet of Things*,” *Pros. Senakama*, vol. 3, no. September, pp. 249–263, 2023.
- [6] M. Y. Yuda Rifendy and P. Nerisafitra, “Implementasi Sistem Informasi Geografis Jalur Pendakian Gunung Penanggungan Dengan Metode Dijkstra Dan Penerapan *Fuzzy* Dalam Rekomendasi Jalur,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 04, pp. 283–291, 2023, doi: 10.26740/jinacs.v4n03.p283-291.
- [7] Admin, “Rekapitulasi Kecelakaan Dan Evakuasi Pendaki Gunung Rinjani Tahun 2016-2020,” *19/02/2021*. <https://www.rinjaninationalpark.id/detail/rekapitulasi-kecelakaan-dan-evakuasi-pengunjung-2016-sd-2020>.
- [8] Riwayatingsih and H. Purnaweni, “Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi dalam Pengembangan Pariwisata,” *Proceeding Biol. Educ. Conf.*, vol. 14, no. 1, pp. 154–161, 2017.

- [9] U-Blox, “u-blox M8 concurrent GNSS modules,” *Data Sheet*, p. 29, 2016, [Online]. Available: https://content.u-blox.com/sites/default/files/NEO-M8-FW3_DataSheet_UBX-15031086.pdf.
- [10] N. W. Azhar and A. Ramadhani, “Rancang Bangun *Soul Tracking Mobile Junction* (STMJ) Sebagai Alat Pemantau Koordinat Penjelajah di Alam Berbasis *Internet Of Things*,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 5, no. 1, pp. 45–56, 2023.
- [11] A. Putri and S. A. Nazhifah, “Pemanfaatan *Google Earth* untuk pemetaan *Point of Interest* dengan menggunakan *Keyhole Markup Language* (Studi Kasus di Darussalam dan Lampineung Banda Aceh),” *J. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 16–21, 2022, doi: 10.35308/v1i1.5504.
- [12] A. B. Pulungan and D. S. Goci, “Penggunaan Sistem *Data logger* Dalam Pencatatan Data Parameter Panel Surya berbasis Mikrokontroler,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, p. 337, 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i2.115052.
- [13] S. Patel and G. Rathod, “*IoT Based 3-Dimensional GPS Tracking System*,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2007, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2007/1/012024.
- [14] L. Subagiyo, Herliani, Sudarman, and Z. Haryanto, *Literasi Hutan Tropis Lembab & Lingkungannya*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [15] Erna, “Mau Ikut Teman Naik Gunung? Ini 6 Tips Persiapan untuk Pemula,” 2023. <https://bali.idntimes.com/life/inspiration/siti-ernawati/tips-persiapan-naik-gunung-untuk-pemula-c1c2> (accessed Jul. 19, 2024).
- [16] Y. S. Susilo, H. Pranjoto, and A. Gunadhi, “Sistem Pelacakan Dan Pengamanan Kendaraan Berbasis Gps Dengan Menggunakan Komunikasi Gprs,” *J. Ilm. Widya Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 21–32, 2014.
- [17] P. Perkasa, “*Use of Global Positioning System (Gps) for Basic Survey on Students*,” *BALANGA J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 7, no. 1, pp. 22–33, 2019, doi: 10.37304/balanga.v7i1.553.
- [18] S. Alfeno and R. E. C. Devi, “Implementasi *Global Positioning System* (GPS) dan *Location Based Service* (LSB) pada Sistem Informasi Kereta Api untuk Wilayah Jabodetabek,” *Sisfotek Glob.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–7, 2017.

- [19] N. E. Rozanda, I. Marzuki, and I. Permana, "Pemanfaatan *Google Earth Imagery* untuk Segmentasi Lahan Hijau," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.*, vol. (SNTIKI) 4, no. 2008, pp. 119–125, 2012.
- [20] I. Hilman, "Google Earth Untuk Meningkatkan Kemampuan Visual," *Semin. Nas. Inov. dan Teknol. 2012*, no. B-36, pp. 35–40, 2012.
- [21] F. Firdaus and I. Ismail, "Komparasi Akurasi *Global Positioning System (GPS) Receiver* U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi *Quadcopter*," *Elektron J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, pp. 12–15, 2020, doi: 10.30630/eji.12.1.137.
- [22] R. A. Wibowo, "Implementasi Autonomous Navigation Robot Menggunakan *Global Positioning System (Gps)* Untuk Pemetaan Kadar Gas Berbahaya," 2017.
- [23] G. M. Penelitian, K. Rifa, and G. Bermana, "Rancang Bangun Sistem Navigasi Kapal *Autonomous* Berbasis ESP32 Dan *Raspberry Zero W Autonomous Navigation System Using Esp32 And Rashberry Zero W For Support Autonomous Fish Feeder Swarm Boat Research At Inacos Laboratoriy Telkom University*," vol. 9, no. 1, p. 265, 2023.
- [24] E. A. Prastyo, "Mengenal Pin GPIO ESP-WROOM-32," *Arduino.Biz.ID*. <https://www.arduino.biz.id/2022/08/mengenal-pin-gpio-esp-wroom-32.html> (accessed Jul. 23, 2024).
- [25] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [26] A. Maier, A. Sharp, and V. Yuriy, "Comparative Analysis and Practical Implementation of the ESP32 Microcontroller Module for the Internet of Things," *2017 Internet Technol. Appl.*, pp. 143–148, 2014.
- [27] Q. A. Putri and A. A. Slameto, "Sistem Pendeteksi Dini Kerusakan Jaringan listrik Berbasis *Internet Of Think* dengan *Data Logger*," *J. Teknol. Inf.*, vol. Vol. XVI, pp. 1–12, 2021.
- [28] I. Nabawi, "Pengembangan Sistem Pengaturan Parkir Berbasis *Radio Frequency Identification (Rfid)* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Mikrokontroler," pp. 23–25, 2019.

- [29] H. H. Rachmat and D. R. Ambaransari, "Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis *Pulse Heart Rate Sensor* pada Jari Tangan," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 3, p. 344, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.344.
- [30] W. Sulaeman, E. Alimudin, and A. Sumardiono, "Sistem Pengaman Loker dengan Menggunakan Deteksi Wajah," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 117–122, 2022.
- [31] M. F. Murlindra, "Prototype Pengaman Pintu Rumah menggunakan RFID dan *Bot Telegram* serta *Magnetic Switch Sensor* sebagai Sensor Pintu berbasis Nodemcu ESP8266," 2023, [Online]. Available: [https://repository.uin-suska.ac.id/65647/1/Laporan Ta M Fikri Murlindra %2811850512411%29final Revisi With Watermark-Tanpa BAB IV.pdf](https://repository.uin-suska.ac.id/65647/1/Laporan%20Ta%20M%20Fikri%20Murlindra%2811850512411%29final%20Revisi%20With%20Watermark-Tanpa%20BAB%20IV.pdf).
- [32] J. W. Simatupang *et al.*, "Lampu Led Sebagai Pilihan Yang Lebih Efisien Untuk Lampu Utama Sepeda Motor," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 20–26, 2022, doi: 10.52447/jkte.v6i1.4434.
- [33] G. V. Liander, "[Embedded System, Project 2] ESP32 GPIO: Digital Input Output," *Medium*. <https://graciellavl.medium.com/embedded-system-project-2-esp32-gpio-digital-input-output-432db1e33fc0> (accessed Jul. 23, 2024).
- [34] Y. Apriani and T. Barlian, "*Inverter* Berbasis *Accumulator* Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga," *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, p. 203, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1233.
- [35] W. Wahyuddin and A. N. Syafinas Ayu, "Aplikasi Pembaca Nilai Resistor Berbasis Android," *J. Sintaks Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2023, doi: 10.31850/jsilog.v3i1.2089.
- [36] Speedworld, "Cara Menghitung Nilai Resistor," *Blogger*. <https://insauin.blogspot.com/2016/05/cara-menghitung-nilai-resistor.html>.
- [37] D. A. . Lak'apu, I. Fahmi, and C. P. Tamal, "Rancang Bangun Power Bank Untuk Modem Indihome ZTE F609," *J. Spektro*, vol. Vol.6, no. No.2, pp. 14–22, 2023.

- [38] N. P. N. Budi, “Canggih! Powerbank Ini Dibekali Teknologi AI,” *Cloud Computing Indonesia*, 2020.
- [39] N. D. Apriani, M. A. Rachmatullah, R. Sukamto, and Y. Apriani, “Powerbank Laptop Portable sebagai Sumber Energi Mobile,” *J. Rekayasa Elektro Sriwij.*, vol. 3, no. 1, pp. 205–212, 2020, [Online]. Available: <https://jres1.ejournal.unsri.ac.id/index.php/jres/article/download/44/30>.
- [40] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, “Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital,” *Tek. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023.
- [41] Jauhari Arifin, Hermawansyah, and Leni Natalia Zulita, “Perancangan Murrotal Otomatis menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560,” *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, p. 89, 2016.
- [42] Y. S. Ardiansya, “Pengembangan Aplikasi Mobile Peta Jalur Pendakian Gunung Berbasis GIS dan GPS,” pp. 12–26, 2016.
- [43] M. F. H. Adi and Y. A. Susetyo, “Pemetaan Potensi Bencana di Jawa Tengah Menggunakan Google Maps API dan KML dengan Metode K-Means,” *Indones. J. Comput. Model.*, vol. 3, no. 1, pp. 43–51, 2020.
- [44] Y. Miftahuddin, S. Umaroh, and F. R. Karim, “Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, Dan Manhattan Dalam Penentuan Posisi Karyawan,” *J. Tekno Insentif*, vol. 14, no. 2, pp. 69–77, 2020, doi: 10.36787/jti.v14i2.270.
- [45] I. N. Kurniawan, B. D. Yuwono, and L. Sabri, “Analisis Pengaruh Multipath Dari Topografi Terhadap Presisi Pengukuran GNSS Dengan Metode Statik,” *J. Geod. Undip*, vol. 8, no. 1, pp. 10–18, 2019.