

Rancang Bangun Altimeter Berbasis Arduino Pro Micro Dengan Metode Fuzzy Mamdani

Ilham Pamungkas

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
*ilham.26p@gmail.com

Abstrak — Antusiasme masyarakat Indonesia terhadap kegiatan pendakian gunung semakin meningkat. Mayoritas masyarakat tersebut merupakan pendaki pemula yang belum memahami teknik – teknik dasar mendaki gunung seperti kurangnya pengetahuan dalam bertahan hidup di kondisi alam yang tidak menentu dan tidak mempersiapkan peralatan pendakian yang mendukung keselamatan. Hal tersebut dapat berisiko terhadap kesehatan para pendaki, hingga dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, untuk meminimalisir risiko tersebut sebaiknya para pendaki pemula membawa alat yang dapat memperkirakan suhu, ketinggian, tekanan udara, dan kondisi keselamatan pendaki saat di gunung. Dengan mengintegrasikan Module GY-087 dan Arduino Pro Micro sebagai alat yang dapat menampilkan kompas, suhu, ketinggian dan tekanan udara. Dilengkapi dengan baterai lithium 18650 yang dapat di isi ulang sehingga memudahkan para pendaki untuk dibawa kemana saja. Serta menerapkan metode fuzzy mamdani yang dapat membuat parameter kondisi keselamatan para pendaki berdasarkan kondisi lingkungan sekitar. Hasil dari pengujian alat terhadap altimeter terkalibrasi menghasilkan rata – rata error pada sensor suhu sebesar 1,66%, pada sensor tekanan udara sebesar 0,23% dan pada sensor ketinggian sebesar 2,9%. Dari metode fuzzy mamdani didapatkan parameter kondisi keselamatan di antaranya indikasi hipertermia, aman dan indikasi hipotermia. Berdasarkan hasil pengujian fuzzy pada matlab nilai rata – rata error sebesar 2,33%.

Kata Kunci — *Altimeter, Metode Fuzzy Mamdani, Pendaki, Suhu, Tekanan Udara*

DOI: 10.22441/jte.2025.v16i2.010

I. PENDAHULUAN

Mendaki gunung merupakan kegiatan gabungan dari olahraga dan rekreasi yang cukup populer dan berkembang pesat di Indonesia dibuktikan dengan peningkatan jumlah pendaki gunung yang semakin meningkat. Menurut Iis Zatinika dalam artikel Media Indonesia sepanjang 2023 jumlah peminat pendaki gunung meningkat hingga tiga kali lipat dari tahun sebelumnya [1]. Pendaki gunung tidak hanya digemari oleh komunitas pencinta alam saja tetapi juga digemari oleh kalangan masyarakat umum termasuk remaja. Para pendaki dituntut untuk mengatasi dan menghadapi tantangan serta bahaya untuk mendapatkan pemandangan yang indah, akan tetapi banyak pendaki gunung yang masih belum memahami pengetahuan dan keterampilan dasar mengenai teknik - teknik serta keahlian dalam mendaki gunung. Menurut panker.me mengenai materi dasar mendaki gunung, keterampilan dasar yang dibutuhkan pada saat mendaki gunung seperti keamanan, pengetahuan

medan yang akan ditempuh, ketinggian, dan waktu tempuh untuk mencapai puncak serta teknik dalam bertahan hidup [2] .

Situasi dan keadaan pada saat mendaki gunung tidak dapat diprediksi para pendaki. Pendaki yang baik dan berpengalaman pasti sadar akan adanya bahaya yang akan dihadapi saat mendaki gunung. Bahaya obyektif merupakan bahaya yang datang berasal dari alam dan tidak dapat diprediksi manusia. Misalnya cuaca pada saat mendaki seketika berubah, tekanan udara yang berubah akibat beda ketinggian dan medan yang curam sehingga dapat mengakibatkan kondisi pendaki tidak stabil. Sementara bahaya subyektif.

Tidak sedikit pendaki yang tersesat dan meninggal pada saat pendakian. Sebagian kasus tersebut disebabkan oleh ketidaksiapan pendaki dalam mempersiapkan semua aspek pendakian dengan baik dan benar. Hal inilah yang harus diperhatikan para pendaki untuk menghindari risiko yang tidak diinginkan, oleh karena itu pendaki harus mempersiapkan perlengkapan - perlengkapan yang mendukung keselamatan. Salah satunya yaitu alat yang dapat menunjukan ketinggian suatu tempat di atas permukaan laut, tekanan udara, suhu, serta dapat dijadikan sebagai kompas yang berfungsi sebagai penunjuk arah mata angin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahun 2019 Dewi Nurhaji Meivita, Satryo Budi Utomo, dan Bambang Supeno merancang alat ukur kondisi kesehatan pada pendaki gunung berbasis *fuzzy logic* dengan menggunakan sensor GSR, sensor MLX90615, dan sensor BMP180 yang terintegrasi dengan Arduino Uno R3 [3].

Pada tahun 2019 Aditya Tri Kusuma, Gufroni, Septi Andryana, dan Iskandar Fitri merancang sistem yang dapat mendeteksi ketinggian tanah, tekanan udara, suhu, dan kesehatan manusia berbasis Arduino Uno R3 dengan menggunakan sensor BMP180, pulse sensor, dan sensor DS18B20 [4].

Pada tahun 2021 Yurika, Sita Nurachmah Yurika, Imam Sucahyo, dan Meta Yantidewi merancang alat pengukur ketinggian, tekanan udara, dan temperatur udara dengan *bluetooth low energy* dengan menggunakan sensor BMP280 dan Arduino ESP32 [5].

Pada tahun 2021 Febriansyah, Veriah Hadi dan Khairani membuat prototipe alat yang dapat mengukur kondisi lingkungan jalur pendakian berdasarkan tekanan udara, ketinggian, dan suhu berbasis Arduino Nano dengan menggunakan sensor BMP180, sensor ME2O2, dan sensor HMC5883L [6].

Pada tahun 2023 Putra, Okta Andrica Putra, Harkamsyah Andrianof dan Aggy Pramana Gusman merancang sistem pendeteksi ketinggian tanah, tekanan udara dan suhu serta monitoring kesehatan pada pendaki dalam pendakian gunung dengan notifikasi telegram berbasis Arduino Mega 2560 dan sensor BME280 [7].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

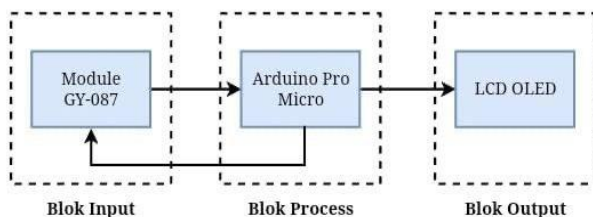
Diagram alir penelitian akan menjelaskan alur penelitian ini akan dilakukan sesuai dengan metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Diagram Blok Sistem

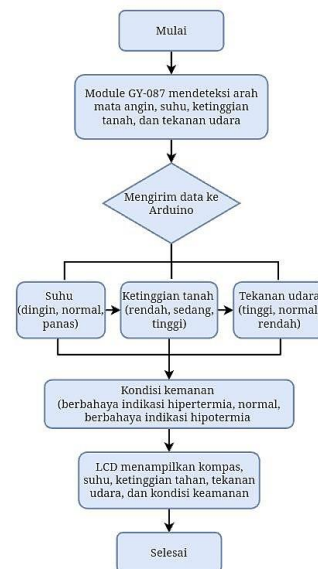
Diagram blok sistem pada penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama diantaranya blok *input*, blok *proses* dan blok *output*



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Dari blok diagram tersebut di atas, pada blok input terdapat Module GY-087 yang berisikan beberapa sensor yaitu sensor kompas, sensor tekanan udara, sensor ketinggian, dan sensor suhu. Pada blok process terdapat Arduino Pro Micro ATmega32U4 yang akan memproses data masukan sensor. Pada blok output terdapat LCD OLED yang nantinya akan menampilkan hasil keluaran dari Arduino Pro Micro.

C. Diagram Alir Sistem

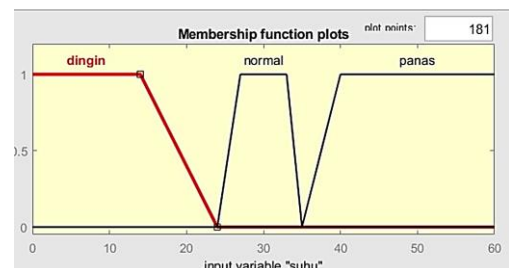


Gambar 3. Diagram Alir Sistem

Dari diagram alir diatas memperlihatkan cara kerja sistem secara keseluruhan. Dimulai Module GY-087 akan melakukan pembacaan arah mata angin, suhu, tekanan udara dan ketinggian pada lingkungan sekitar. Dari hasil pembacaan sensor tersebut akan dikirimkan ke Arduino Pro Micro untuk di proses. Kemudian dilanjutkan dengan proses *fuzzy* pada sensor suhu, ketinggian, dan tekanan udara hingga mendapatkan kondisi keamanan dengan tiga parameter. Semua pembacaan sensor dan kondisi keamanan akan ditampilkan pada LCD OLED.

D. Desaim Fuzzy Mamdani

Himpunan *fuzzy* pada Module GY-087 dibagi menjadi himpunan suhu, tekanan udara, dan ketinggian tanah. Himpunan suhu, tekanan udara, dan ketinggian tanah digunakan pada proses *fuzzyfikasi* dan himpunan kondisi keamanan pada proses *defuzzyfikasi*. Dibawah ini merupakan dari gambaran himpunan pada masing - masing sensor.

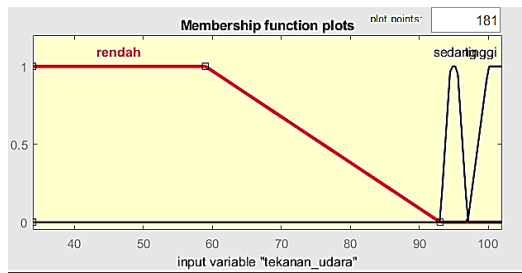


Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Suhu

Gambar di atas merupakan grafik himpunan dari sensor suhu. Pada himpunan sensor suhu terdapat parameter diantaranya:

Tabel 1. Variabel *Input* Suhu

No	Variabel	Nilai
1	Dingin	-10 °C – 25 °C
2	Normal	25 °C – 35°C
3	Panas	35 °C – 60 °C

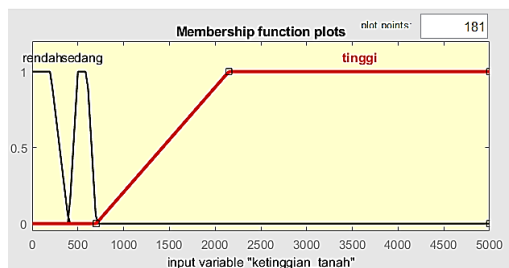


Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Tekanan Udara

Gambar diatas merupakan grafik himpunan dari sensor tekanan udara. Pada himpunan sensor tekanan udara terdapat parameter diantaranya:

Tabel 2. Variabel *Input* Tekanan Udara

No	Variabel	Nilai
1	Rendah	34000 Pa – 93000 Pa
2	Sedang	93000 Pa – 97000 Pa
3	Tinggi	97000 Pa – 102000 Pa



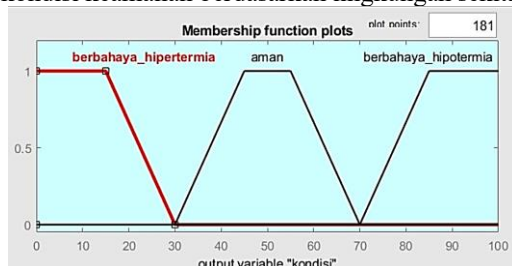
Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Tanah

Gambar diatas merupakan grafik himpunan dari sensor tekanan udara. Pada himpunan sensor ketinggian tanah terdapat parameter diantaranya:

Tabel 3. Variabel *Input* Ketinggian Tanah

No	Variabel	Nilai
1	Rendah	0 mdpl – 400 mdpl
2	Sedang	400 mdpl – 700 mdpl
3	Tinggi	700 mdpl – 5000 mdpl

Dari ketiga sensor diatas akan menghasilkan output berupa prediksi kondisi keamanan berdasarkan lingkungan sekitar.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Kondisi Keamanan

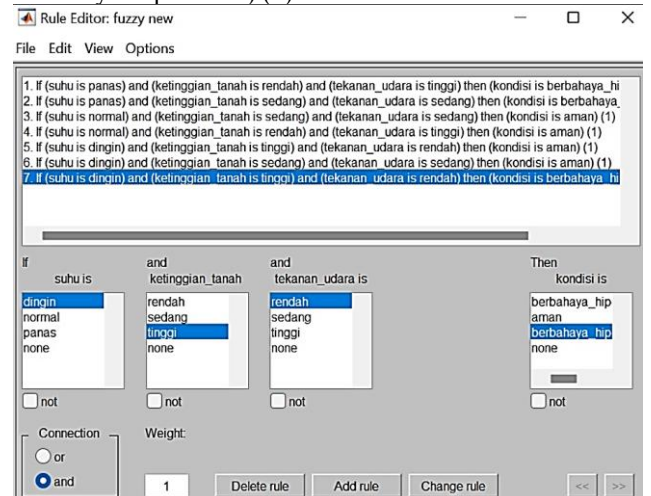
Gambar diatas merupakan grafik himpunan dari kondisi keamanan. Pada himpunan kondisi keamanan terdapat parameter diantaranya:

Tabel 4. Variable *Output* Kondisi Keamanan

No	Variabel	Nilai
1	Berbahaya Indikasi Hipertermia	0 – 30
2	Aman	30 – 70
3	Berbahaya Indikasi Hipotermia	70 - 100

Inferensi berisikan mengenai rules yang akan dihasilkan oleh output berupa keputusan linguistik dari penulis. Dimana output tersebut diperoleh dari hasil pembacaan suhu, tekanan udara, dan ketinggian tanah. Variabel linguistik dari pemetaan variabel tersebut menghasilkan 7 fuzzy rules yaitu:

1. If (suhu is panas) and (ketinggian_tanah is rendah) and (tekanan_udara is tinggi) then (kondisi is berbahaya_hipertermia) (1)
2. If (suhu is panas) and (ketinggian_tanah is sedang) and (tekanan_udara is sedang) then (kondisi is berbahaya_hipertermia) (1)
3. If (suhu is normal) and (ketinggian_tanah is sedang) and (tekanan_udara is sedang) then (kondisi is aman) (1)
4. If (suhu is normal) and (ketinggian_tanah is rendah) and (tekanan_udara is tinggi) then (kondisi is aman) (1)
5. If (suhu is dingin) and (ketinggian_tanah is rendah) and (tekanan_udara is tinggi) then (kondisi is aman) (1)
6. If (suhu is dingin) and (ketinggian_tanah is sedang) and (tekanan_udara is sedang) then (kondisi is aman) (1)
7. If (suhu is dingin) and (ketinggian_tanah is tinggi) and (tekanan_udara is rendah) then (kondisi is berbahaya_hipotermia) (1)



Gambar 8. Fuzzy Rules pada Matlab

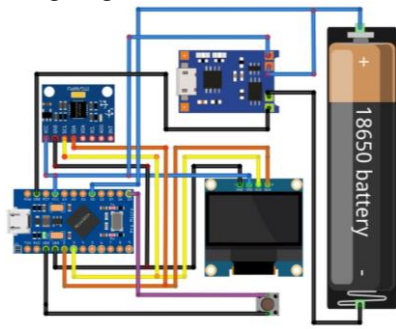
Tabel dibawah ini merupakan penjelasan dari rules yang dibuat pada Matlab.

Tabel 5. Fuzzy Rules

No	Input			Ouput
	Suhu	Tekanan Udara	Ketinggian Tanah	
1	Panas	Tinggi	Rendah	Berbahaya Indikasi Hipertermia
2	Panas	Sedang	Sedang	Berbahaya Indikasi Hipertermia
3	Normal	Sedang	Sedang	Aman
4	Normal	Tinggi	Rendah	Aman
5	Dingin	Tinggi	Rendah	Aman
6	Dingin	Sedang	Sedang	Aman
7	Dingin	Rendah	Tinggi	Berbahaya Indikasi Hipotermia

E. Perancangan Elektrik

Perancangan elektrik atau wiring diagram ini menggunakan aplikasi Fritzing. Perancangan ini dibuat dengan tujuan memperlihatkan bagaimana semua komponen saling terhubung dan berinteraksi dalam suatu sistem. Pada gambar dibawah ini merupakan wiring diagram secara keseluruhan

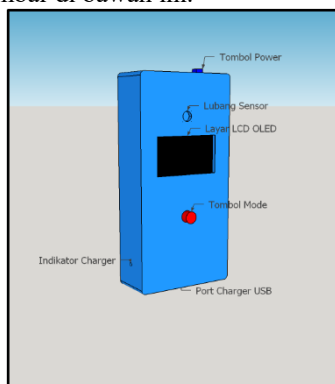


Gambar 9. Wiring Diagram

Pada wiring diagram diatas wiring biru merupakan sumber tegangan positif yang berasal dari baterai dan wiring hitam merupakan sumber tegangan negatif yang berasal dari baterai. Wiring oranye merupakan SDA, dan wiring kuning merupakan kabel SCL berupa input berasal dari Module GY-087. SCL merupakan jalur yang digunakan untuk mensinkronisasi transfer data pada jalur I2C, sedangkan SDA merupakan jalur untuk data. Input yang berasal SCL dan SDA terhubung ke arduino pada pin 2 dan pin 3 untuk di proses dan terhubung ke LCD OLED untuk menampilkan output.

F. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada penelitian ini dilakukan dengan membuat 3D desain. Dengan menggunakan 3D ini diharapkan dapat lebih mudah untuk memperkirakan bentuk serta penempatan komponen yang nantinya akan dipasang. Pada tahap ini memfokuskan pada pembuatan 3D desain untuk casing atau kotak. Dimensi dari box ini berukuran 12 cm x 6 cm x 4 cm. Adapun desain 3D casing atau kotak untuk alat tersebut tertera pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Desain 3D Casing

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Setelah melalui tahapan perancangan pada alat, pada tahap ini merupakan hasil akhir dari alat altimeter yang sudah dirancang. Alat ini memiliki dimensi 12 cm x 6 cm x 4 cm dengan berat sekitar 10 gr. Casing atau kotak pada alat altimeter

ini terbuat dari plastik tebal yang tanah terhadap air. Pada gambar di bawah ini merupakan tampilan alat secara keseluruhan.



Gambar 11. Tampak Depan Alat Altimeter



Gambar 12. Tampak Samping Alat Altimeter



Gambar 13. Tampak Dalam Alat Altimeter

B. Pengujian LCD OLED

Pengujian LCD OLED bertujuan untuk memastikan LCD OLED dapat menampilkan karakter, dan perintah sesuai program yang dibuat serta menampilkan hasil dari pembacaan kompas, suhu, tekanan udara dan ketinggian tanah. Pada gambar di bawah ini merupakan hasil dari pengujian LCD OLED.



Gambar 14. Pengujian LCD OLED

C. Pengujian Module GY-087

Pada alat ini, Module GY-087 merupakan sensor yang digunakan sebagai pembaca arah mata angin, suhu, tekanan udara, dan ketinggian tanah. Pengujian Module GY-087 akan di ambil beberapa sampel dan hasil tersebut akan dibandingkan dengan alat yang sudah terkalibrasi.

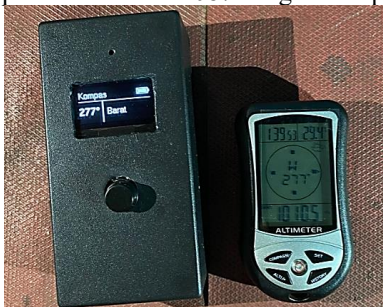
a) Pengujian Arah Mata Angin pada Module GY-087

Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan alat dengan kompas digital untuk dilihat keakuratannya.

Tabel 6. Tabel Pengujian Arah Mata Angin Module GY-087

No.	Module GY-087		Kompas Digital	
	Derajat	Arah Mata Angin	Derajat	Arah Mata Angin
1	0°	Utara	0°	Utara
2	31°	Timur Laut	31°	Timur Laut
3	72°	Timur	72°	Timur
4	115°	Tenggara	115°	Tenggara
5	160°	Selatan	160°	Selatan
6	208°	Barat Daya	210°	Barat Daya
7	270°	Barat	263°	Barat
8	280°	Barat	277°	Barat
9	304°	Barat Laut	304°	Barat Laut
10	359°	Utara	359°	Utara

Tabel diatas menunjukkan data dari 10 sampel derajat mata angin untuk menguji kesesuaian arah mata angin yang di baca oleh module GY-087 dengan kompas digital. Berdasarkan pengujian kompas yang telah dilakukan bahwa tidak ada nilai *error*, dikarenakan derajat pada arah mata angin memiliki *range* yang sudah ada ketentuannya. Gambar di bawah ini menunjukkan hasil pengujian dari arah mata angin pada module GY-087 dengan kompas digital.



Gambar 15. Perbandingan Pengujian Arah Mata Angin

b) Pengujian Suhu pada Module GY-087

Pengujian suhu pada Module GY-087 bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari sensor dalam menerima perubahan suhu di lingkungan sekitar. Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan alat dengan thermometer ruangan.

Tabel 7. Tabel Pengujian Suhu Module GY-087

No.	Module GY-087 (°C)	Thermometer Ruangan (°C)	Error (%)
1	22	22,7	3,08

No.	Module GY-087 (°C)	Thermometer Ruangan (°C)	Error (%)
2	23,5	23,8	1,26
3	24,4	24,4	0,00
4	25,8	25,5	1,18
5	26,2	26,9	2,60
6	27	27,7	2,53
7	28,5	27,9	2,15
8	29,2	29,5	1,02
9	31,5	31,6	0,32
10	32,1	32,9	2,43
Rata – Rata Error (%)			1,66

Tabel diatas menunjukkan data dari 10 sampel pengujian suhu pada Module GY-087. Berdasarkan hasil pengujian nilai error sebesar 1,66% yang berarti sensor masih dapat bekerja pada batas toleransi dibawah 5%. Gambar dibawah ini merupakan salah satu contoh pengujian suhu.



Gambar 16. Perbandingan Pengujian Suhu

c) Pengujian Tekanan Udara pada Module GY-087

Pengujian tekanan udara pada module GY-087 bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari sensor dalam mendeteksi tekanan udara sekitar. Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan alat dengan barometer.

Tabel 8. Tabel Pengujian Tekanan Udara Module GY-087

No.	Module GY-087 (Pa)	Barometer (Pa)	Error (%)
1	91675	91932	0,28
2	93722	93874	0,16
3	96576	96859	0,29
4	99898	100120	0,22
5	99942	100200	0,26
6	100098	100370	0,27
7	100367	100560	0,19
8	100554	100820	0,26
9	100780	101010	0,23
10	100747	100880	0,13
Rata – Rata Error (%)			0,23

Tabel diatas menunjukkan data dari 10 sampel pengujian tekanan udara pada Module GY-087. Berdasarkan hasil pengujian nilai error sebesar 0,23% yang berarti sensor masih dapat bekerja pada batas toleransi dibawah 5%. Gambar dibawah ini merupakan salah satu contoh pengujian tekanan udara.



Gambar 16. Perbandingan Pengujian Tekanan Udara

d) Pengujian Ketinggian Tanah pada Module GY-087

Ketinggian tanah pada Module GY-087 dideteksi berdasarkan tekanan udara. Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan alat dengan altimeter.

Tabel 9. Tabel Pengujian Ketinggian Tanah Module GY-087

No.	Module GY-087 (Mdpl)	Altimeter (Mdpl)	Error (%)
1	33	32	3,1
2	35	33	5,6
3	39	37	4,2
4	56	53	5,7
5	79	75	5,1
6	103	100	2,6
7	107	105	2,2
8	116	114	2,0
9	150	149	0,7
10	220	222	0,9
Rata – Rata Error (%)			2,9

Tabel diatas menunjukkan data dari 10 sampel pengujian ketinggian tanah di atas permukaan laut pada module GY-087. Berdasarkan hasil pengujian nilai error sebesar 2,9% yang berarti sensor masih dapat bekerja pada batas toleransi. Gambar dibawah ini merupakan salah satu contoh pengujian ketinggian tanah.



Gambar 17. Perbandingan Pengujian Ketinggian Tanah

D. Pengujian Fuzzy Mamdani

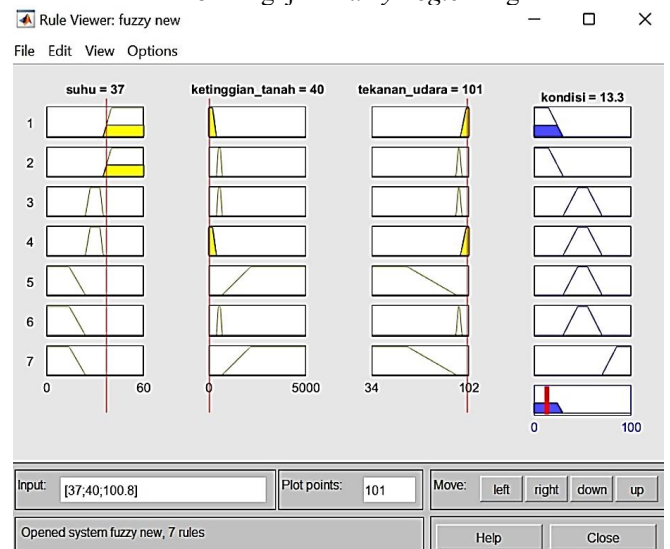
Pengujian fuzzy dilakukan dengan menguji hasil output dari alat yang dirancang dengan aplikasi matlab dengan tujuan untuk melihat apakah *fuzzy rules* yang sudah berhasil dapat berjalan dengan baik.

Tabel 10. Pengujian Output Kondisi Keamanan pada Matlab

Pengujian Ke-	Variabel			Kondisi Keamanan	Keterangan
	Suhu (°C)	Tekanan Udara (Pa)	Ketinggian (mdpl)		
1	37	100779	40	Berbahaya Indikasi Hipertermia	Berhasil
2	36,5	99816	125	Berbahaya Indikasi Hipertermia	Berhasil
3	28,6	97742	300	Aman	Berhasil
4	25,5	94853	550	Aman	Berhasil
5	24	92050	700	Aman	Berhasil
6	19,7	88795	1100	Berbahaya Indikasi Hipotermia	Berhasil
7	13,5	82626	1700	Berbahaya Indikasi Hipotermia	Berhasil
8	6,2	75063	2500	Berbahaya Indikasi Hipotermia	Berhasil
9	1,4	70692	3000	Berbahaya Indikasi Hipotermia	Berhasil
10	-8	64996	3700	Berbahaya Indikasi Hipotermia	Berhasil

Pada tabel diatas merupakan pengujian terhadap nilai input dari sensor yang di fuzzyfikan sehingga menghasilkan output yang sesuai dengan fuzzy rules yang sudah di program. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa rules yang sudah di program menghasilkan output yang sesuai. Selain menguji output rules fuzzy, dilakukan juga pengujian terhadap output fuzzy pada alat dan output fuzzy pada Matlab. Dibawah ini adalah hasil pengujiannya.

Gambar 18. Pengujian Fuzzy Logic dengan Matlab



Tabel 11. Pengujian *Fuzzy Logic* dengan Matlab

Pengujian Ke-	Variabel			Nilai Output	Nilai Output Matlab	Error (%)
	Suhu (°C)	Tekanan Udara (Pa)	Ketinggian (mdpl)			
1	37	100779	40	14.5	13.3	9.0
2	36.5	99816	125	14.7	13.6	8.1
3	28.6	97742	300	50.3	50	0.6
4	25.5	94853	550	50.5	50	1.0
5	24	92050	700	50.7	50	1.4
6	19.7	88795	1100	66	65.6	0.6
7	13.5	82626	1700	66.8	66.1	1.1
8	6.2	75063	2500	68.5	68.8	0.4
9	1.4	70692	3000	67.7	67.2	0.7
10	-8	64996	3700	68	67.8	0.3
Rata – Rata Error (%)						2.3

Pada table diatas berdasarkan nilai *input* yang sudah ditetapkan, pengujian nilai *output* pada alat altimeter dan nilai output pada Matlab menghasilkan nilai rata – rata *error* sebesar 2,3%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian pada alat yang dirancang dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya hasil pengujian Arduino Pro Micro dapat memproses input yang berasal dari Module GY-087 dan menampilkan output pada LCD OLED. Hasil pengujian Module GY-087 pada sensor suhu yang dibandingkan dengan alat yang sudah terkalibrasi didapatkan rata – rata error sebesar 1,66%. Hasil dari pengujian Module GY-087 pada sensor ketinggian yang dibandingkan dengan alat yang sudah terkalibrasi didapatkan rata – rata error sebesar 2,9%. Hasil dari fuzzy mamdani pada alat ini berupa parameter kondisi keamanan dengan tiga tingkat diantaranya berbahaya indikasi hipertermia, aman dan berbahaya indikasi hipotermia. Berdasarkan nilai output pada alat dan nilai output pada Matlab

ketika pengujian fuzzy mamdani menghasilkan nilai rata – rata error sebesar 2,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Zatnika, “Sepanjang 2023, Gunung-Gunung di Indonesia Didaki 350 Ribu Turis Asing dan 9 Juta Wisatawan Nusantara,” *Media Indonesia*. Accessed: Jun. 18, 2024. [Online]. Available: <https://mediaindonesia.com/nusantara/617193/sepanjang-2023-gunung-gunung-di-indonesia-didaki-350-ribu-turis-asing-dan-9-juta-wisatawan-nusantara>
- [2] “Ilmu Dasar Mendaki Gunung (Hiking),” *Mountaineering*. Accessed: Jun. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.panker.me/2020/12/ilmu-dasar-mendaki-gunung-hiking.html>
- [3] D. N. Meivita, S. B. Utomo, and B. Supeno, “Rancang Bangun Alat Ukur Kondisi Kesehatan Pada Pendaki Gunung Berbasis Fuzzy Logic,” *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, pp. B13–B18, 2019.
- [4] A. T. Kusuma, Gufroni, S. Andryana, and I. Fitri, “SISTEM PENDETEKSI KETINGGIAN TANAH, TEKANAN UDARA DAN SUHU UNTUK MONITORING KESEHATAN KEGIATAN OLAHRAGA DI PEGUNUNGAN BERBASIS ARDUINO UNO R3,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 6, pp. 62–66, 2019.
- [5] S. N. Yurika, I. Sucahyo, and M. Yantidewi, “RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR KETINGGIAN, TEKANAN UDARA, DAN TEMPERATUR UDARA DENGAN BLUETOOTH LOW ENERGY,” *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 10, pp. 1–8, 2021.
- [6] Febriansyah, V. Hadi, and Khairani, “PROTOTIPE ALAT PENGUKUR KONDISI LINGKUNGAN UNTUK JALUR PENDAKIAN BERBASIS ARDUINO NANO,” *J. Penelit. dan Pengkaj. Elektro*, vol. 23, pp. 11–19, 2021.
- [7] O. A. Putra, H. Andrianof, and A. P. Gusman, “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KETINGGIAN TANAH, TEKANAN UDARA DAN SUHU SERTA MONITORING KESEHATAN PADA PENDAKI DALAM PENDAKIAN GUNUNG DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM BERBASIS ARDUINO MEGA 2560,” *J. Sains Inform. Terap.*, vol. 2, pp. 25–29, 2023.