



Smart Tracker Pendaki Gunung Dengan Deteksi Suhu Lingkungan, Gerakan Pendaki Dan Lokasi Berbasis Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Ilham Dwi Prasetyo¹, Abdur Rabi'², Rahman Arifuddin³

^{1,2,3}Universitas Merdeka Malang,

Jalan Terusan Dieng No.62-64, Malang 65146

ilh4m19@gmail.com, arrabik@unmer.ac.id, rahman.arifuddin@unmer.ac.id

ARTICLE INFO

Article History

Submission : 26-05-2026

Revision : 05-06-2026

Accepted : 08-09-2026

Kata Kunci:

smart tracker, pendaki gunung, fuzzy mamdani, Arduino Uno, DHT22, MPU6050

ABSTRAK

Kegiatan pendakian gunung memiliki risiko tinggi terhadap kondisi lingkungan seperti suhu ekstrem, medan yang sulit, serta potensi kelelahan dan hilangnya pendaki. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem pemantauan yang mampu memberikan informasi kondisi pendaki secara otomatis melalui SMS. Pada penelitian ini dirancang dan dibangun sebuah *Smart Tracker* Pendaki Gunung berbasis Arduino Uno, yang dilengkapi dengan sensor suhu DHT22, sensor gerak MPU6050, modul GPS NEO-6M, dan modul komunikasi GSM SIM800L. Data suhu dan gerakan diolah menggunakan metode logika fuzzy Mamdani untuk menentukan status kondisi pendaki, yaitu Aman, Waspada, atau Bahaya. Apabila sistem mendeteksi kondisi Bahaya (misalnya suhu rendah dan gerakan pasif yang mengindikasikan risiko *hipotermia*), maka perangkat akan mengaktifkan *buzzer* dan mengirimkan pesan SMS beserta koordinat lokasi terakhir ke nomor yang telah ditentukan. Sistem juga menyediakan tiga tombol, yaitu tombol SOS, Aman, dan Kirim Lokasi, guna memberikan kontrol manual kepada pendaki.

This is an open access article under license [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang kaya akan pegunungan. Baik itu gunung api aktif maupun yang sudah tidak aktif. Indonesia memiliki 127 gunung api aktif, dan sekitar 500 gunung api yang sudah tidak aktif [1]. Kondisi tersebut menjadikan pendakian gunung sebagai aktivitas outdoor yang banyak diminati. Namun, pendakian juga memiliki risiko apabila tidak disertai persiapan yang matang [2] [3].

Beberapa kasus hilangnya pendaki cukup menjadi perhatian karena dapat disebabkan oleh cuaca ekstrem, kelelahan fisik, dan kurangnya pemahaman terhadap medan. Kondisi medan yang sulit serta keterbatasan sinyal komunikasi di pegunungan juga dapat menghambat proses pencarian dan penyelamatan. [4]

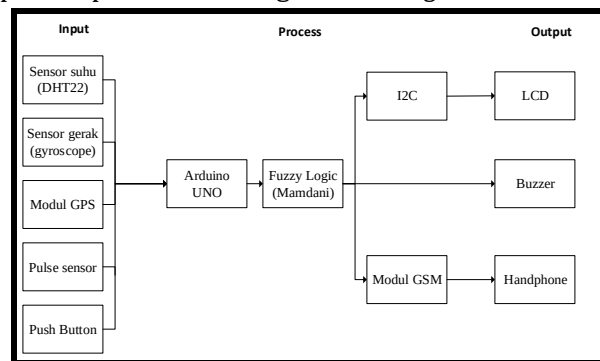
Berdasarkan permasalahan tersebut, dirancang sebuah alat *smart tracker* pendaki gunung yang dilengkapi dengan kemampuan pendeteksi suhu lingkungan, pergerakan pendaki, deteksi detak jantung dan titik lokasi yang dilacak melalui sinyal GPS. [5] Penelitian ini mengembangkan penelitian sebelumnya dengan mengintegrasikan pemantauan lingkungan dan aktivitas pendaki menggunakan sensor suhu dan gerak, serta menerapkan fuzzy Mamdani

untuk menentukan kondisi pendaki berdasarkan suhu dan gerakan menjadi Aman, Waspada, atau Bahay [6] [7] [8].

Selain sistem otomatis, alat ini dilengkapi tiga tombol manual, yaitu tombol SOS untuk mengirimkan informasi bahaya, tombol Aman untuk membatalkan SOS dan menginformasikan kondisi aman, serta tombol kirim lokasi untuk mengirimkan data suhu, gerakan, dan lokasi pendaki.

2. Metode Penelitian

Pada alat *smart tracker* pendaki gunung dengan deteksi suhu lingkungan, gerakan pendaki, dan lokasi berbasis arduino yang menggunakan metode fuzzy mamdani dilakukan pengujian dari beberapa tahapan sesuai dengan *blok diagram* dimulai dari *input* hingga *output*

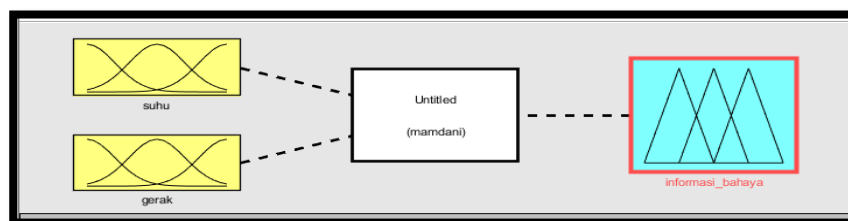


Gambar 1. Blok Diagram

Berdasarkan Gambar 1. sistem menggunakan sensor suhu untuk mendeteksi suhu lingkungan, gyroscope MPU6056 untuk mendeteksi pergerakan pendaki, GPS untuk memperoleh koordinat lokasi yang dikirim melalui jaringan GSM dalam bentuk SMS, pulse sensor untuk mendeteksi detak jantung, serta push button untuk mengirimkan kondisi pendaki secara manual.

Metode Fuzzy Mamdani digunakan sebagai sistem pengambilan keputusan berdasarkan suhu lingkungan dan gerakan pendaki. Prosesnya terdiri dari empat tahap, yaitu fuzzifikasi untuk mengubah nilai sensor menjadi nilai linguistik, pembentukan rule base IF-THEN, inferensi fuzzy menggunakan operator AND (minimum), dan defuzzifikasi dengan metode centroid untuk menentukan status Aman, Waspada, atau Bahaya. [9] [10]

Pada alat *smart tracker* pendaki gunung ini menggunakan fuzzy mamdani sebagai sistem otomatis untuk mengidentifikasi kondisi pendaki.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan

Pada gambar 2 merupakan fungsi keanggotaan fuzzy dimana terdapat dua *inputan* yaitu sensor suhu dan sensor gerak yang akan diolah melalui fuzzy mamdani sebagai sistem otomatis dan akan mengeluarkan tiga kondisi *output* yaitu aman, waspada, dan bahaya [11].

3. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil dan pembahasan ini untuk menguji dan menganalisa dari setiap sensor atau *input* dan *output* sesuai dengan blok diagram

3.1 Pengujian sensor suhu

pengujian sensor suhu dilakukan pengujian menggunakan perbandingan antara sensor suhu DHT22 dengan thermometer digital. Didapatkan seperti tabel berikut :

Table 1: Pengujian Sensor Suhu

NO	Suhu thermometer (°C)	Sensor DHT (°C)	Error
1	26,9	26	-3,3%
2	25,6	25	-2,3%
3	24,1	24	-0,4%
4	23,2	23	-0,8%
5	22,0	22	0%
6	21,2	21	-0,9%
7	20,3	20	-1,4%
8	19,4	19	-2,1%
9	18,5	18	-2,7%
10	16,9	16	-5,3%
	Rata-rata		-1,92%

Berdasarkan tabel tersebut perbandingan antara sensor suhu yang menggunakan *thermometer digital* dengan sensor DHT22 didapatkan hasil yang cukup akurat dengan rata-rata *margin error* hanya sebesar -1,92%. Pengujian sensor suhu masih dilakukan pada rentang suhu 16°C hingga 27°C sehingga belum merepresentasikan seluruh kondisi lingkungan ekstrem yang mungkin ditemui pada pendakian gunung [12].

3.2 Pengujian sensor gerak MPU 6050

Pengujian sensor gerak dilakukan dengan cara melakukan perbandingan waktu yang diberikan dalam program dengan waktu pergerakan secara *real-time*

Tabel 2. Pengujian Sensor Gerak

Gerak	Waktu	Program
Aktif	< 20,54 menit	≤ 20 menit
Normal / pasif	≥ 20,54 && ≤ 26,09 menit	≥ 20 && ≤ 25 menit
Berhenti	> 26,09 menit	≥ 25 menit

Berdasarkan tabel tersebut setelah melakukan pengukuran waktu secara *real-time* dengan waktu pada program terdapat selisih waktu ±1 menit.. Pengujian sensor gerak masih

terbatas pada aktivitas diam dan bergerak normal sehingga belum mencakup simulasi jatuh, terpelesep, maupun kondisi kelelahan ekstrem.

3.3 Pengujian Modul GPS

pengujian modul GPS dilakukan dengan cara membaca hasil dari pengiriman lokasi sesuai titik koordinat (*latitude* dan *longitude*) yang didapatkan dalam bentuk *link google map* dengan titik lokasi sebenarnya.

Tabel 3: Pengujian Modul GPS

No	koordinat	Akurasi	No	koordinat	Akurasi
1	https://maps.google.com/?q=-8.096404,112.517610	± 3 m	6	https://maps.google.com/?q=-8.096410,112.517640	±5 m
2	https://maps.google.com/?q=-8.096391,112.517610	±2 m	7	https://maps.google.com/?q=-8.096395,112.517630	±4 m
3	https://maps.google.com/?q=-8.096391,112.517610	±2m	8	https://maps.google.com/?q=-8.096406,112.517610	±3 m
4	https://maps.google.com/?q=-8.096396,112.517620	±3 m	9	https://maps.google.com/?q=-8.096433,112.517610	±6 m
5	https://maps.google.com/?q=-8.096408,112.517630	±4 m	10	https://maps.google.com/?q=-8.096412,112.517620	±3 m

Berdasarkan tabel tersebut link GPS yang diperoleh mempunyai jarak rata-rata sekitar ± 3,5 m dari lokasi sebenarnya. Tetapi tingkat akurasi dapat dipengaruhi oleh jumlah satelit yang diterima, kondisi cuaca, serta keberadaan penghalang seperti pepohonan dan tebing.

3.4 Pengujian modul GSM

Pada pengujian modul GSM dilakukan dengan cara mengirimkan perintah melalui tombol SOS, lokasi, dan aman. Untuk menentukan lama waktu proses pengiriman yang dilakukan oleh modul GSM dengan sinyal yang stabil.

Tabel 4: Pengujian Modul GSM

informasi	Lama waktu terkirim	SMS	keterangan
Tombol lokasi	12 detik	https://maps.google.com/?q=-7.942527,112.627100 KONDISI: WASPADA JANTUNG: NORMAL 60 BPM	berhasil
Tombol SOS	11 detik	SOS BAHAYA! Lokasi: https://maps.google.com/?q=-7.942400,112.627080	berhasil
Tombol Aman	10 detik	AMAN 13.20	berhasil

Berdasarkan tabel tersebut hasil pengujian pada modul GSM setelah masing-masing tombol ditekan rata-rata sms akan terkirim dalam waktu 11 detik. Namun pada pengujian lapangan mungkin ditemukan beberapa area lembah dan vegetasi rapat yang menyebabkan kualitas sinyal menurun sehingga pengiriman SMS tidak selalu berhasil. Oleh karena itu, keandalan sistem masih bergantung pada ketersediaan jaringan GSM di lokasi pendakian.

3.5 Pengujian Pulse Sensor

Pada pengujian *pulse sensor* dilakukan dengan cara melakukan perbandingan antara omron *blood pressure monitor* yang juga membaca detak jantung dengan *pulse sensor* dan diperoleh seperti tabel berikut :

Tabel 5: Pengujian Pulse Sensor

No	BPM omron	Pulse sensor	Error
1	81	89	9,7%
2	84	90	7,1%
3	119	103	-13%
4	81	84	3,7%
5	77	81	5,1%
6	73	73	0%
7	75	77	2,6%
8	68	68	0%
		Rata-rata	5,15%

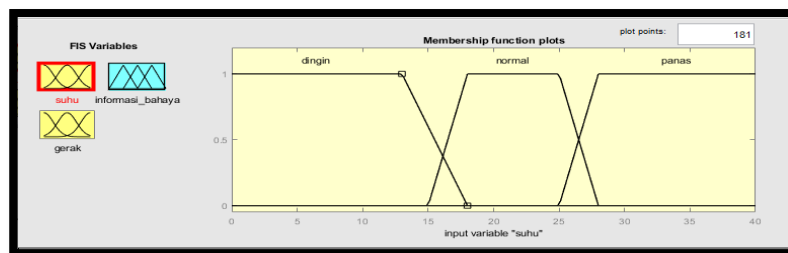
Berdasarkan tabel tersebut menunjukkan bahwa mendapatkan hasil pengukuran yang tidak terlalu jauh dengan rata-rata error sekitar 5,15%.

Pada manusia dalam keadaan normal (istirahat) detak jantung manusia kisaran 60 – 100 BPM, sedangkan jika sedang dalam melakukan aktifitas atau pekerjaan berat bisa mencapai 130 – 160 BPM [13] [14]. Apabila hasil pembacaan pulse sensor berada di bawah 60 BPM atau di atas 160 BPM secara berkelanjutan, sistem akan mengirimkan peringatan melalui SMS.

3.6 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai dari inputan yang bersifat pasti menjadi variabel *linguistic (fuzzy)* menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan pada basis pengetahuan. Dan dari nilai yang sudah di tentukan di kedua sensor tersebut didapatkan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

suhu akan dikategorikan kedalam tiga kondisi berdasarkan rentang Suhu dingin: $\leq 18^{\circ}\text{C}$, Suhu normal: 15°C sampai 28°C , Suhu panas: $\geq 25^{\circ}\text{C}$ [15]



Gambar 4. Derajat Keanggotaan Sensor Suhu

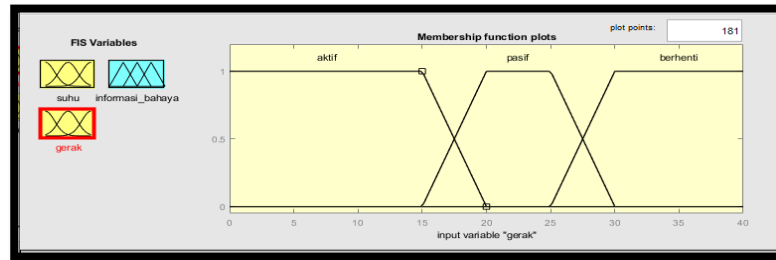
Berdasarkan gambar 4 pada fungsi keanggotaan suhu digunakan kurva trapesium pada masing-masing derajat keanggotaan dikarenakan nilai dari titik puncak pada setiap variabel memiliki nilai lebih dari satu range. Untuk fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu(dingin) = \begin{cases} 0; & X \geq 18 \\ \frac{18-x}{18-15}; & 15 \leq X \leq 18 \\ 1; & X \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu(panas) = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ \frac{x-25}{28-25}; & 25 \leq x \leq 28 \\ 1; & x \geq 28 \end{cases}$$

$$\mu(normal) = \begin{cases} 0; & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 28 \\ \frac{x-15}{18-15}; & 15 \leq x \leq 18 \\ \frac{28-x}{28-25}; & 25 \leq x \leq 28 \end{cases}$$

Gerakan pendaki dikategorikan kedalam tiga kondisi berdasarkan durasi tidak bergerak
Aktif: ≤ 20 menit. Pasif : 15 menit sampai 30 menit. Berhenti : ≥ 25 menit Berhenti : ≥ 25 menit.



Gambar 5. Derajat Keanggotaan Sensor Gerak

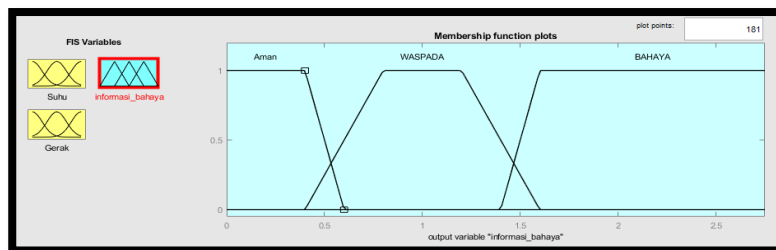
Berdasarkan gambar 5. pada fungsi keanggotaan sensor gerak menggunakan kurva trapesium pada masing-masing derajat keanggotaan dikarenakan nilai dari titik puncak pada setiap variabel memiliki nilai lebih dari satu range. Untuk fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu(aktif) = \begin{cases} 0; & x \geq 20 \\ \frac{x-15}{20-15}; & 15 \leq x \leq 20 \\ 1; & x \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu(berhenti) = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \\ \frac{x-25}{30-25}; & 25 \leq x \leq 30 \\ 1; & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu(pasif) = \begin{cases} 0; & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-15}{20-15}; & 15 \leq x \leq 20 \\ \frac{30-x}{30-25}; & 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

variabel *output* digunakan dalam menentukan kondisi bahaya digambarkan pada derajat keanggotaan nya sebagai berikut:



Gambar 6. Derajat Keanggotaan Informasi Bahaya

Berdasarkan gambar 6 merupakan *output* dari hasil pemrosesan kedua sensor, dimana akan menginformasikan jika didapatkan nilai $\leq 0,6$ maka pendaki dalam kondisi aman, jika didapatkan nilai diantara 0,4 sampai dengan 1,6 maka pendaki dalam kondisi waspada, dan jika didapatkan nilai $\geq 1,4$ maka kondisi pendaki dalam kondisi bahaya.

Berdasarkan derajat keanggotaan dari sensor suhu, sensor gerak dan *output* yang dihasilkan maka disusunlah *rules fuzzy* yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan kondisi bahaya pada pendaki.

Table 6. Rules fuzzy

Rules	Input		Output
	Suhu	Gerak	
R1	Dingin	Aktif	Aman
R2	Dingin	Pasif	Waspada
R3	Dingin	Berhenti	Bahaya
R4	Normal	Aktif	Aman
R5	Normal	Pasif	Aman
R6	Normal	Berhenti	Waspada
R7	Panas	Aktif	Waspada
R8	Panas	Pasif	Aman
R9	Panas	Berhenti	Bahaya

Berdasarkan pada aturan (*rules*) *fuzzy* tersebut jika *output* dalam keadaan Bahaya maka arduino akan mengaktifkan buzzer dan akan memberikan informasi bahaya (SOS) melalui LCD dan akan mengirimkan SMS ke nomor yang sudah di program, begitu juga ketika *output* dalam keadaan Waspada maka LCD akan menampilkan tulisan Waspada, dan jika *output* dalam keadaan Aman maka tidak akan ada kondisi khusus yang diberikan, dan LCD akan menampilkan informasi suhu dan pergerakan.

3.7 Pengujian fuzzy mamdani

Pengujian fuzzy dilakukan untuk menentukan apakah proses fuzzy sudah bekerja dengan baik dengan derajat keanggotaan dan *rules* sesuai dengan yang telah ditentukan.



Gambar 7. Pengujian Fuzzy Mamdani

Pada gambar di atas menunjukkan suhu sebesar 15°C (dingin) dan status pergerakan berhenti maka kondisi dalam status BAHAYA sesuai dengan *rules* (no. 3) yang telah ditentukan sebelumnya. R3 = Jika Suhu Dingin dan Gerak Berhenti maka kondisi Bahaya. Berikut merupakan perhitungan dari fuzzyfikasi

- Fuzzyfikasi

$$\mu(\text{dingin}) = \begin{cases} 0; & X \geq 18 \\ \frac{18-x}{18-15}; & 15 \leq X \leq 18 = \frac{18-15}{18-15} \\ 1; & X \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu(\text{berhenti}) = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \\ \frac{x-25}{30-25}; & 25 \leq x \leq 30 = \frac{30-25}{30-25} \\ 1; & x \geq 30 \end{cases}$$

Dari hasil tersebut maka $\mu(\text{dingin})$ adalah 1 Sedangkan $\mu(\text{berhenti})$ adalah 1

- inferensi

Berikut merupakan Inferensi fuzzy menggunakan operator AND (minimum) untuk menentukan nilai aktivasi setiap aturan.

Table 7. Inferensi Fuzzy

Rules	Inferensi menggunakan operator AND	Rules	Inferensi menggunakan operator AND
R1	$\alpha \text{ predikat } 1 = \mu_{\text{Dingin}}(1) \cap \mu_{\text{Aktif}}(0)$ $= \min(1;0)$ $= 0$	R6	$\alpha \text{ predikat } 6 = \mu_{\text{Normal}}(0) \cap \mu_{\text{Berhenti}}(1)$ $= \min(0;1)$ $= 0$
R2	$\alpha \text{ predikat } 2 = \mu_{\text{Dingin}}(1) \cap \mu_{\text{Pasif}}(0)$ $= \min(1;0)$ $= 0$	R7	$\alpha \text{ predikat } 7 = \mu_{\text{Panas}}(0) \cap \mu_{\text{Aktif}}(0)$ $= \min(0;0)$ $= 0$
R3	$\alpha \text{ predikat } 3 = \mu_{\text{Dingin}}(1) \cap \mu_{\text{Berhenti}}(1)$ $= \min(1;1)$ $= 1$	R8	$\alpha \text{ predikat } 8 = \mu_{\text{Panas}}(0) \cap \mu_{\text{Pasif}}(0)$ $= \min(0;0)$ $= 0$
R4	$\alpha \text{ predikat } 4 = \mu_{\text{Normal}}(0) \cap \mu_{\text{Aktif}}(0)$ $= \min(0;0)$ $= 0$	R9	$\alpha \text{ predikat } 9 = \mu_{\text{Panas}}(0) \cap \mu_{\text{Berhenti}}(1)$ $= \min(0;1)$ $= 0$
R5	$\alpha \text{ predikat } 5 = \mu_{\text{Normal}}(0) \cap \mu_{\text{Pasif}}(0)$ $= \min(0;0)$ $= 0$		

Dikarenakan hanya ada satu rule aktif maka hasil agregasi adalah dari fungsi keanggotaan Bahaya :

$$\mu_{\text{Bahaya}}(z) = \begin{cases} \frac{z-1,4}{1,6-1,4}; & 1,4 \leq z \leq 30 \\ 1; & 1,6 \leq z \leq 2,583 \\ \frac{2,75-z}{2,75-2,583}; & 2,583 \leq z \leq 2,75 \end{cases}$$

- Defuzzyfikasi

Berikut merupakan perhitungan defuzzyfikasi menggunakan metode centroid :

$$z^* = \frac{\int \mu(x) x dx}{\int \mu(x) dx} = \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3}$$

$$\begin{aligned}
 A1 &= \int_{1,4}^{1,6} \frac{z-1,4}{0,2} dz \\
 &= \frac{1}{0,2} \int_{1,4}^{1,6} (z-1,4) dz \\
 &= 5 \left[\frac{(z-1,4)^2}{2} \right]_{1,4}^{1,6} \\
 &= 5 \times \frac{0,2^2}{2} = 0,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A2 &= \int_{1,6}^{2,583} 1 dz = 2,583 - 1,6 \\
 &= 0,983
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A3 &= \int_{2,583}^{2,75} \frac{2,75-z}{0,167} dz \\
 &= \frac{1}{0,167} \left[\frac{(2,75-z)^2}{2} \right]_{2,583}^{2,75} \\
 &= \frac{1}{0,167} \times \frac{0,167^2}{2} = 0,083
 \end{aligned}$$

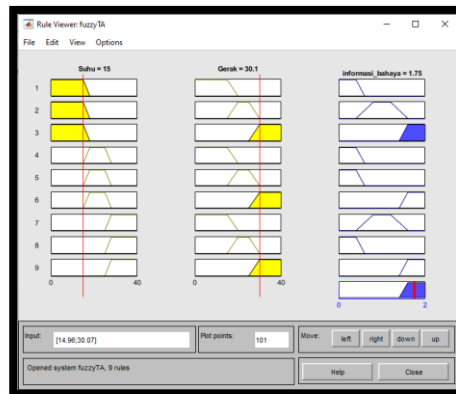
$$\begin{aligned}
 M1 &= \int_{1,4}^{1,6} z \cdot \frac{z-1,4}{0,2} dz \\
 &= 5 \int_{1,4}^{1,6} (z^2 - 1,4z) dz \\
 &= 5 \left[\frac{z^3}{3} - 0,7z^2 \right]_{1,4}^{1,6} = 0,146
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M2 &= \int_{1,6}^{2,583} 1 dz \\
 &= \left[\frac{z^2}{2} \right]_{1,6}^{2,583} = 2,095
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= \int_{2,583}^{2,75} z \cdot \frac{2,75-z}{0,167} dz \\
 &= \frac{1}{0,167} \int_{2,583}^{2,75} (2,75z - z^2) dz \\
 &= \frac{1}{0,167} \left[1,375z^2 - \frac{z^3}{3} \right]_{2,583}^{2,75} = 0,22
 \end{aligned}$$

$$z^* = \frac{\int \mu(x)x dx}{\int \mu(x) dx} = \frac{0,146 + 2,095 + 0,22}{0,1 + 0,98 + 0,083} = \frac{2,46}{1,16} = 2,11$$

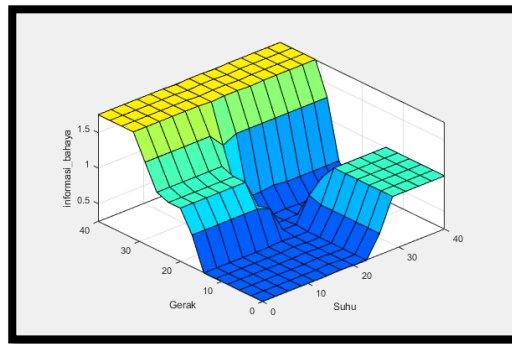
Berikut merupakan proses defuzzifikasi menggunakan matlab (Rule Viewer) :



Gambar 8. Rule Viewer Menggunakan Matlab

Pengujian defuzzifikasi dilakukan melalui perhitungan manual menggunakan metode centroid dan implementasi Fuzzy Mamdani pada MATLAB untuk memvalidasi kesesuaian rules yang telah ditetapkan. Hasil perhitungan manual menghasilkan nilai 2,11, sedangkan MATLAB menghasilkan 1,75. kedua hasil perhitungan pada daerah keluaran Bahaya sehingga menghasilkan keputusan yang sama. Hasil pengujian juga sesuai dengan rule R3, yaitu jika suhu dingin dan gerak berhenti maka kondisi pendaki dinyatakan Bahaya.

Untuk mempermudah dalam mengetahui hubungan antara variabel *input* dan *output* pada metode fuzzy mamdani juga dapat dilihat pada grafik surface berikut ini:



Gambar 9. Grafik Surface

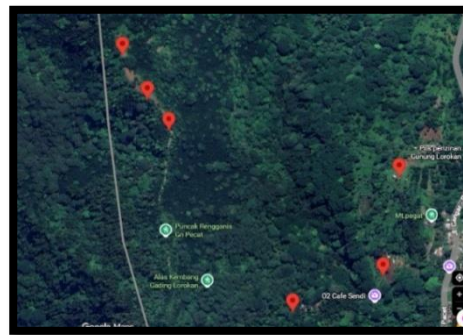
Pada suhu rendah dengan gerakan normal, output sistem berada pada nilai rendah yang menunjukkan kondisi Aman. Ketika suhu meningkat dan gerakan menurun, output meningkat secara bertahap hingga menunjukkan kondisi Waspada. Sementara itu, pada suhu tinggi dengan gerakan sangat rendah atau berhenti, output berada pada nilai tertinggi yang menunjukkan kondisi Bahaya.

3.8 Pengujian Tracking System

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan titik lokasi yang diberikan oleh modul GPS dalam keadaan bergerak. Sekaligus pengujian kualitas sinyal dari modul GSM yang berhasil diperoleh untuk mengirimkan informasi melalui SMS. Berikut hasil yang didapatkan :

3.9.1. Pengujian di Gunung Lorokan

Pengujian dilakukan di Gunung Lorokan Kabupaten Mojokerto dengan ketinggian ± 1100 Mdpl. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui kualitas sinyal yang di dapatkan oleh modul GSM dan modul GPS di dataran tinggi Berikut adalah hasil yang didapatkan :



Gambar 11. Pengujian Tracking Sistem di Gunung Lorokan

Pada gambar 11 menunjukkan titik-titik lokasi penekanan tombol yang dikirimkan oleh alat *smart tracker* pendaki gunung untuk mengirimkan informasi lokasi dan kondisi pendaki melalui SMS. Berikut tabel informasi yang dikirimkan oleh alat *smart tracker* pendaki gunung.

Tabel 9. Pengujian SMS yang diterima

SMS	keterangan
https://maps.google.com/?q=-7.690973,112.528993 KONDISI: WASPADA JANTUNG: NORMAL 61 BPM 06:30	Tekan tombol LOKASI

https://maps.google.com/?q=-7.693044,112.528645 KONDISI: WASPADA JANTUNG: NO DETEC 0 BPM 06.37	Tekan tombol LOKASI
SOS DETAK JANTUNG TIDAK NORMAL! Lokasi: https://maps.google.com/?q=-7.693807,112.526728 06.4	Sistem mendeteksi detak jantung tidak normal
https://maps.google.com/?q=-7.690075,112.524099 KONDISI: WASPADA JANTUNG: WASPADA 105 BPM 06.58	Tekan tombol LOKASI
SOS BAHAYA! https://maps.google.com/?q=-7.688448,112.523144	Tekan tombol SOS
https://maps.google.com/?q=-7.689387,112.523700 KONDISI: AMAN JANTUNG: BAHAYA 0 BPM	Tekan tombol LOKASI

Tabel tersebut menunjukkan hasil SMS yang dikirim setelah tombol LOKASI, AMAN, dan SOS ditekan, berupa link Google Maps, kondisi, dan detak jantung pendaki. Sistem juga secara otomatis mengirimkan informasi lokasi dan peringatan apabila sensor mendeteksi detak jantung tidak normal. Pada pengujian di Gunung Lorokan, pengiriman SMS terkendala pada beberapa area seperti lembah curam dan pepohonan rapat akibat kualitas sinyal yang rendah.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan *smart tracker* pendaki gunung berbasis arduino uno dengan metode fuzzy mamdani untuk memantau kondisi pendaki berdasarkan suhu dan gerakan serta mengklasifikasikannya menjadi Aman, Waspada, dan Bahaya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki rata-rata error 1,92%, pulse sensor 5,15%, GPS memiliki akurasi sekitar $\pm 3,5$ meter, dan GSM mampu mengirimkan SMS dengan rata-rata waktu 11 detik pada sinyal stabil. Pengujian di Gunung Lorokan menunjukkan sistem mampu melakukan pelacakan dan pengiriman informasi, meskipun sinyal GSM menurun pada area lembah dan vegetasi rapat.

Sistem yang dirancang berpotensi menjadi alat pendukung pemantauan keselamatan pendaki secara otomatis saat kondisi darurat. Namun, diperlukan pengujian lebih lanjut pada berbagai kondisi cuaca, medan, dan skenario darurat untuk meningkatkan reliabilitas dan validitas sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Fatima and D. P. Sudibyo, "Efektivitas Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dalam Mitigasi Bencana Erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Magelang," *Jurnal Mahasiswa Wacana Publik*, vol. 3 No. 1, pp. 136-150, 2023.
- [2] Nurliah, "Kegiatan Mendaki Gunung Sebagai Coping Stress pada Mahasiswa Institut Agama Islam Negeri Parepare," Program Studi Bimbingan Konseling Islam, Fakultas Ushuluddin, Adab dan Dakwah, Parepare, 2024..

- [3] M. Rahmi and Z. Djunaidi, "Persepsi Risiko Keselamatan dalam Kegiatan Pendakian Gunung," *Jurnal Dunia Kesmas*, vol. 10 No. 2, pp. 229-241, April. 2021.
- [4] K. P. Nigari and A. Sifaq, "Evaluasi Kondisi Fisik pada Pendaki di Gunung Penanggungan Tahun 2025," *JPO: Jurnal Prestasi Olahraga*, vol. 8 No. 4, 2025.
- [5] Ismail and Firdaus, "Komparasi Akurasi Global Position System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter," *Elektron Jurnal Ilmiah*, vol. 12, pp. 12-20, Jun. 2020.
- [6] R. A. Hasibuan and M. Abdi, "Rancang bangun Sistem Pelacak (GPS) untuk Memonitoring Pendaki Gunung Berbasis Arduino," *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8 No. 6, pp. 11982-11991, Desember 2024.
- [7] A. A. Pamungkas, M. R. K. P. Wardana, A. D. Oktavian, D. F. Primadani, D. N. A. Tsaqif and Sholiq, "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, Agustus 2024.
- [8] M. A. R. Fahreza, S. A. E. Mahendra and Y. S. A. Gumilang, "Prototype Deteksi Kebocoran Gas dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis ESP-32S dan Blynk," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 17 No. 1, pp. 1-5, Maret 2024.
- [9] M. A. Salman and N. I. Seno, "A Comparison of Mamdani and Sugeno Inference Systems for a Satellite Image Classification," *Anbar Journal for Engineering Sciences*, vol. 8 No. 2, pp. 296-305, 2022.
- [10] S. Bova, P. Codara, D. Maccari and V. Marra, "A Logical Analysis of Mamdani-Type Fuzzy Inference, I: Theoretical Bases," *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, pp. 1-8, 2010.
- [11] E. Sonalitha, B. Nurdewanto, S. Ratih, N. R. Sari, A. B. Setiawan and P. Tutuko, "Comparative Analysis of Tsukamoto and Mamdani Fuzzy Inference System on Market Matching to Determine the Number of Exports for MSMEs," *Proceedings of IEEE*, pp. 440-445, 2018.
- [12] J. R. Fudge, "Exercise in the Cold: Preventing and Managing Hypothermia and Frostbite Injury," *Sports Health*, vol. 8. No 2, pp. 133-139, 2016.
- [13] Y. Afriansyah, R. Arifuddin and Y. Novrianto, "Sistem Alat Pendeteksi Detak Jantung, Suhu Tubuh dan Tekanan Darah dengan Metode PID (Propotional Integral Derivative)," *Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer*, vol. 3 No. 2, 2021.
- [14] I. Hidayah, "Sistem Monitoring Kondisi Kesehatan Sebelum dan Sesudah Olahraga Menggunakan Pulse Sensor dan Sensor DS18B20 dengan Metode Naive Bayes," Tugas Akhir, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram, 2020.
- [15] J. D. Périard, T. M. H. Eijsvogels and H. A. M. Daanen, "EXERCISE UNDER HEAT STRESS: THERMOREGULATION, HYDRATION, PERFORMANCE IMPLICATIONS, AND MITIGATION STRATEGIES," *Physiological Reviews*, vol. 101 No. 4, pp. 1873-1979, April 8, 2021.