

## Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dan Sensor MAX30100 untuk Penilaian Kondisi Pasien Kardiovaskular

Millati Nazila<sup>1\*</sup>, Eka Nuryanto Budisusila<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung, Jl. Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah  
 E-mail: [millatinazila@std.unissula.ac.id](mailto:millatinazila@std.unissula.ac.id)

\* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3642>

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 14 Nov 2025

Revised: 20 Nov 2025

Accepted: 05 Dec 2025

#### Kata Kunci:

Logika Fuzzy Mamdani,  
 Pemantauan Pasien,  
 MAX30100,  
 Pasien Kardiovaskular,  
 Studi Kasus

#### Keywords:

Mamdani Fuzzy Logic,  
 Patient Monitoring,  
 MAX30100,  
 Cardiovascular Patient,  
 Case Study



### ABSTRACT

Pemantauan pasien kardiovaskular di rumah sering terkendala pada interpretasi data sensor yang masih mentah. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan untuk mengubah data mentah detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) menjadi informasi kondisi kesehatan yang bermakna. Metode yang digunakan adalah perancangan prototipe berbasis NodeMCU ESP8266 dan sensor MAX30100 untuk akuisisi data, serta penerapan Logika Fuzzy Mamdani untuk analisis. Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) di MATLAB menggunakan 9 basis aturan untuk mengklasifikasikan 2 input (BPM dan SpO<sub>2</sub>) menjadi 3 output ('Sehat', 'Waspada', 'Darurat'). Objek studi kasus adalah seorang pasien dengan riwayat penyakit jantung hipertensif dan aneurisma aorta. Hasil penelitian menunjukkan prototipe memiliki akurasi tinggi, mencapai 95,98% untuk BPM dan 95,31% untuk SpO<sub>2</sub>. Sistem fuzzy berhasil mengklasifikasikan 35 set data uji, dengan 34 terdeteksi "Sehat" dan 1 "Waspada", membuktikan sensitivitasnya dalam pemantauan. Saturasi oksigen terbukti menjadi faktor dominan untuk kondisi 'Darurat', sedangkan detak jantung lebih memengaruhi transisi ke 'Waspada'. Sistem ini memberikan solusi praktis bagi keluarga untuk memantau kondisi pasien secara lebih efektif.

*Monitoring cardiovascular patients at home is often constrained by the interpretation of raw sensor data. This service aimed to implement a portable decision support system to convert raw heart rate (BPM) and oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) data into meaningful health condition information. The method used was designing a prototype based on NodeMCU ESP8266 and the MAX30100 sensor for data acquisition, and applying Mamdani Fuzzy Logic for analysis. A Fuzzy Inference System (FIS) in MATLAB used 9 rule-bases to classify 2 inputs (BPM and SpO<sub>2</sub>) into 3 outputs ('Healthy', 'Caution', 'Emergency'). The case study object was a patient with a history of hypertensive heart disease and aortic aneurysm. The results showed the prototype had high accuracy, reaching 95.98% for heart rate and 95.31% for oxygen saturation. The fuzzy logic system successfully classified 35 test datasets, with 34 detected as "Healthy" and 1 as "Caution," proving its sensitivity in monitoring. Oxygen saturation was proven to be the dominant factor for 'Emergency' conditions, while heart rate more influenced the transition from "Healthy" to "Caution". This system provides a practical solution for families to monitor patient conditions more effectively.*



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

**How to Cite:** Millati Nazila, et al (2025). Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dan Sensor MAX30100 untuk Penilaian Kondisi Pasien Kardiovaskular, 4(2) 12106-12114. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3642>

### PENDAHULUAN

Pemantauan kesehatan jarak jauh di lingkungan rumah telah menjadi solusi yang efisien untuk meningkatkan kualitas hidup pasien, terutama bagi lansia atau individu dengan kondisi kronis (Majumder et al., 2017). Fokus utama dalam pemantauan ini adalah parameter atau tanda-tanda vital (Sapra et al., 2023), seperti detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>). Nilai abnormal pada

kedua parameter ini dapat menjadi indikasi awal dari masalah kesehatan serius, seperti gangguan kardiovaskular atau hipoksia.

Dalam penelitian ini, tantangan muncul ketika pemantauan dilakukan oleh anggota keluarga yang tidak memiliki latar belakang medis. Hal ini menjadi fokus utama studi kasus ini, yang melibatkan seorang pasien dengan riwayat klinis kompleks yaitu Angina Tidak Stabil, Penyakit Jantung Hipertensif dengan Gagal Jantung Kongestif, dan Aneurisma Aorta. Bagi keluarga yang merawat, pemantauan vital sangat krusial, namun mereka memerlukan alat bantu yang tidak hanya mampu mengukur, tetapi juga mampu menginterpretasi data mentah.

Sensor modern berbasis photoplethysmography (PPG) seperti MAX30100 kini mudah diakses dan dapat mengukur BPM dan SpO2 secara non-invasif (Ghamari, 2018). Namun, kendala utamanya adalah data yang dihasilkan (angka numerik) belum bisa memberi kesimpulan. Untuk mengatasi kesenjangan interpretasi ini, diperlukan sistem cerdas (Mostafa et al., 2022) yang dapat menganalisis data. Logika Fuzzy telah banyak diterapkan dalam sistem pemantauan kesehatan, baik untuk pemantauan lansia (Isa et al., 2024) maupun deteksi kondisi spesifik seperti hipotermia (Cahyadi et al., 2021). Metode Logika Fuzzy Mamdani, khususnya, mampu memproses data yang tidak pasti dan menerjemahkannya ke dalam keluaran linguistik. Oleh karena itu, kegiatan penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem pendukung keputusan berbasis Logika Fuzzy Mamdani. Sistem ini diharapkan dapat membantu keluarga pasien dalam mengambil keputusan dengan mengklasifikasikan data vital mentah (BPM dan SpO2) ke dalam kategori yang mudah dipahami ('Sehat', 'Waspada', atau 'Darurat').

## METODE

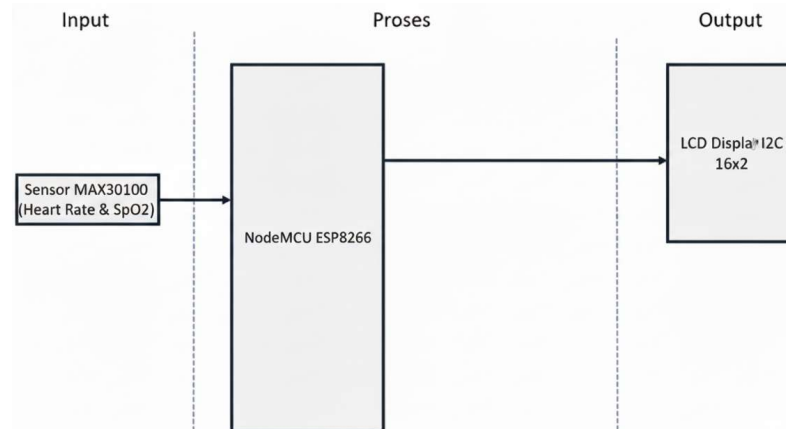
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental yang difokuskan pada studi kasus seorang pasien. Perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian utama yaitu perancangan perangkat keras (prototipe) untuk akuisisi data dan perancangan perangkat lunak untuk analisis data.

Jenis penelitian ini adalah studi kasus eksperimental. Penelitian berfokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian sebuah prototipe sistem pendukung keputusan untuk mengklasifikasikan kondisi kesehatan subjek penelitian secara akurat dan logis.

Subjek dalam penelitian ini adalah seorang pasien tunggal yang dipilih secara purposif (*purposive sampling*). Kriteria pemilihan didasarkan pada relevansi kondisi klinis pasien (riwayat penyakit jantung hipertensif dan aneurisma aorta) dengan tujuan penelitian, yaitu untuk menguji sensitivitas sistem pada kondisi kardiovaskular kompleks.

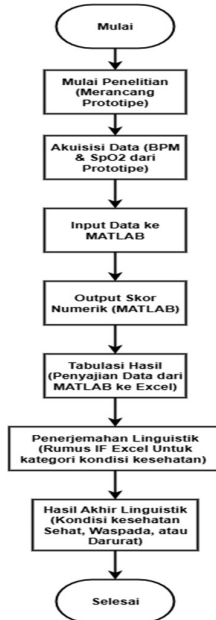
### Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dibagi menjadi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras utama adalah prototipe portabel yang terdiri dari sensor MAX30100 (*input*), mikrokontroler NodeMCU ESP8266 (proses), dan LCD 16x2 (*output*). Sebuah oximeter konvensional digunakan sebagai pembanding. Diagram blok sistem perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras (Prototipe)

Perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE, MATLAB R2015b (*Fuzzy Logic Toolbox*), dan Microsoft Excel. Prosedur dan Pengumpulan Data Prosedur penelitian dirancang dalam alur kerja terpisah (*split-workflow*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



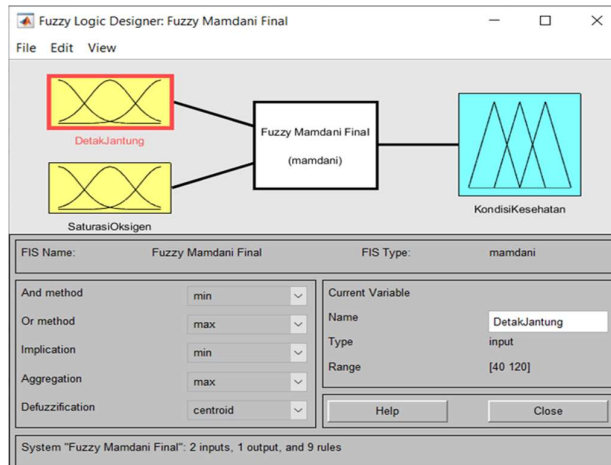
Gambar 2. Alur Sistem Penelitian

Pengumpulan data dilakukan menggunakan prototipe yang telah dirancang untuk mengukur BPM dan SpO2 pasien. Secara spesifik, pengambilan data studi kasus dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Untuk mendapatkan data yang komprehensif, pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali per hari, yaitu pada waktu sebelum sarapan, setelah sarapan, setelah beraktivitas ringan, sebelum makan siang, dan setelah makan siang. Data mentah (BPM dan SpO2) yang ditampilkan di LCD prototipe dicatat secara manual untuk dianalisis lebih lanjut.

### **Teknik Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan dua teknik. Pertama, untuk memaknakan data, digunakan roses analisis data mentah (BPM dan SpO2) menjadi kesimpulan (Kondisi Kesehatan) dirancang melalui tiga tahapan utama di MATLAB.

1. Definisi variabel sistem yang dirancang menggunakan *Fuzzy Inference System (FIS)* tipe Mamdani, seperti yang terlihat pada gambar 3. Sistem ini memiliki 2 variabel *input* (DetakJantung, SaturasiOksigen) dan 1 variabel *output* (KondisiKesehatan).



Gambar 3. Diagram Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) Mamdani

2. Desain Fungsi Keanggotaan (Membership Function) Setiap variabel dipetakan ke dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan (MF) bentuk trapesium (trapmf) dan segitiga (trimf).  
 a. Input DetakJantung (40-120 BPM) dibagi menjadi 3 himpunan:

'Rendah' [40 40 50 65]

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 50 \\ \frac{65 - x}{65 - 50} & \text{jika } 50 < x < 65 \\ 0 & \text{jika } x \geq 65 \end{cases} \quad (1)$$

'Normal' [60 70 90 100]

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 60 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{x - 60}{70 - 60} & \text{jika } 60 < x < 70 \\ 1 & \text{jika } 70 \leq x \leq 90 \\ \frac{100 - x}{100 - 90} & \text{jika } 90 < x < 100 \end{cases} \quad (2)$$

'Tinggi' [95 110 140 140].

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 95 \\ \frac{x - 95}{110 - 95} & \text{jika } 95 < x < 110 \\ 1 & \text{jika } x \geq 110 \end{cases} \quad (3)$$

- b. Input SaturasiOksigen (80-100%) dibagi menjadi 3 himpunan:

'SangatRendah' [80 80 85 90]

$$\begin{aligned} \mu_{SangatRendah}(y) \\ = \begin{cases} 1 & \text{jika } y \leq 85 \\ \frac{90 - y}{90 - 85} & \text{jika } 85 < y < 90 \\ 0 & \text{jika } y \geq 90 \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

'Rendah' [88 91 92 94]

$$\begin{aligned} \mu_{Rendah}(y) \\ = \begin{cases} 0 & \text{jika } y \leq 88 \text{ atau } y \geq 94 \\ \frac{y - 88}{91 - 88} & \text{jika } 88 < y < 91 \\ 1 & \text{jika } 91 \leq y \leq 92 \\ \frac{94 - y}{94 - 92} & \text{jika } 92 < y < 94 \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

'Normal' [93 95 100 100].

$$\mu_{Normal}(y) = \begin{cases} 0 & \text{jika } y \leq 93 \\ \frac{y - 93}{95 - 93} & \text{jika } 93 < y < 95 \\ 1 & \text{jika } y \geq 95 \end{cases} \quad (6)$$

c. Output KondisiKesehatan (Skor 0-100) dibagi menjadi 3 himpunan:

'Darurat' [0 0 15 30]

$$\mu_{Darurat}(z) = \begin{cases} 1 & \text{jika } z \leq 15 \\ \frac{30 - z}{30 - 15} & \text{jika } 15 < z < 30 \\ 0 & \text{jika } z \geq 30 \end{cases} \quad (7)$$

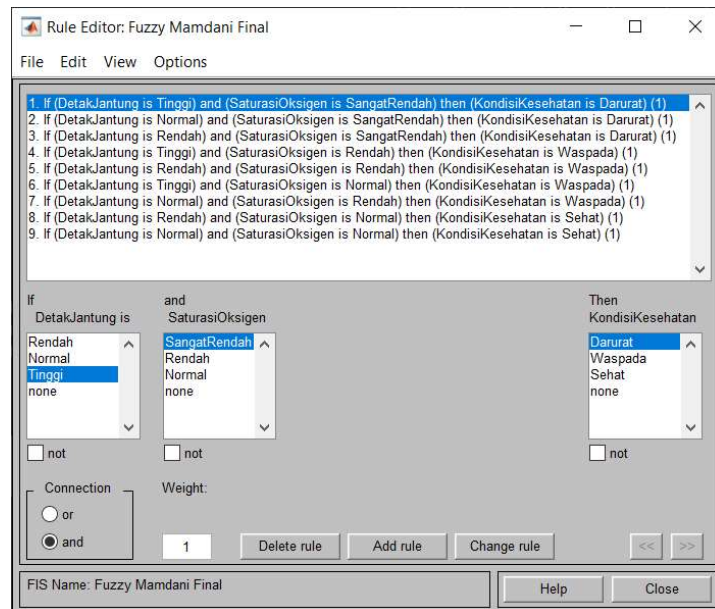
'Waspada' [25 50 75]

$$\mu_{Waspada}(z) = \begin{cases} 0 & \text{jika } z \leq 25 \text{ atau } z \geq 75 \\ \frac{z - 25}{50 - 25} & \text{jika } 25 < z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & \text{jika } 50 < z < 75 \end{cases} \quad (8)$$

'Sehat' [70 80 100 100]

$$\mu_{Sehat}(z) = \begin{cases} 0 & \text{jika } z \leq 70 \\ \frac{z - 70}{80 - 70} & \text{jika } 70 < z < 80 \\ 1 & \text{jika } z \geq 80 \end{cases} \quad (9)$$

3. Pembuatan Basis Aturan (Rule Base) Inti dari sistem fuzzy ini adalah 9 basis aturan (rule base) IF-THEN yang dirancang berdasarkan studi literatur medis. Aturan ini menghubungkan semua kombinasi input untuk menghasilkan output kondisi kesehatan, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Basis Aturan Fuzzy pada MATLAB

Data yang telah dicatat diinputkan ke MATLAB untuk diproses oleh Sistem Inferensi Fuzzy (FIS), yang kemudian menghasilkan skor kesehatan numerik . Skor ini diterjemahkan ke kesimpulan linguistik ('Sehat', 'Waspada', 'Darurat') di Excel .

Kedua, Untuk validasi akurasi prototipe, metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk membandingkan data prototipe dengan data oximeter konvensional. Validasi akurasi ini sejalan dengan penelitian terbaru yang juga berfokus pada keandalan perangkat pemantauan non-kontak (Zuccotti et al., 2025).

$$[MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - P_i}{A_i} \right| \times 100\%] \tag{10}$$

Dimana:

A<sub>i</sub> = Nilai aktual (pengukuran oximeter konvensional)

P<sub>i</sub> = Nilai prediksi (pengukuran prototipe)

n = Jumlah total data

Dari nilai MAPE, nilai Akurasi sistem dihitung sebagai nilai kebalikan dari galat (error), dengan rumus:

$$Akurasi = 100\% - MAPE \tag{11}$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari kegiatan ini dibagi menjadi dua bagian yaitu hasil validasi akurasi prototipe sebagai alat ukur, dan hasil klasifikasi kondisi pasien menggunakan sistem fuzzy.

#### Validasi Akurasi Prototipe

Validasi Akurasi Prototipe Akurasi prototipe diuji dengan membandingkan 21 set data pengukuran dengan oximeter konvensional. Hasil perhitungan MAPE dan akurasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan MAPE dan Akurasi Sensor

Hari	Waktu Pengukuran	Saturasi Oksigen (SPO2)			Detak Jantung (BPM)		
		Prototipe	Oximeter Konvensional	Error (%)	Prototipe	Oximeter Konvensional	Error (%)
1	Pagi	96	93	3,23	87	86	1,16
	Siang	95	90	5,56	93	88	5,68
	Malam	94	72	30,56	100	100	0,00
2	Pagi	96	90	6,67	67	67	0,00
	Siang	95	98	3,06	71	70	1,43
	Malam	95	95	0,00	69	77	10,39
3	Pagi	96	94	2,13	83	80	3,75
	Siang	95	95	0,00	78	73	6,85
	Malam	95	96	1,04	77	75	2,67
4	Pagi	95	98	3,06	81	79	2,53
	Siang	95	89	6,74	42	59	28,81
	Malam	96	92	4,35	84	83	1,20
5	Pagi	96	93	3,23	69	68	1,47
	Siang	96	87	10,34	69	69	0,00
	Malam	96	96	0,00	79	77	2,60
6	Pagi	94	99	5,05	79	77	2,60
	Siang	95	99	4,04	69	71	2,82
	Malam	96	94	2,13	83	81	2,47
7	Pagi	94	98	4,08	78	74	5,41
	Siang	96	95	1,05	68	67	1,49
	Malam	96	94	2,13	86	85	1,8
<b>MAPE</b>				4,69			
<b>Akurasi</b>				95,31			

Berdasarkan Tabel 1, prototipe menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik. Nilai MAPE untuk kedua parameter (4.02% dan 4.69%) berada di bawah ambang batas 5%-10%, yang dianggap sebagai standar industri untuk prediksi yang baik dan akurat. Hal ini membuktikan bahwa prototipe layak dan andal untuk digunakan sebagai alat akuisisi data. Keandalan data sensor ini penting, terutama karena sinyal PPG rentan terhadap gangguan *motion artifacts* (Ismail et al., 2021).

**Hasil Pengujian Sistem Fuzzy**

Pengujian sistem fuzzy dilakukan dengan mengambil 35 set data dari subjek penelitian selama 7 hari (5 kali sehari). Data ini (BPM dan SpO2) dimasukkan ke dalam FIS MATLAB untuk diklasifikasikan. Hasilnya pada Tabel 2 menunjukkan total 35 kali pengukuran, sistem mengklasifikasikan 34 data sebagai "Sehat" dan 1 data sebagai "Waspada". Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi secara logis. Kondisi subjek mayoritas terdeteksi "Sehat" karena nilai SpO2 konsisten tinggi (94%-96%) dan BPM dalam rentang normal. Satu-satunya anomali terdeteksi sebagai "Waspada" (skor 50) ketika terjadi lonjakan detak jantung (BPM 100) setelah makan siang. Ini membuktikan sensitivitas sistem terhadap perubahan fisiologis yang signifikan, sesuai dengan basis aturan yang dirancang.

Tabel 2. Hasil Klasifikasi Fuzzy Mamdani

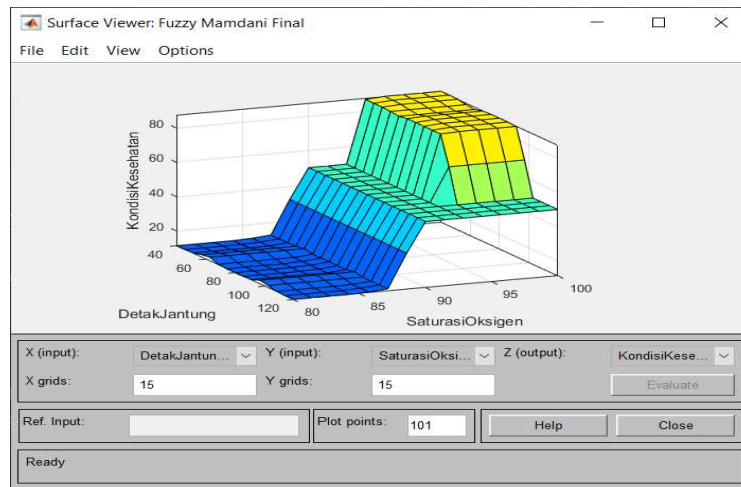
Hari	Waktu Pengukuran	SpO2 (%)	Detak Jantung (BPM)	Output Fuzzy	Kondisi Kesehatan
Hari 1	Sebelum Sarapan	94	75	86,5	Sehat
	Sesudah Sarapan	96	87	87,6	Sehat
	Setelah Aktivitas	95	93	86,9	Sehat
	Sebelum Makan Siang	95	95	86,5	Sehat
	Sesudah Makan Siang	94	100	50	Waspada
Hari 2	Sebelum Sarapan	95	72	87,6	Sehat
	Sesudah Sarapan	96	67	86,9	Sehat
	Setelah Aktivitas	95	71	87,6	Sehat
	Sebelum Makan Siang	94	72	86,5	Sehat
	Sesudah Makan Siang	95	69	87,4	Sehat
Hari 3	Sebelum Sarapan	96	80	87,6	Sehat
	Sesudah Sarapan	96	83	87,6	Sehat
	Setelah Aktivitas	95	78	87,6	Sehat
	Sebelum Makan Siang	96	78	87,6	Sehat
	Sesudah Makan Siang	95	77	87,6	Sehat
Hari 4	Sebelum Sarapan	96	72	87,6	Sehat
	Sesudah Sarapan	95	81	87,6	Sehat
	Setelah Aktivitas	95	42	87,6	Sehat
	Sebelum Makan Siang	96	74	87,6	Sehat
	Sesudah Makan Siang	96	84	87,6	Sehat
Hari 5	Sebelum Sarapan	96	64	86,2	Sehat
	Sesudah Sarapan	96	69	87,4	Sehat
	Setelah Aktivitas	96	69	87,4	Sehat
	Sebelum Makan Siang	96	71	87,6	Sehat
	Sesudah Makan Siang	96	79	87,6	Sehat
Hari 6	Sebelum Sarapan	96	70	87,6	Sehat
	Sesudah Sarapan	94	79	86,5	Sehat
	Setelah Aktivitas	95	69	87,4	Sehat
	Sebelum Makan Siang	95	70	87,6	Sehat
	Sesudah Makan Siang	96	83	87,6	Sehat
Hari 7	Sebelum Sarapan	96	68	87,2	Sehat
	Sesudah Sarapan	94	78	86,5	Sehat
	Setelah Aktivitas	96	68	87,2	Sehat

Hari	Waktu Pengukuran	SpO2 (%)	Detak Jantung (BPM)	Output Fuzzy	Kondisi Kesehatan
	Sebelum Makan Siang	96	79	87,6	Sehat
	Sesudah Makan Siang	96	86	87,6	Sehat

Temuan ini membuktikan nilai utama dari sistem yaitu berhasil sensitif terhadap lonjakan salah satu parameter (BPM) meskipun parameter lain (SpO2) normal. Ini memberikan peringatan dini kepada keluarga yang mungkin tidak akan terjadi jika mereka hanya melihat angka SpO2 yang normal. Sistem ini memberikan konteks cerdas pada data, sebuah kemajuan dari sistem pemantauan nirkabel standar yang mungkin hanya menampilkan data (Hakim & Nurwarsito, 2019; Vidyastari et al., 2023).

**Analisis Visual Permukaan Aturan (Rule Surface)**

Untuk memvisualisasikan seluruh logika keputusan, digunakan *Surface Viewer* di MATLAB (Gambar 5). Grafik 3D ini memetakan hubungan antara kedua *input* (DetakJantung dan SaturasiOksigen) terhadap *output* (KondisiKesehatan).



Gambar 5. Visualisasi Rule Surface 3D Fuzzy

Analisis visual ini menunjukkan logika sistem:

1. Area 'Sehat' (Kuning), ditampilkan sebagai dataran tinggi yang luas. Ini secara visual mengkonfirmasi bahwa selama nilai SpO2 tinggi (di atas 95%), sistem akan mentolerir fluktuasi detak jantung yang wajar dan tetap mengklasifikasikan kondisi sebagai "Sehat".
2. Area 'Darurat' (Biru), ditentukan oleh "tebing" yang sangat curam di sepanjang sumbu Saturasi Oksigen. Ini membuktikan bahwa SpO2 adalah faktor paling dominan jika SpO2 turun drastis, kondisi akan langsung dinilai "Darurat" terlepas dari nilai detak jantung.
3. Area 'Waspada' (Hijau/Sian), ditampilkan sebagai "lereng" yang lebih landai, yang utamanya dipengaruhi oleh perubahan pada sumbu Detak Jantung. Inilah yang menjelaskan data anomali pada Tabel 2 yang menunjukkan nilai SpO2 masih di "tepi" (94%), namun nilai BPM (100) sudah masuk ke area "lereng" Waspada, sehingga output-nya berada di tengah.

Visualisasi ini mengkonfirmasi bahwa basis aturan yang dirancang berfungsi secara logis dan rasional, sesuai dengan prioritas medis dasar.

**SIMPULAN**

Prototipe alat ukur berbasis sensor MAX30100 yang dirancang terbukti valid dan memiliki akurasi tinggi untuk pemantauan di rumah, dibuktikan dengan perolehan akurasi 95,98% untuk Detak Jantung (BPM) dan 95,31% untuk Saturasi Oksigen (SpO2) bila dibandingkan dengan alat oximeter konvensional. Penerapan alur kerja terpisah (split-workflow), yang menggunakan prototipe murni untuk akuisisi data dan MATLAB serta Excel untuk analisis fuzzy, juga terbukti menjadi solusi efektif untuk mengatasi kendala komputasi pada mikrokontroler. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani yang dirancang berhasil bekerja secara logis dan cukup peka. Logika sistem terbukti rasional, di mana Saturasi Oksigen menjadi penentu utama kondisi "Darurat", sementara Detak Jantung menjadi faktor dalam membedakan

"Sehat" dan "Waspada". Keberhasilan sistem mengidentifikasi 1 kondisi anomali ("Waspada") dari 35 data uji membuktikan fungsinya sebagai alat bantu pendukung keputusan yang bermanfaat bagi keluarga pasien.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan, serta kepada pasien dan keluarga yang telah bersedia berpartisipasi dalam studi kasus untuk kegiatan penelitian ini.

### REFERENSI

- Cahyadi, W., Chaidir, A. R., & Anda, M. F. (2021). Penerapan Logika Fuzzy sebagai Alat Deteksi Hipotermia dan Hipertermia Pada Manusia Berbasis Internet Of Thing (Iot). *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(2), 94–99. <https://doi.org/10.17529/jre.v17i2.15670>
- Ghamari, M. (2018). A review on wearable photoplethysmography sensors and their potential future applications in health care. *International Journal of Biosensors & Bioelectronics*, 4(4). <https://doi.org/10.15406/IJBSBE.2018.04.00125>,
- Hakim, F., & Nurwarsito, H. (2019). Sistem Pemantauan Detak Jantung dan Suhu Tubuh menggunakan Protokol Komunikasi MQTT. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(11), 10705–10711.
- Isa, I. G. T., Ammarullah, M. I., Efendi, A., Nugroho, Y. S., Nasrullah, H., & Sari, M. P. (2024). Constructing an elderly health monitoring system using fuzzy rules and Internet of Things. *AIP Advances*, 14(5). <https://doi.org/10.1063/5.0195107>
- Ismail, S., Akram, U., & Siddiqi, I. (2021). Heart rate tracking in photoplethysmography signals affected by motion artifacts: a review. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, 2021(1). <https://doi.org/10.1186/s13634-020-00714-2>
- Majumder, S., Mondal, T., & Deen, M. J. (2017). Wearable Sensors for Remote Health Monitoring. *Sensors* 2017, Vol. 17, Page 130, 17(1), 130. <https://doi.org/10.3390/S17010130>
- Mostafa, B. S., Miry, A. H., & Salman, T. M. (2022). Smart health monitoring and self-analysis system based on internet of things with fuzzy controller. *AIP Conference Proceedings*, 2386(January). <https://doi.org/10.1063/5.0067991>
- Sapra, A., Malik, A., & Bhandari, P. (2023). Vital Sign Assessment. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553213/>
- Vidyastari, I. R., Rohma, N. M., & Mohsin, M. (2023). Alat Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Arduino Sebagai Upaya Menjaga Kesehatan Pasca Pandemi. *CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro*, 6(02), 74–76.
- Zuccotti, G., Agnelli, P. O., Labati, L., Cordaro, E., Braghieri, D., Balconi, S., Mandalari, D., Fiorina, P., Bertoli, S., Berra, C. C. F., Croci, M., Losurdo, F., Foppiani, A., Bucciarelli, L., Xodo, M., De Pasquale, S., & Calcaterra, V. (2025). Accuracy of heart rate, pulse oxygen saturation, and blood pressure using a non-contact photoplethysmography-based mobile application: A potential tool for wellness monitoring. *Digital Health*, 11, 1–9. <https://doi.org/10.1177/20552076251351841>