

Rancangan Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin Untuk Memprediksi Keamanan Jalur Pendakian

I Wayan Wikananda Adikara^{a1}, Gst. Ayu Vida Mastrika Giria^{a2}, I Wayan Supriana^{b3},
I Gede Surya Rahayuda^{b4}

^aProgram Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana

1wayannandaadikara07@email.com

2vida@unud.ac.id

3Wayan.supriana@cs.unud.ac.id

4igedesuryarahayuda@unud.ac.id

Abstract

Mountain climbing activities pose risks to climbers as they can cause serious injuries and often result in death, so information about conditions on climbing routes is essential for predicting safety. In this study, the Internet of Things with Decision Tree algorithms was used to build a system for monitoring conditions on mountain climbing routes. The study aims to measure the accuracy of the Decision Tree algorithm in classifying safety conditions and to develop a web-based application capable of displaying real-time data on temperature, humidity, and wind speed. Functional testing results indicate that all hardware and software components function properly. Additionally, the research results indicate that the use of the Decision Tree algorithm for safety classification on hiking trails achieves an accuracy rate of 99.27%. Thus, the classification model developed is highly effective in distinguishing between safe and hazardous conditions based on the three weather parameters. The very high accuracy demonstrates that the Decision Tree model used is highly suitable for prediction or monitoring systems, as developed in this study.

Keywords: Decision Tree, Internet of Things, Mountain Climbing Route Safety Prediction

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak kekayaan alam khususnya gunung. Beragamnya gunung di Indonesia mendorong tumbuh dan berkembangnya minat masyarakat dalam melakukan aktivitas mendaki gunung [1]. Akan tetapi meningkatnya jumlah pendaki di Indonesia, diikuti pula dengan meningkatnya angka kecelakaan saat mendaki gunung [2]. Aktivitas pendakian gunung memiliki risiko berdampak bahaya terhadap pendaki karena dapat menyebabkan cedera parah dan sering menimbulkan kematian, jika dibandingkan dengan olahraga lain olahraga pendakian gunung merupakan olahraga penyebab kematian terbesar [3].

Berdasarkan data Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (BASARNAS), kecelakaan pendakian meningkat dalam empat tahun terakhir. Pada tahun 2015 terjadi 12 kecelakaan, tahun 2016 meningkat menjadi 15 kasus, dan tahun 2017 juga terjadi 15 kasus. Kasus pendakian menjadi meningkat cukup signifikan pada tahun 2018 yaitu sebanyak 23 kejadian yang menyebabkan 6 pendaki meninggal dunia, 4 pendaki dinyatakan hilang, 7 pendaki ditemukan sakit, dan 592 pendaki ditemukan selamat. Pada tahun 2019 kejadian pendaki tersesat dan hilang juga meningkat menjadi 16 kasus jika dibandingkan tahun sebelumnya yang hanya terjadi 3 kasus [4]. Pengetahuan terhadap medan pendakian merupakan hal yang harus diketahui oleh para pendaki untuk dapat mengukur berapa panjang dan berapa lama pendakian serta dapat mengatur persiapan mendakian sesuai obyek pendakian [5].

Risiko dan bahaya pendakian gunung disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor eksternal yang meliputi cuaca atau iklim gunung yang sulit ditebak [6]. Hal ini didukung oleh peneliti lain yang menyebutkan sekitar 32% pendaki hilang dikarenakan cuaca buruk [4]. Informasi cuaca di daerah pegunungan yang menjadi tujuan pendakian sangat diperlukan sebelum melakukan pendakian agar dapat melakukan persiapan dengan lebih baik. Beberapa informasi cuaca

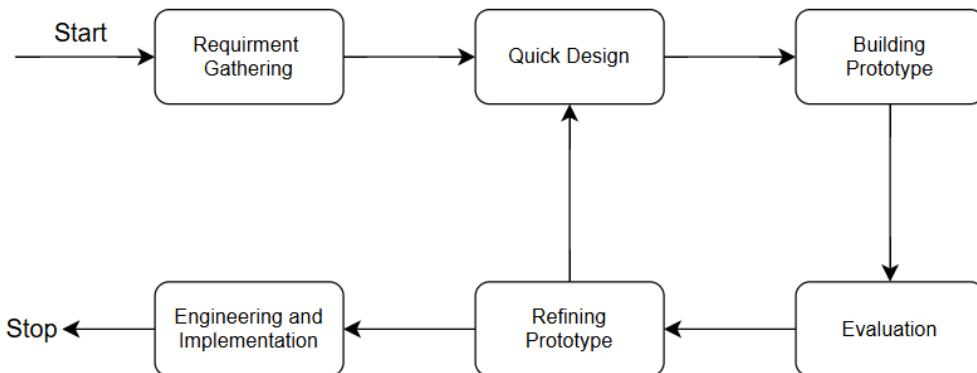
yang sering digunakan adalah suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin [7]. Maka dari itu penting untuk seorang pendaki mendapatkan informasi mengenai cuaca di jalur pendakian untuk memprediksi keamanan.

Mendapatkan suatu informasi dalam waktu yang singkat semakin mudah dikarenakan adanya jangkauan internet yang luas [8]. Internet of Things merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus [9]. Internet of Things, dapat digunakan untuk membangun sebuah sistem pemantauan cuaca secara *real-time* dan mendapatkan informasi data mengenai kondisi cuaca didaerah atau area yang dinginkan, sehingga dapat mengamati keadaan cuaca karena sering terjadi perbedaan cuaca antara suatu kawasan dengan kawasan lainnya [8].

Salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk menganalisis data tersebut adalah algoritma *Decision Tree*. *Decision Tree* merupakan struktur pohon yang terdiri dari node-node yang merepresentasikan keputusan dan cabang-cabang yang merepresentasikan konsekuensi dari sebuah keputusan [10]. Peneliti lain menemukan bahwa hasil perbandingan algoritma klasifikasi *nearest neighbour*, *naive bayes* dan *decision tree* yang digunakan pada studi kasus pengambilan keputusan menyatakan bahwa algoritma klasifikasi *decision tree* merupakan algoritma klasifikasi yang memiliki tingkat akurasi paling tinggi dibandingkan algoritma klasifikasi *naive bayes* dan *nearest neighbour* yaitu mencapai 75.6% [11]. Sehingga dalam penelitian ini peneliti menggunakan agoritma *decision tree* untuk memprediksi suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin di gunung.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder, dimana data yang digunakan berupa data suhu, kelembaban dan kecepatan angin yang didapatkan melalui data online dari website resmi milik BMKG. Penelitian ini dilakukan secara terstruktur dengan menerapkan metode prototyping [12] sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem, guna menjaga fokus dan arah proses penelitian yang ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Metode Prototyping

Pada Gambar 1 merupakan diagram metode prototyping yang dimana terdapat enam langkah yang dilakukan. Adapun langkah-langkah pada metode prototypeing diuraikan sebagai berikut.

2.1 Analisis Kebutuhan/ Requirment Gathering

Dalam penelitian ini, analisis kebutuhan yang dilakukan adalah sesuai dengan permasalahan bagaimana sistem prediksi keamanan pada jalur pendakian berbasis IoT untuk meminimalisir terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan pada saat melakukan pendakian gunung. Berdasarkan analisis akan kebutuhan yang diperlukan dalam membangun sistem prediksi keamanan pada jalur pendakian berbasis IoT, diperoleh gambaran mengenai komponen, perangkat, serta fungsi yang diperlukan dalam pengembangan sistem. Adapun rincian kebutuhan yang menjadi dasar dalam pembangunan sistem tersebut dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat Keras	Keterangan
Mikrokontroler ESP 32	Mikrokontroler ESP32 berfungsi untuk memproses data pembacaan dari sensor sekaligus berfungsi untuk melakukan pengiriman data ke server
DHT 22	Sensor yang berfungsi untuk mengukur nilai suhu dan kelembaban udara
Anemometer	Sensor yang berfungsi untuk mengukur nilai kecepatan angin
Oled 0.96 inci	Layar Oled yang digunakan untuk menampilkan data pada perangkat keras
Breadboard	Breadboard berfungsi sebagai papan kerja untuk menyatukan sensor dengan mikrokontroler

Pada Tabel 1 dapat dilihat kebutuhan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini. Perangkat utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk memproses data sensor sekaligus mengirimkan data ke server. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sedangkan sensor anemometer berfungsi untuk mengetahui kecepatan angin. Selain itu, layar OLED 0,96 inci digunakan untuk menampilkan data secara langsung, dan breadboard dimanfaatkan sebagai papan kerja untuk menyatukan sensor dengan mikrokontroler.

Tabel 2. Kebutuhan Perangkat Lunak

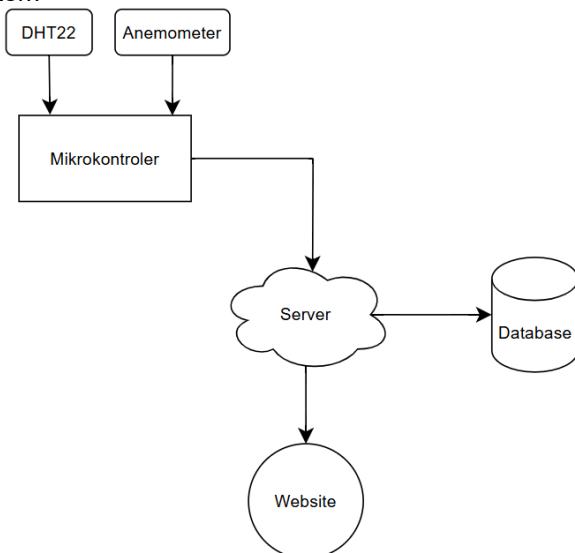
Perangkat Lunak	Keterangan
Visual Studio Code	Text Editor yang digunakan dalam pengembangan system
Arduino IDE	Development Environment yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler
Google Chrome	Web Browser yang digunakan untuk menjalankan aplikasi
Flask	Merupakan Server yang digunakan dalam pengembangan system

Pada Tabel 2 ditunjukkan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem. Visual Studio Code berfungsi sebagai text editor yang mendukung penulisan kode program. Arduino IDE digunakan sebagai environment untuk memprogram mikrokontroler ESP32. Google Chrome dimanfaatkan sebagai web browser untuk menjalankan dan menguji aplikasi yang telah dibuat. Sedangkan Flask digunakan sebagai server dalam proses pengembangan sistem, khususnya untuk menghubungkan data dari perangkat keras dengan aplikasi.

2.2 Desain Sistem/ Quick Design

Desain sistem dalam penelitian ini digambarkan ke dalam beberapa diagram yang menjelaskan alur sistem bekerja serta desain alat yang akan dibuat.

2.2.1 Alur Kerja Sistem



Gambar 2. Alur Kerja Sistem

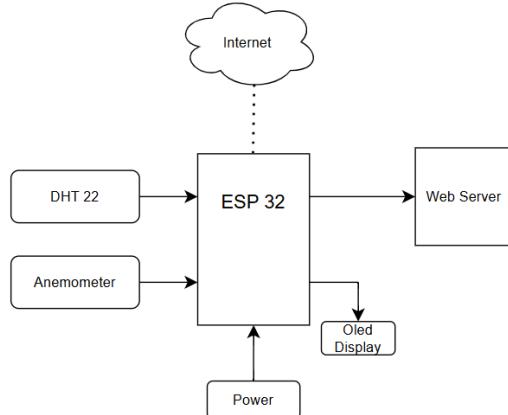
Pada Gambar 2 alur kerja sistem secara umum sistem akan melakukan pembacaan data terhadap beberapa parameter, dimana parameter yang digunakan adalah suhu udara, kelembaban

Rancangan Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin Untuk Memprediksi Keamanan Jalur Pendakian

udara dan kecepatan angin. Dimana hasil pembacaan akan dikirimkan oleh mikrokontroler ke web server melalui jaringan. Data yang telah dikirim ke web server nantinya akan dilakukan analisis menggunakan model yang sudah dibuat dengan algoritma *decision tree*, hasil analisis dari model dan data yang dikirimkan dari sensor akan ditampilkan di website.

Sistem yang akan dibuat dalam penelitian ini terdiri dari dua komponen, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang agar saling terintegrasi. Rancangan dari perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dibuat dijabarkan pada subbab bagian perancangan perangkat keras serta perancangan perangkat lunak.

2.2.2 Perancangan Perangkat Keras

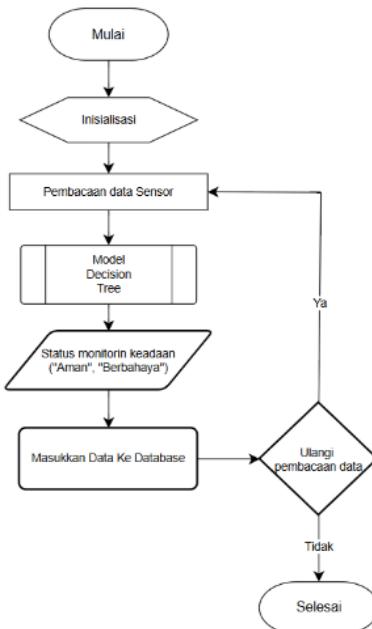


Gambar 3. Desain Perangkat Keras

Pada Gambar 3 merupakan rancangan desain perangkat keras yang akan dibuat, di mana sensor DHT22 dan sensor anemometer digunakan sebagai parameter untuk mengukur kondisi lingkungan. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, kemudian sensor Anemometer digunakan untuk mengukur seberapa kencang kecepatan angin, dan layar OLED berfungsi sebagai perangkat keras yang menampilkan data dari sensor. Data dari kedua sensor tersebut nantinya akan mempengaruhi status atau keputusan dari model yang telah dibuat. Data hasil pembacaan dari sensor selanjutnya akan diolah di dalam mikrokontroler yang mana dalam hal ini digunakan ESP32 Devkit V1, data yang telah diolah ini kemudian dikirimkan ke web server sebagai data hasil monitoring yang nantinya akan disajikan dalam bentuk website. Proses pengiriman data ke server dilakukan dengan memanfaatkan modul WiFi yang telah terintegrasi dalam ESP32 Devkit V1.

2.2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap implementasi, sistem ini akan menggunakan sebuah website untuk memantau kondisi berdasarkan data yang diperoleh dari alat yang telah dirancang. Adapun alur kerja yang dilakukan dalam perangkat lunak tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Perangkat Lunak Sistem

Pada Gambar 4 merupakan desain rancangan perangkat lunak yang akan dibuat nantinya. Perangkat lunak ini dibuat dalam bentuk website. Hal yang dilakukan pertama adalah melakukan inisialisasi variabel-variabel yang akan digunakan dalam perhitungan algoritma *Decision Tree*. Kemudian melakukan pembacaan data hasil dari sensor yang dikirim oleh mikrokontroler. Data hasil pembacaan sensor kemudian dilakukan proses klasifikasi dengan algoritma *Decision Tree*. Setelah didapatkan output dari klasifikasi, maka selanjutnya data dan hasil klasifikasi tersebut disimpan ke database, selanjutnya data akan ditampilkan di dashboard sebagai informasi hasil monitoring jalur pendakian gunung serta status apakah aman atau berbahaya.

2.3 Implementasi/Building Prototype

Pembuatan alat serta perangkat lunak dilakukan pada tahap ini. Alat dibuat sesuai dengan rancangan pada perangkat keras yang terdiri dari beberapa komponen. Kemudian perangkat lunak yang dibuat sesuai dengan rancangan perangkat lunak yang telah digambarkan, dimana nantinya perangkat lunak yang dihasilkan adalah berupa sebuah website yang berisi informasi monitoring keadaan keamanan pada jalur pendakian.

2.4 Pengujian/ Evaluation

Pada tahapan ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah selesai dirancang. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap proses pada sistem bekerja dengan baik. Kemudian dilakukan pengujian terhadap algoritma *decision tree* untuk mengetahui seberapa akurat model yang telah dibuat. Berikut adalah beberapa tahapan yang akan dilakukan dalam tahap pengujian :

- Pengujian Hardware
Pada tahap ini dilakukan untuk memastikan sensor dan mikrokontroler berfungsi dengan baik, mampu membaca data dengan akurat, serta mengirimkan data ke server secara stabil.
- Pengujian Aplikasi
Pada tahap ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan aplikasi dalam menerima, mengolah, menyimpan, dan menampilkan data sensor secara real-time, termasuk menilai fitur grafik, klasifikasi, dan riwayat data.
- Evaluasi Model *Decision Tree*
Tahap evaluasi terhadap metode dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode confusion matrix. Confusion matrix merupakan sebuah metode evaluasi yang umum digunakan untuk mengukur prestasi algoritma *Decision Tree* dalam melakukan klasifikasi. Confusion matrix memberikan gambaran seberapa baik model *Decision Tree* dalam mengklasifikasi data ke dalam kelas yang benar [13].

2.5 Desain Ulang Prototype/Refining Prototype

Tahap Refining Prototype adalah proses penyempurnaan prototype berdasarkan umpan balik yang diperoleh dari pengguna Tujuannya adalah agar prototipe semakin mendekati ekspektasi, tujuan

dan kebutuhan sistem yang sebenarnya. Proses refining dilakukan secara iteratif, artinya prototipe dapat diperbaiki dan diuji ulang berkali-kali hingga mencapai hasil akhir yang diinginkan.

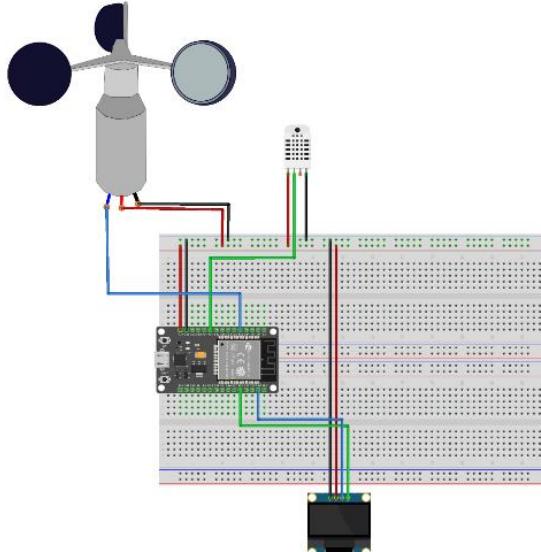
2.6 Engineering and Implementation/Rekayasa dan Implementasi

Tahap Engineering & Implementation merupakan tahap di mana prototype yang telah disempurnakan dan dikembangkan menjadi sistem akhir yang siap digunakan sebagaimana mestinya sesuai dengan tujuan awal dibangunnya sistem. Tujuan utama dari tahap ini adalah menghasilkan sistem yang tidak hanya berfungsi sesuai kebutuhan, tetapi juga aman, dan mudah dipelihara.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perangkat Keras

Perangkat keras pada penelitian ini berfungsi untuk memperoleh data kondisi lingkungan berupa suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin sebagai parameter prediksi keamanan. Data diperoleh melalui sensor DHT22 (suhu dan kelembaban) serta anemometer (kecepatan angin). Rangkaian skematik alat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Skematik Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 5, rangkaian skematik alat yang dibuat dalam penelitian ini menunjukkan sistem berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama. ESP32 bertanggung jawab dalam mengatur operasional sistem, memproses data dari sensor, dan mengirimkan informasi ke server. Pada rangkaian ini, digunakan dua buah sensor berfungsi sebagai pembaca keadaan lingkungan.

Tabel 3. Koneksi Pin pada Mikrokontroler

Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32
DHT22	VCC	5V
	GND	GROUND
	DATA	GPIO 27
Anemometer	VCC	5V
	GND	GROUND
	DATA	GPIO 35
Layar OLED 0,96 inch	VCC	5V
	GND	GROUND
	SDA	GPIO 21
	SCL	GPIO 22

Pada Tabel 3 di atas menunjukkan koneksi komponen dengan ESP32, yaitu sensor DHT22 (VCC–5V, GND–GROUND, DATA–GPIO27) untuk membaca suhu dan kelembaban, sensor anemometer (VCC–5V, GND–GROUND, DATA–GPIO35) untuk kecepatan angin, serta layar OLED

0,96 inci dengan antarmuka I2C (VCC–5V, GND–GROUND, SDA–GPIO21, SCL–GPIO22) untuk menampilkan data.

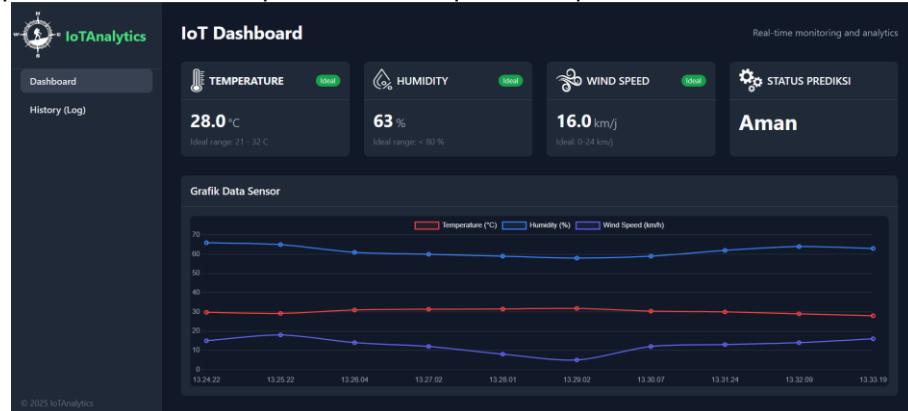


Gambar 6. Hasil Implementasi Alat

Pada gambar 6 merupakan implementasi perangkat keras dari sistem yang telah dirancang, dalam implementasinya dapat dilihat terdapat sebuah mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor DHT22, sensor Anemometer dan layar OLED 0,96 inci.

3.2 Tampilan Website

Tampilan dari halaman website yang telah dirancang menampilkan grafik, tabel riwayat, dan status prediksi pada dashboard. Tampilan website dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Dashboard Sistem

Pada Gambar 7 menunjukkan tampilan dashboard sistem yang menampilkan informasi suhu, kelembaban, kecepatan angin, serta hasil prediksi model. Dashboard juga menyajikan nilai ideal setiap parameter, status kondisi (optimal atau danger), serta grafik tren data sensor.

Timestamp	Temperature (°C)	Humidity (%)	Windspeed (km/h)	Result
14/07/2025, 05.07.34	28.3	83	0.0	Berbahaya
14/07/2025, 05.07.14	28.3	83	6.8	Berbahaya
14/07/2025, 05.06.54	28.3	83	9.3	Berbahaya
14/07/2025, 05.06.33	28.3	83	10.2	Berbahaya
14/07/2025, 05.06.13	28.3	84	12.9	Berbahaya
14/07/2025, 05.05.53	28.2	84	10.5	Berbahaya
14/07/2025, 05.05.33	28.1	84	0.0	Berbahaya
14/07/2025, 04.48.38	31.2	55	33.0	Aman
14/07/2025, 04.46.31	26.0	73	19.0	Aman
14/07/2025, 04.45.37	16.0	83	16.0	Berbahaya

Gambar 8. Tampilan Log Data

Gambar 4.6 menunjukkan tampilan halaman log data sensor yang berisi seluruh hasil monitoring dari database, termasuk catatan aktivitas sensor dan hasil klasifikasi model.

3.3 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen fisik yang digunakan dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor dalam membaca data lingkungan.

Tabel 4. Pengujian Sensor

No	Fitur yang Diuji	Input Uji	Ekspektasi Output	Hasil Aktual	Status
1	Pengukuran suhu	Sensor didekatkan dengan sumber panas	Suhu meningkat	Suhu meningkat	✓ Sesuai
2	Pengukuran suhu	Sensor di dinginkan	Suhu menurun	Suhu menurun	✓ Sesuai
3	Pengukuran kelembaban	Disemprotkan uap	Kelembaban udara meningkat	Kelembaban meningkat	✓ Sesuai
4	Pengukuran kelembaban	Disemprotkan air berbentuk aerosol	Kelembaban udara meningkat	Kelembaban meningkat	✓ Sesuai
5	Pengukuran kecepatan angin	Sensor tidak bergerak	Data yang terbaca adalah 0	Data Sesuai	✓ Sesuai
6	Pengukuran kecepatan angin	Sensor bergerak	Data yang terbaca adalah >0	Data Sesuai	✓ Sesuai

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa seluruh sensor yang digunakan, yaitu DHT22 untuk pengukuran suhu dan kelembaban serta anemometer untuk pengukuran kecepatan angin, telah berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan. Setiap pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu merespons perubahan kondisi lingkungan dengan benar, baik pada saat terjadi peningkatan maupun penurunan suhu, kelembaban, maupun perubahan kecepatan angin. Hal ini membuktikan bahwa perangkat keras yang digunakan layak untuk digunakan dalam membangun sistem.

Tabel 5. Pengujian Fungsionalitas Hardware

No	Fitur yang Diuji	Input Uji	Ekspektasi Output	Hasil Aktual	Status
1	ESP32 pembacaan data sensor	Loop pembacaan tiap 5 detik selama 5 menit	Data sensor terbaca tanpa "NaN" atau outlier ekstreme	Data Sesuai	✓ Sesuai
2	Modul koneksi ESP32	Koneksi ke SSID wi-fi	Tersambung dan memperoleh alamat IP	Terhubung ke wi-fi	✓ Sesuai
3	Menampilkan data pada layar OLED	Render data sensor pada modul OLED	Data tampil sesuai dengan serial monitor IDE	Data Sesuai	✓ Sesuai
4	Pengiriman data dari	Sensor membaca data	Data terkirim dan respon	Status : SUKSESS	✓ Sesuai

No	Fitur yang Diuji	Input Uji	Ekspektasi Output	Hasil Aktual	Status
	mikrokontroler ke server	(suhu 28,3°C, kelembaban 83% dan kecepatan angin 9km/j	server 200 status “SUKSESS”		
5	Koneksi internet terputus	Sensor membaca data tetapi internet terputus	Data tidak terkirim ke server	Data tidak terkirim	✓ Sesuai
6	Sumber daya hardware	Adaptor / powerbank 5V selama 6 jam	Tidak reset / burnout	Tidak terdapat kendala reset / burnout	✓ Sesuai
7	Stabilitas hardware	Running test selama 6 jam	Hardware bekerja dengan semestinya tanpa gangguan	Tidak terdapat gangguan pada hardware	✓ Sesuai

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa seluruh perangkat keras pada sistem, meliputi ESP32, modul koneksi WiFi, layar OLED, serta catu daya, mampu berfungsi dengan baik sesuai rancangan. ESP32 terbukti dapat membaca data sensor secara konsisten tanpa error, menampilkan hasil dengan benar pada layar OLED, dan berhasil mengirimkan data ke server. Selain itu, perangkat juga mampu menangani kondisi ketika koneksi internet terputus dengan tidak mengirimkan data, serta menunjukkan performa yang stabil tanpa terjadi reset maupun gangguan selama pengujian jangka panjang. Hal ini membuktikan bahwa perangkat keras yang digunakan layak untuk diimplementasikan pada sistem.

3.4 Pengujian Aplikasi

Pengujian pada perangkat lunak dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian dilakukan untuk memastikan aplikasi dapat menerima data dari perangkat keras, memprosesnya dengan model, menyimpan ke basis data, serta menampilkan informasi secara real-time melalui dashboard, termasuk data sensor, grafik, hasil klasifikasi, dan riwayat data.

Tabel 6. Pengujian Fungsionalitas Aplikasi

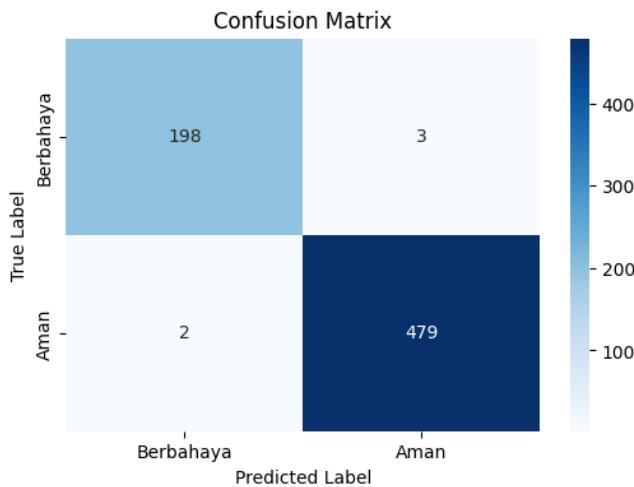
No.	Fitur yang Diuji	Input Uji	Ekspektasi Output	Hasil Aktual	Status
1	Pembacaan data yang dikirim dari mikrokontroler	Sensor membaca data (suhu 28,3°C, kelembaban 83% dan kecepatan angin 9km/j	Respon server 200 dan mereturn status “SUKSESS”	Status : SUKSESS	✓ Sesuai
2	Load model untuk melakukan klasifikasi	Data sensor yang berhasil dikirim kemudian diklasifikasi oleh model	Berhasil terklasifikasi oleh model (Aman / Berbahaya) sesuai data	Data berhasil di klasifikasi	✓ Sesuai
3	Menyimpan data ke database	Data sensor dan hasil klasifikasi	Data tersimpan di database	Data tersimpan dengan benar	✓ Sesuai

No.	Fitur yang Diuji	Input Uji	Ekspektasi Output	Hasil Aktual	Status
		dikirim ke database			
4	Tampilkan data sensor realtime	Mengambil data terbaru dari database	Data terbaru tampil di dashboard secara otomatis	Data tampil sesuai dengan pembacaan sensor dan hasil klasifikasi model	✓ Sesuai
5	Grafik data	Data sensor dikirim terus-menerus selama 5 menit	Grafik menampilkan perubahan nilai sesuai waktu	Grafik menampilkan kurva naik \ turun sesuai data sensor	✓ Sesuai
6	Log data	Mengambil seluruh data di database	Menampilkan seluruh data yang tersimpan di database	Data tampil sesuai database	✓ Sesuai
7	Refresh halaman	Halaman dashboard dan log data direfresh	Data tetap terbaca dan halaman berjalan normal	Data tampil kembali tanpa eror	✓ Sesuai
8	Koneksi internet terputus	Memutuskan koneksi internet mikrokontroler	Dashboard tidak mengupdate data	Data berhenti update	✓ Sesuai

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa seluruh fitur perangkat lunak pada sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan. Server mampu menerima data dari mikrokontroler dengan baik, melakukan pemutusan model machine learning, serta menghasilkan klasifikasi kondisi secara tepat. Data hasil pengukuran dan klasifikasi dapat tersimpan dengan benar di dalam database, ditampilkan secara realtime di dashboard, divisualisasikan melalui grafik, dan ditampilkan kembali pada log data. Selain itu, sistem juga mampu memberikan respon yang sesuai saat koneksi internet terputus, yaitu dengan menghentikan pembaruan data di dashboard. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat lunak yang dikembangkan telah berfungsi secara optimal.

3.5 Evaluasi Model

Evaluasi performa model terhadap seluruh data untuk mengetahui seberapa baik model mengklasifikasi seluruh sampel yang ada. Metrik yang digunakan adalah akurasi keseluruhan dan confusion matrix. Confusion matrix memberikan informasi mengenai jumlah prediksi yang benar maupun yang salah untuk setiap kategori label.



Gambar 9. Confusion Matrix

Pada Gambar 9 menampilkan hasil confusion matrix, model klasifikasi decision tree menunjukkan performa yang sangat baik dalam membedakan antara kondisi berbahaya dan aman. Dari total 682 data uji, model berhasil mengklasifikasikan 198 data berbahaya dengan benar dan 479 data aman dengan benar. Hanya terdapat 3 data berbahaya yang salah diklasifikasikan sebagai aman dan 2 data aman yang salah diklasifikasikan sebagai berbahaya.

Tabel 7. Akurasi Pengujian Model

Metric	Nilai
Accuracy	99.27%
Precision	0.99
Recall	0.99
F1-Score	0.99

Pada Tabel 7 ditampilkan hasil akurasi pengujian model yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model memiliki nilai accuracy sebesar 99,27%, dengan precision, recall, dan F1-score masing-masing bernilai 0,99.

4. Kesimpulan

Akurasi Algoritma Decision Tree dalam Klasifikasi Data: Penggunaan algoritma Decision Tree untuk mengklasifikasi keamanan pada jalur pendakian berdasarkan suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dengan akurasi 99,27%. Hasil ini menunjukkan bahwa model klasifikasi yang telah dibangun mampu sangat baik membedakan antara kondisi aman dan berbahaya berdasarkan ketiga parameter cuaca tersebut. Akurasi yang sangat tinggi menunjukkan bahwa model Decision Tree yang digunakan sangat baik dalam sistem prediksi atau pemantauan seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Perancangan sistem prediksi keamanan pada jalur pendakian: Perancangan sistem prediksi keamanan pada jalur pendakian berbasis IoT berhasil dilakukan dengan memadukan perangkat keras dan perangkat lunak secara terintegrasi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban udara, serta sensor Anemometer untuk mengukur kecepatan angin. Data yang diperoleh dari sensor ditampilkan secara lokal melalui layar OLED 0,96 inci, serta dikirimkan ke server menggunakan koneksi WiFi dari ESP32. Pada sisi perangkat lunak, sistem ini dibangun dengan bahasa pemrograman python dengan framework flask sebagai webserver. Webserver menerima data dari mikrokontroler yang kemudian data tersebut langsung diklasifikasikan menggunakan model machine learning dengan algoritma Decision Tree yang telah dibangun. Hasil klasifikasi ini menentukan kondisi keamanan jalur pendakian berdasarkan parameter data, kemudian disimpan dalam database dan ditampilkan pada antarmuka website. Hasil pengujian fungsionalitas pada penelitian ini menunjukkan seluruh perangkat keras pada sistem, meliputi ESP32, modul koneksi WiFi, layar OLED, serta catu daya, mampu berfungsi dengan baik sesuai rancangan. Sejalan dengan itu, hasil pengujian fungsionalitas aplikasi juga menunjukkan bahwa seluruh perangkat keras pada sistem, meliputi ESP32, modul koneksi WiFi, layar OLED, serta catu daya, mampu berfungsi dengan baik sesuai rancangan.

Referensi

- [1] A. Primanda, L. Ode, and S. Maftuh, "Perancangan Media Informasi untuk Pendaki Gunung Pemula (Studi Kasus: Jawa Barat)," *Jurnal Visualaras*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [2] U. N. Mustaniroh, Purwanto, and M. Pudail, "Analisis Daya Tarik Wisata Pendakian Gunung Andong dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Dusun Sawit Kabupaten Magelang: Ditinjau dari Maqashid Syariah," *Jurnal Mirai Management*, vol. 8, no. 1, pp. 767–779, 2023.
- [3] J. Parung, R. Ikawaty, and J. Untung, "Penggunaan Virtual Reality untuk Melatih Pemandu Wisata Gunung Menangani Pertolongan Pertama pada Kecelakaan di Atas Gunung," *Jurnal Abdi Insani*, vol. 11, no. 4, pp. 1683–1690, Nov. 2024, doi: 10.29303/abdiinsani.v11i4.1972.
- [4] A. A. Pamungkas, M. R. K. P. Wardana, A. D. Oktavian, D. F. Primadani, D. N. A. Tsaqif, and S. Sholiq, "Pengembangan Desain Pengalaman Pengguna Sistem Monitoring Pendaki Gunung Berbasis GPS dan LoRa dengan Metode Agile Scrum," *Bridge : Jurnal publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, vol. 2, no. 3, pp. 39–53, Jun. 2024, doi: 10.62951/bridge.v2i3.97.
- [5] G. Aprelianto, A. Setiawan, and J. Prestilliano, "Perancangan Board Game sebagai Media Pembelajaran tentang Pendakian Gunung," *Jurnal Desain Komunikasi Visual Asia (JESKOVSIA)*, vol. 06, no. 01, pp. 2597–4300, 2022.
- [6] N. Widayantti and A. R. Lestari, "Hubungan Kematangan Emosi Dengan Persepsi Terhadap Risiko Kecelakaan Pendakian Gunung Dan Pendaki Gunung Di Jawa Tengah," *Jurnal Psikologi Mandiri*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [7] Mappagio, M. Ardita, and Sotyohadi, "Sistem Monitoring Multi Sensor untuk Mengetahui Perubahan Cuaca," *Magnetika*, vol. 8, no. 1, pp. 316–324, 2024.
- [8] A. S. Ratri, V. C. Poekoel, and A. M. Rumagi, "Design Of Weather Condition Monitoring System Based On Internet Of Things," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 17, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [9] Efendi, "Inernet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018.
- [10] R. N. Ramadhan, A. Ogi, A. P. Agung, R. Putra, S. S. Febrihartina, and U. Firdaus, "Implementasi Algoritma Decision Tree untuk Klasifikasi Pelanggan Aktif atau Tidak Aktif pada Data Bank," *KarimahTauhid*, vol. 3, no. 2, pp. 1860–1874, 2024.
- [11] D. Sartika and D. I. Sensuse, "Perbandingan Algoritma Klasifikasi Naive Bayes, Nearest Neighbour, dan Decision Tree pada Studi Kasus Pengambilan Keputusan Pemilihan Pola Pakaian," *Jastisi*, vol. 1, no. 2, pp. 151–161, 2017.
- [12] S. Anawar *et al.*, "Multi-Layer Privacy-Preserving (MPP) Mechanism for Protected Health Information (PHI) In A Health Campaign Management System," *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 21, no. 10, pp. 210–218, 2021, doi: 10.22937/IJCSNS.2021.21.10.29.
- [13] O. Somantri, W. E. Nugroho, and A. R. Supriyono, "Penerapan Feature Selection Pada Algoritma Decision Tree Untuk Menentukan Pola Rekomendasi Dini Konseling," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 4, no. 2, pp. 263–279, Dec. 2022, doi: 10.30865/json.v4i2.5345.