



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Metode Logika Fuzzy Mamdani Untuk Menghitung Kadar Kolesterol Dalam darah Secara *Non-Invasive*

S. Purwiyanti^{a,*}, Sumadi, Herlinawati, Y. Yuniati, Y.E. Putra dan A.R. Pohan

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 15/11/2025

Direvisi 10/12/2025

Kata kunci:

Kadar kolesterol

Fuzzy Mamdani

Non-invasive

ABSTRAK

Logika fuzzy Mamdani adalah salah satu metode inferensi dalam logika fuzzy yang banyak digunakan untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas sistem yang sulit dimodelkan secara matematis. Metode ini sudah digunakan secara luas di bidang sistem kendali, otomotif, sistem pendukung keputusan, sistem pakar, dan sebagainya. Di bidang medis, logika fuzzy dilaporkan telah digunakan sebagai diagnosis penyakit berdasarkan gejala, sistem pendukung keputusan medis, dan penentuan dosis obat. Pada penelitian ini, logika fuzzy digunakan sebagai metode untuk menghitung kadar kolesterol dalam darah secara *non-invasive*. Sistem ini menggunakan sensor MAX30105 sebagai komponen *input* utama, mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemrosesan data, serta layar OLED untuk menampilkan data. Untuk dapat dipantau dari jarak jauh, sistem ini juga dilengkapi dengan *platform Internet of Things (IoT) Blynk* sebagai media *output*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan dengan alat ukur referensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan estimasi kadar kolesterol dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 93,85%. Dengan demikian dibuktikan bahwa metode fuzzy dapat digunakan untuk menghitung kadar kolesterol tanpa harus melukai jaringan kulit, sehingga tidak menyakitkan dan lebih higienis.

1. Pendahuluan

Kolesterol darah merupakan indikator penting dalam menilai risiko penyakit jantung dan stroke [Asia, 2003]. Peningkatan kadar kolesterol dipengaruhi oleh usia, pola makan, serta gaya hidup yang tidak sehat. Metode pengukuran kolesterol yang umum digunakan masih bersifat *invasive*, yaitu melalui pengambilan sampel darah, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan, risiko infeksi, serta tidak praktis untuk pemantauan rutin.

Perkembangan teknologi sensor optik dan sistem cerdas membuka peluang untuk melakukan pengukuran kesehatan secara *non-invasive*. Sensor MAX30105 mampu mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen (SpO_2), yang dalam beberapa penelitian digunakan

untuk memperkirakan kadar glukosa dan kolesterol darah secara *non-invasif* dengan model regresi, mendukung konsep pengukuran alternatif yang lebih nyaman dan higienis [Subhadkk, 2023]. Dua parameter tersebut memang telah terbukti memiliki hubungan fisiologis dengan kadar kolesterol. Namun hubungan tersebut bersifat tidak linier, sehingga diperlukan metode komputasi yang mampu menangani ketidakpastian.

Terkait dengan pengukuran kadar kolesterol dalam darah, beberapa penelitian telah dipublikasikan. Beberapa metode telah digunakan [Anupongongarch, 2020], (Nugroho dkk, 2021), dan (Rachmawati dkk, 2023], namun metode kecerdasan buatan, dalam hal ini

* Penulis korespondensi.

E-mail: sri.purwiyanti@eng.unila.ac.id

adalah logika fuzzy, hanya digunakan untuk proses klasifikasi kadar kolesterol, bukan menentukan nilainya. Logika fuzzy sendiri merupakan teknik inferensi yang banyak digunakan dalam sistem pengambilan keputusan karena kemampuannya mengolah data yang tidak tegas dan variabel linguistik [Prasath dkk, 2013; Patel dkk, 2012; Rana & Sedamkar, 2013]. Untuk itu, penelitian ini bertujuan menggunakan logika fuzzy Mamdani untuk menentukan kadar kolesterol berdasarkan nilai detak jantung dan SpO₂ yang diukur oleh sensor MAX30105. Sistem diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data, layar OLED sebagai tampilan lokal, serta platform IoT Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan fuzzy dengan alat ukur referensi.

Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan metode pengukuran kolesterol yang lebih nyaman, higienis, dan efisien, serta menjadi alternatif sistem instrumentasi medis berbasis teknologi cerdas.

2. Metodologi

2.1. Kadar Kolesterol

Kadar kolesterol dalam tubuh merupakan indikator penting yang berhubungan terhadap risiko penyakit jantung koroner dan stroke. Kadar kolesterol total cenderung lebih tinggi pada lansia dibandingkan dengan kelompok usia yang lebih muda, disebabkan oleh penurunan aktivitas reseptor yang mengatur peredaran kolesterol dalam darah [Rosmaini dkk, 2022]. Faktor gaya hidup juga berperan penting dalam kadar kolesterol. bahwa konsumsi makanan tinggi lemak dan gula, seperti gorengan, berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit jantung pada mahasiswa. Oleh karena itu, bahwa penyuluhan tentang pola makan sehat dapat meningkatkan pengetahuan masyarakat dan berkontribusi pada penurunan kadar kolesterol [Sari dkk, 2021].

Kadar kolesterol berhubungan erat dengan detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah. Kombinasi detak jantung tinggi dan SpO₂ rendah, misalnya, dapat memicu peningkatan kolesterol melalui peningkatan kebutuhan energi dan respons hipoksemia [Subha dkk, 2023]. Hubungan ketiganya diperlihatkan pada Tabel 1 berikut. Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa untuk menentukan kadar kolesterol dapat dilakukan dengan mengukur detak jantung dan saturasi oksigen. Untuk itu, pada penelitian ini, digunakan sensor yang dapat mengukur kedua parameter tersebut.

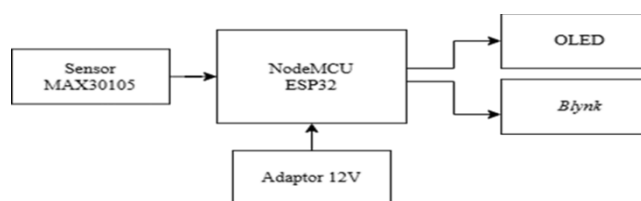
Tabel 1. Hubungan detak jantung dan saturasi oksigen terhadap kadar kolesterol [Subha dkk, 2023]

No	Kategori	Pengaruh Pada Kolesterol	Keterangan
----	----------	--------------------------	------------

1	Detak jantung tinggi (>80) & SpO ₂ rendah (<95)	Kolesterol meningkat sampai 215mg/dl	-Detak jantung tinggi meningkatkan kebutuhan energi, memicu pemecahan lemak. - SpO ₂ rendah (hipoksemia) mengaktifkan HIF-1 α , meningkatkan sintesis LDL. -Aktivasi sistem saraf simpatis akibat BPM tinggi meningkatkan stres oksidatif, mempercepat akumulasi LDL. -SpO ₂ normal tidak cukup untuk menekan efek BPM tinggi
2	Detak jantung tinggi (>80) & SpO ₂ normal (≥ 95)	Kolesterol meningkat sampai 190mg/dl	Tidak ada tekanan fisiologis signifikan yang memicu peningkatan kolesterol
3	Detak jantung (60-80) normal & SpO ₂ normal (≥ 95)	Kolesterol normal sekitar 150mg/dl	BPM rendah mengurangi beban kerja jantung, organ hati tidak dapat memetabolisme lipid secara optimal.
4	Detak jantung rendah (>60) & SpO ₂ rendah (<95)	Kolesterol menurun sampai 115mg/dl	

2.2 Diagram Blok alat

Gambar 1 berikut memperlihatkan diagram blok dari sistem yang dibuat.



Gambar 1. Diagram blok sistem

Berdasarkan Gambar 3. 2. Diagram blok sistem pada penelitian ini menunjukkan bahwa Sistem ini bekerja dengan cara mendeteksi tiga parameter *input*, yaitu detak jantung (*heartrate*) dan SpO₂. Kalibrasi ini dilakukan dengan membandingkan data sensor dengan hasil pengukuran *invasive* menggunakan alat standar, sehingga menghasilkan persamaan matematis untuk menghitung kadar kolesterol secara *non-invasive*.

Selanjutnya, modul ESP32 bertugas mengakuisisi data dari sensor, memprosesnya dengan logika fuzzy untuk meningkatkan akurasi dengan menggunakan variabel seperti detak jantung (*heartrate*) dan saturasi oksigen (SpO₂), lalu mengirimkan hasil perhitungan ke

dua platform *output*: layar OLED untuk tampilan lokal dan *website* Blynk via WiFi untuk pemantauan jarak jauh melalui antarmuka web atau *smartphone*. Dengan desain ini, kadar kolesterol pasien dapat dilihat secara *real-time* baik di layar OLED yang terpasang pada alat maupun di *dashboard* Blynk.

2.3. Fuzzy Mamdani

Pada penelitian ini, metode fuzzy Mamdani digunakan untuk menghitung nilai kadar kolesterol yang diukur melalui data dari pembacaan sensor MAX30105. Prosesnya melalui beberapa tahap yang diuraikan sebagai berikut.

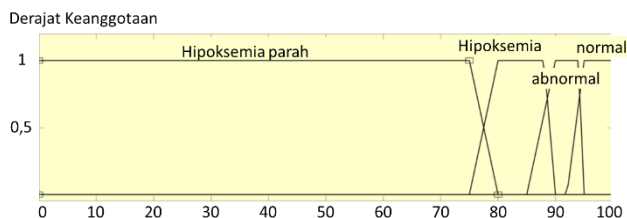
A. Fuzzifikasi

Pembentukan himpunan fuzzy dilakukan dengan mengubah nilai masukan sistem yang awalnya bersifat tegas menjadi variabel linguistik. Proses ini memanfaatkan fungsi keanggotaan, yang berperan dalam menentukan tingkat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan *fuzzy*. Tingkat keanggotaan atau sering disebut derajat keanggotaan setiap elemen dinyatakan sebagai berikut.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \in A \\ 0, & \text{jika } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

yang dinyatakan dalam rentang antara 0 hingga dengan μ_A merupakan fungsi karakteristik dari himpunan A. Nilai ini mencerminkan sejauh mana elemen tersebut menjadi bagian dari himpunan tersebut [Times Pro, 2023]. Fungsi keanggotaan tersebut disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*, yang berfungsi sebagai acuan dalam proses inferensi dan pengambilan keputusan dalam sistem *fuzzy* [Setyanugraha dkk, 2022].

Pada penelitian ini terdapat dua fungsi keanggotaan sebagai masukan dan satu sebagai keluaran. Sebagai input fungsi keanggotaan meliputi detak jantung dan saturasi oksigen. Gambar 2 berikut memperlihatkan fungsi keanggotaan untuk parameter saturasi oksigen. Kondisi berdasarkan nilai saturasi oksigen terbagi menjadi empat kategori yaitu hipoksemia parah, hipoksemia, abnormal, dan normal [Galeri medika (2025) digambarkan pada gambar tersebut.



Gambar 2. Fungsi keanggotaan saturasi oksigen

Keempat kategori tersebut memiliki derajat keanggotaan masing-masing. Derajat keanggotaan tersebut dinyatakan pada persamaan (2) – (5).

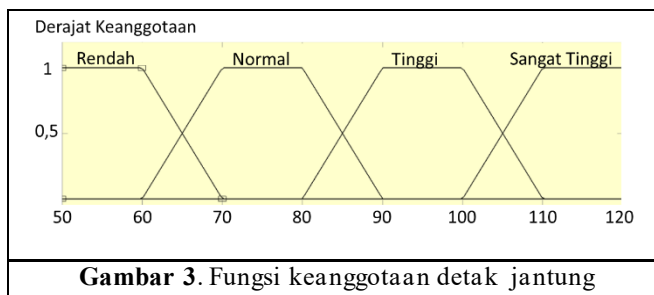
$$\mu_{hipoksemia\ parah}(x) = \begin{cases} 1, & 0 < x \leq 75 \\ \frac{80-x}{80-75}, & 75 < x \leq 80 \\ 0, & x > 80 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{hipoksemia}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 75 \\ \frac{x-75}{80-75}, & 75 < x < 80 \\ 1, & 80 \leq x \leq 88 \\ \frac{90-x}{90-88}, & 88 < x \leq 90 \\ 0, & x > 90 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{abnormal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 85 \\ \frac{x-90}{90-85}, & 85 < x \leq 90 \\ 1, & 90 < x \leq 94 \\ \frac{95-x}{95-94}, & 94 < x \leq 95 \\ 0, & x > 95 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 92 \\ \frac{x-92}{95-92}, & 92 < x \leq 95 \\ 1, & x \leq 95 \end{cases} \quad (5)$$

Masukkan kedua adalah detak jantung, yang dikategorikan sebagai rendah, normal, tinggi, sangat tinggi [Herminingsih, 2021]. Fungsi keanggotaan detak jantung diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan detak jantung

Derajat keanggotaan masing-masing kategori detak jantung dinyatakan pada persamaan (6)-(9).

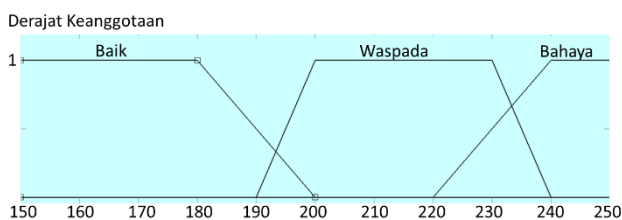
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & X \leq 60 \\ \frac{70-X}{70-60}, & 60 \leq X \leq 70 \\ 0, & X > 70 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0, & X \leq 60 \text{ atau } X \geq 90 \\ \frac{X-60}{70-80}, & 60 \leq X \leq 70 \\ 1, & 70 \leq X \leq 80 \\ \frac{90-X}{90-80}, & 80 \leq X \leq 90 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & X \leq 80 \text{ atau } X \geq 110 \\ \frac{X-80}{90-80}, & 80 \leq X \leq 90 \\ 1, & 90 \leq X \leq 100 \\ \frac{110-X}{110-100}, & 100 \leq X \leq 110 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{sangat\ tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & X \leq 100 \\ \frac{x-100}{110-100}, & 100 \leq X \leq 110 \\ 1, & X \geq 110 \end{cases} \quad (9)$$

Keluaran dari sistem ini adalah kadar kolesterol yang terbagi menjadi tiga kategori yaitu baik, Waspada, dan bahaya [Safitri dkk, 2016]. Fungsi keanggotaannya diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan kadar kolesterol

Derajat keanggotaan dari ketiga kategori tersebut dinyatakan pada persamaan (10)-(12).

$$\mu_{baik}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 180 \\ \frac{200 - x}{200 - 180}, & 180 < x < 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{waspada}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 190 / x \geq 240 \\ \frac{x - 190}{200 - 190}, & 190 < x \leq 200 \\ 1, & 200 \leq x \leq 230 \\ \frac{240 - x}{240 - 230}, & 230 < x \leq 240 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{bahaya}(x) = \begin{cases} 0, & x < 230 \\ \frac{x - 220}{240 - 220}, & 230 \leq x < 240 \\ 1, & x \leq 240 \end{cases} \quad (12)$$

B. Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy (*fuzzy rules*) merupakan bagian utama dalam logika fuzzy yang terdiri atas sekumpulan aturan berbentuk "IF-THEN" untuk mengendalikan sistem pengambilan keputusan. Aturan ini menetapkan hubungan logis antara variabel masukan dan keluaran. Dalam aturan fuzzy, terdapat dua jenis proposisi, yaitu proposisi fuzzy atomik dan proposisi *fuzzy compound*. Proposisi fuzzy atomik adalah pernyataan tunggal yang terdiri atas variabel linguistik serta himpunan fuzzy yang menyertainya. Sementara itu, proposisi *fuzzy compound* merupakan gabungan dari beberapa proposisi fuzzy atomik yang dihubungkan dengan operator logika seperti "or," "and," dan "not". Aturan fuzzy memberikan metode yang efektif yang berbeda dalam merancang serta menyempurnakan pengendali fuzzy, sehingga meningkatkan kinerja sistem dalam pengambilan keputusan berbasis *fuzzy logic* [Setyanugraha dkk, 2022].

Pada penelitian ini digunakan 16 aturan fuzzy yang diuraikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Aturan fuzzy yang digunakan

1 If (SpO₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is bahaya)

- 2 If (SpO₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is normal) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 3 If (SpO₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 4 If (SpO₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 5 If (SpO₂ is hipoksemia) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 6 If (SpO₂ is hipoksemia) and (denyut_jantung is normal) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 7 If (SpO₂ is hipoksemia) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 8 If (SpO₂ is hipoksemia) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 9 If (SpO₂ is abnormal) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is waspada)
- 10 If (SpO₂ is abnormal) and (denyut_jantung is normal) then (kadar_kolesterol is waspada)
- 11 If (SpO₂ is abnormal) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 12 If (SpO₂ is abnormal) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
- 13 If (SpO₂ is normal) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is waspada)
- 14 If (SpO₂ is normal) and (denyut_jantung is normal) then (kadar_kolesterol is baik)
- 15 If (SpO₂ is normal) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is waspada)
- 16 If (SpO₂ is normal) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)

C. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah tahap akhir dalam sistem fuzzy yang mengubah keluaran fuzzy (berupa himpunan fuzzy) menjadi nilai yang dapat digunakan. Proses mengubah keluaran fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzifikasi. Teknik defuzzifikasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *centroid*. Proses ini penting untuk menghasilkan keluaran yang dapat diterapkan dalam dunia nyata [Setyanugraha dkk, 2022].

Sebelum menggunakan metode centroid, dilakukan penggabungan fungsi keanggotaan berdasarkan pemetaan α predikat terhadap fungsi keluaran. Sedangkan nilai α predikat didapat melalui implikasi aturan fuzzy terhadap derajat keanggotaan parameter masukan. Hasil penggabungan atau disebut agregasi akan membentuk sebuah bidang. Metode centroid digunakan untuk menentukan pusat dari bidang tersebut. Pada metode centroid, nilai akhir didapat menggunakan persamaan [Setyanugraha dkk, 2022]:

$$z^* = \frac{\text{Momen}}{\text{Luas daerah}} = \frac{\int z \cdot \mu_c(z) dz}{\int \mu_c(z)} \quad (13)$$

dengan z adalah nilai z dari setiap α predikat dan $\mu_c(z)$ adalah nilai α predikatnya.

3. Hasil dan pembahasan

Komponen pemroses sinyal pada sistem ini a mikrokontroler ESP32. ESP32 ini diprogram melalui *software* arduino IDE. Arduino IDE memiliki area yang disebut *sketch* yang berguna sebagai tempat menulis kode program dan dilengkapi dengan beberapa *toolbar* untuk memudahkan proses penulisan kode program.

Masukan dari sistem logika fuzzy adalah detak jantung dan saturasi oksigen. Kedua nilai ini didapat dari sensor MAX30105. Pada tahap awal dilakukan kalibrasi sensor untuk menghasilkan keluaran sensor yang mendekati keluaran alat ukur referensi. Nilai detak jantung dan SpO2 lalu dimasukkan ke fungsi logika fuzzy (sebagaimana terdapat pada bagian Fuzifikasi), untuk mendapatkan derajat keanggotaannya. Dengan menggunakan aturan fuzzy pada Tabel 2, lalu dilakukan fuzzyfikasi dengan metode centroid. Berikut adalah contoh proses logika fuzzy untuk mendapatkan nilai kadar kolesterol misalnya berdasarkan nilai detak jantung 86 dan SpO2 92 %.

Langkah pertama adalah menghitung derajat keanggotaan untuk nilai SpO2 92 % untuk ke empat kategori pada persamaa (2) – (5). Hasilnya adalah derajat keanggotaan $\mu_{hipoksemiaparah}(92) = 0$; $\mu_{hipoksemia}(92) = 0$; $\mu_{abnormal}(92) = 1$; dan $\mu_{normal}(92) = 0$.

Proses yang sama dilakukan untuk parameter detak jantung. Derajat keanggotaan untuk nilai detak jantung 86 dihitung untuk ke empat kategori menggunakan persamaa (6) – (9). Hasilnya adalah derajat keanggotaan $\mu_{rendah}(86) = 0$; $\mu_{normal}(86) = 0,4$; $\mu_{tinggi}(86) = 0,6$; dan $\mu_{sangattinggi}(86) = 0$.

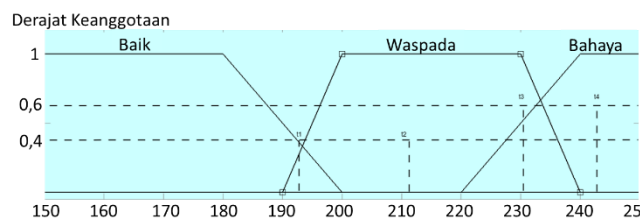
Selanjutnya masuk ke proses fuzzifikasi dengan menggunakan aturan fuzzy untuk menentukan α predikat. Misalnya untuk aturan fuzzy pertama yang tercantum pada Tabel 2. Aturan fuzzy nya adalah: “If (SpO₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is bahaya)”, maka α predikat untuk aturan ke satu atau disebut α_1 adalah:

$$\alpha_1 = \min(\mu_{hipoksemia_parah}, \mu_{rendah}) = \min(0 ; 0) = 0$$

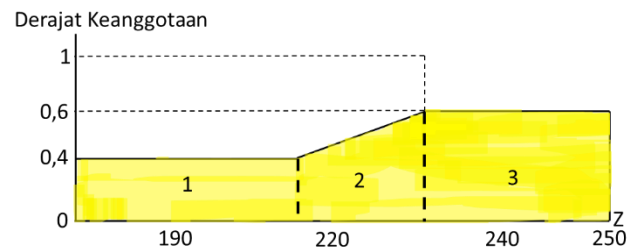
Proses tersebut diulangi untuk seluruh aturan, sehingga dihasilkan 16 nilai α predikat. Dari keseluruhan α predikat tersebut hanya diambil yang nilainya tidak nol, dalam kasus ini hanya didapat nilai sebesar 0,4 dan 0,6.

Proses selanjutnya adalah memetakan α predikat yang tidak bernilai nol tersebut terhadap fungsi keanggotaan output, yaitu fungsi kolesterol. Pemetaan tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.

Kemudian dilakukan proses penggabungan fungsi keanggotaan dengan memotong grafik fungsi keanggotaan sesuai dengan α predikat, proses ini disebut implikasi minimum. Bila ada irisan dari dua α predikat, maka pemotongan dilakukan pada α predikat yang lebih tinggi (disebut agregasi maksimum). Hasil proses agregasi diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Pemetaan α predikat terhadap fungsi keanggotaan kadar kolesterol



Gambar 6. Hasil agregasi

Langkah selanjutnya yaitu mendapatkan hasil akhir (defuzzifikasi) menggunakan metode *centroid*. Metode ini mencari nilai pusat dari area berwarna kuning pada grafik di Gambar 6. Untuk menentukan nilai kolesterol, maka area pada Gambar 6 dibagi menjadi 3 bagian. Lalu dihitung nilai momen dan luas dari masing- masing bagian. Kemudian nilai kadar kolesterol dihitung dengan menggunakan persamaan (13). Hasil akhir yang didapat adalah 223,78. Sehingga didapat bahwa untuk nilai detak jantung 86 dan SpO2 92 %, nilai kadar kolesterol adalah 223,78 mg/dl. Hasil perhitungan kadar kolesterol untuk berbagai nilai detak jantung dan SpO2 yang dibandingkan dengan hasil pengukuran oleh alat referensi diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai kolesterol

No.	Input Sistem		Kadar Kolesterol	
	Detak Jantung (BPM)	SpO ₂ (%)	Berdasarkan logika Fuzzy	Alat ukur referensi
1	75	95	173 mg/dl	168 mg/dl
2	75	95	173 mg/dl	168 mg/dl
3	86	98	150 mg/dl	147 mg/dl
4	85	97	149 mg/dl	150 mg/dl
5	82	99	198 mg/dl	200 mg/dl
6	93	98	215 mg/dl	212 mg/dl
7	76	98	173 mg/dl	175 mg/dl
8	81	99	190 mg/dl	193 mg/dl
9	77	99	173 mg/dl	170 mg/dl
10	74	99	177 mg/dl	170 mg/dl
11	86	94	205 mg/dl	201 mg/dl
12	81	96	175 mg/dl	169 mg/dl
13	80	97	170 mg/dl	167 mg/dl

14	90	97	215 mg/dl	212 mg/dl
15	83	99	185 mg/dl	179 mg/dl
16	95	96	215 mg/dl	210 mg/dl
17	79	97	170 mg/dl	165 mg/dl
18	86	92	224 mg/dl	218 mg/dl
19	70	95	170 mg/dl	160 mg/dl
20	81	96	175 mg/dl	169 mg/dl

Dari hasil perbandingan kedua nilai kolesterol pada Tabel 3 didapat bahwa rata-rata kesalahan adalah sebesar 6,15% sehingga rata-rata tingkat akurasi adalah sebesar 93,85 %. Dengan demikian dapat dibuktikan bahwa logika fuzzy dapat digunakan untuk menghitung kadar kolesterol dalam darah menggunakan parameter detak jantung dan saturasi oksigen, walaupun masih ditemui kesalahan sebesar 6,15%. Nilai kesalahan yang terjadi dapat disebabkan beberapa aspek seperti kurang akuratnya pembacaan sensor-sensor, atau kurangnya parameter yang digunakan.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat sistem yang dapat menentukan kadar kolesterol dalam darah secara non-invasive berdasarkan logika fuzzy mamdani. Dari hasil pengujian didapat bahwa logika fuzzy dapat digunakan untuk menghitung kadar kolesterol dalam darah dengan akurasi 93,85 %. Hasil ini sangat bermanfaat untuk mengembangkan penelitian di bidang instrumentasi medis dengan memanfaatkan teknologi sistem cerdas.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membiayai penelitian ini melalui pendanaan DIPA FT UNILA tahun 2025.

Daftar Pustaka

- Anupongongarch, P (2020) A Study on Design and Construction of Non- invasive Cholesterol Sensor, *Proceeding of RSU International Research Conference*, 1-9.
- Asia Pacific Cohort Studies Collaboration Cholesterol (2003) Coronary heart disease, and stroke in the Asia Pacific region, *International Journal of Epidemiology*, 32(4), 563–572
- Galeri medika (2025) Perbandingan Pulse Oximeter Beurer PO30, PO60, PO80. www.galerimedika.com/blog/Perbandingan-Pulse-Oximeter-Beurer-PO30-PO60-PO80, diakses 15 juni 2025.
- Herminingsih, S. (2021). *Buku elektrokardiografi*, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, ISBN 978-623-6528-78-5.
- Nugroho, A.B, Rintyarna, B,S dan Athoillah,D.K (2021) Analisis Spektrum Tegangan Pada Alat Pendeteksi Kadar Gula Darah Menggunakan Near, *J. Tek. Elektro Dan Komputasi ELKOM*, 3(1), 1–13.
- Patel, M., Virparia, P., and Patel, D. (2012) Web based fuzzy expert system and its applications—a survey, *International Journal of Applied Information Systems*, 1(7), 11–15.
- Prasath, C., Lakshmi V., Nathiya, N., Bharathan, M., Neetha N.P. (2013) A survey on the applications of fuzzy logic in medical diagnosis, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(4), 1199–1203.
- Rahmawati, T., Tasyakuranti, A.N., Sumarti, H. dan Kusuma, H.H (2023) Development of Non-Invasive Cholesterol Monitoring System Using TCRT5000 Sensor with Android Compatibilty, *J. Fis.*, vol. 13, no. 2, hlm. 77–84, Nov 2023.
- Rana, M., and Sedamkar R. (2013) Design of expert system for medical diagnosis using fuzzy logic, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(6), 2914–2921.
- Rosmaini, R., Melrisda, W.I., dan Haiga, Y. (2022) Gambaran Kadar Kolesterol Total Pada Lansia di Puskesmas Lubuk Buaya Tahun 2019,” *Sci. J.*, 1(2),101–110.
- Safitri N, Dyan,K. dan Hidayat, W. (2016) *Buku panduan Edukasi Kesehatan untuk Masyarakat*, Departemen Ilmu Keperawatan, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.
- Sari, A.N., Hidayat, M., Faizah, S., dan Diningrat, D.S (2021) Pengaruh Pemberian Ekstrak daging Bah Asam Keranji (Dialium Indum L.) Terhadap Kadar Kolesterol Mencit Jantan (Mus musculus) Hiperlipidemia, *Biofaal J.*, 2(1), 1–10.
- Setyanugraha, N., Aziz, S. A., Harmoko, I. W. dan Fianti, F. (2022) Study of a Weather Prediction System Based on Fuzzy Logic Using Mamdani and Sugeno Methods,” *Phys. Commun.*, 6(2), 61–70.
- Shubha, B, Anuradha M. G, Poornima N, Suprada H. S, Prathiksha R.V (2023) Implementation of blood Glucose and cholesterol monitoring device using non-invasive technique, *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, 11(1), 76-88.
- Times Pro (2023) “Introduction to Fuzzy Set Theory: A Powerful Analytics Tool|TimesPro Blog.” Diakses: 3 Februari 2025