

# ALAT PENGHITUNG DAN PEMANTAUAN KADAR KOLESTEROL SECARA *NON-INVASIVE* MENGGUNAKAN SENSOR MAX30105 DENGAN METODE FUZZY LOGIC MAMDANI

Azra Ramadhan Pohan, Sri Purwiyanti\*, Sumadi, Herlinawati, Yetti Yuniati

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung; Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141; (0721) 701609

## Keywords:

*Monitoring Kolesterol, Non-Invasive, Sensor MAX30105, Fuzzy Logic Mamdani.*

## Correspondent Email:

sri.purwiyanti@eng.unila.ac.id

**Abstrak.** Tingginya kadar kolesterol merupakan salah satu faktor risiko utama pemicu penyakit jantung. Namun, metode pengecekan konvensional yang bersifat invasif sering menimbulkan kekhawatiran dan tidak nyaman bagi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan prototipe untuk memantau kadar kolesterol secara *non-invasive* dengan memanfaatkan sinyal detak jantung (*heart rate*) dan saturasi oksigen (SpO2) yang terdeteksi. Sistem ini menggunakan sensor MAX30105 sebagai komponen *input* utama, mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemrosesan data, serta layar OLED dan *platform Internet of Things (IoT) Blynk* sebagai media *output*. Untuk mengklasifikasikan kadar kolesterol ke dalam kategori 'Baik', 'Waspada', atau 'Bahaya', penghitungan sistem dilakukan menggunakan metode *Fuzzy Logic Mamdani*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan estimasi kadar kolesterol dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 93,85% dan tingkat kesalahan 6,15% dibandingkan dengan alat ukur standar. Selain itu, ditemukan bahwa intensitas cahaya eksternal memengaruhi kinerja sensor, di mana akurasi pembacaan detak jantung menurun dari 96,6% menjadi 90% saat terpapar cahaya tambahan. Sistem ini juga menunjukkan latensi pengiriman data ke platform *Blynk* dengan rata-rata 1,38 detik. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan ini berpotensi menjadi solusi alternatif yang praktis untuk pemantauan kadar kolesterol secara instan tanpa prosedur invasif.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

**Abstract.** High cholesterol levels are a major risk factor for heart disease. However, conventional invasive testing methods often cause concern and discomfort among the public. This research aims to design and build a prototype system to monitor cholesterol levels non-invasively by utilizing detected heart rate and oxygen saturation (SpO2) signals. This system uses a MAX30105 sensor as the main input component, an ESP32 microcontroller as the data processing unit, and an OLED screen and the Blynk Internet of Things (IoT) platform as output media. To classify cholesterol levels into 'Good', 'Warning', or 'Danger' categories, this study implements the Mamdani Fuzzy Logic method. The final test results show that the system is capable of estimating cholesterol levels with an average accuracy rate of 93.85% and an error percentage of 6.15% when compared to a standard measuring device. Furthermore, it was found that external light intensity affects sensor performance, with heart rate reading accuracy decreasing from 96.6% to 90% when exposed to additional light. The system also exhibits an average data transmission latency of 1.38 seconds to the Blynk platform. Thus, the

*developed system has the potential to be a practical alternative solution for real-time cholesterol monitoring without invasive procedures*

## 1. PENDAHULUAN

Tingginya kadar kolesterol merupakan salah satu masalah kesehatan yang signifikan dan menjadi pemicu utama penyakit jantung [1]. Menurut data Kementerian Kesehatan tahun 2022, sekitar 28% dari total populasi Indonesia menderita kolesterol tinggi [2]. Pemantauan kadar kolesterol secara rutin sangat penting untuk pencegahan, namun metode konvensional yang bersifat invasif (pengambilan sampel darah) sering kali menimbulkan ketidaknyamanan dan kekhawatiran bagi masyarakat. Hal ini mendorong kebutuhan akan pengembangan teknologi alternatif yang lebih praktis dan tidak melukai jaringan tubuh (*non-invasive*) [3]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi metode *non-invasive* untuk pemantauan kesehatan. Sebuah studi merancang sensor kolesterol *non-invasive* berbasis serapan cahaya inframerah dan mencapai rata-rata kesalahan 2.52%, meskipun memiliki keterbatasan pada rentang kalibrasi [4]. Penelitian lain mengembangkan sistem pemantauan kolesterol menggunakan sensor TCRT5000 dengan integrasi Android, yang menghasilkan akurasi rata-rata 83,18% [5]. sebuah studi merancang pemantauan glukosa dan kolesterol darah secara simultan dengan metode non-invasif. Sistem ini memanfaatkan sensor MAX30100 yang bekerja berdasarkan prinsip spektroskopi *Near-Infrared* (NIR) untuk memperoleh data kadar oksigen (SPO2) dan detak jantung (BPM) dari ujung jari pengguna. Data tersebut kemudian diolah menggunakan model regresi polinomial untuk memprediksi kadar glukosa, yang selanjutnya menjadi dasar untuk mengestimasi kadar kolesterol. Hasil pengujian eksperimental terhadap 60 subjek menunjukkan rata-rata persentase kesalahan sebesar 3-5% jika dibandingkan dengan metode invasif konvensional. Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah menunjukkan potensi besar, masih terdapat ruang untuk peningkatan akurasi dan pemanfaatan sensor yang berbeda. Penelitian ini mengajukan sebuah sistem *monitoring* kolesterol *non-invasive* dengan

memanfaatkan sensor MAX30105 untuk mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>). Keunikan penelitian ini terletak pada penggunaan metode *Fuzzy Logic* Mamdani untuk mengolah kedua parameter fisiologis tersebut menjadi sebuah estimasi kadar kolesterol, yang kemudian hasilnya dapat dipantau secara *real-time* melalui layar OLED dan platform *Internet of Things* (IoT) Blynk. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem tersebut, menguji akurasi klasifikasinya, menganalisis responsivitas sistem IoT, serta mengevaluasi pengaruh intensitas cahaya eksternal terhadap kinerja sensor.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kadar kolesterol

Kadar kolesterol merupakan indikator penting untuk risiko penyakit jantung koroner dan stroke. Peningkatan kadar kolesterol total umum terjadi pada kelompok lansia akibat penurunan aktivitas reseptor yang mengatur sirkulasi kolesterol dalam darah [6]. Selain faktor fisiologis, gaya hidup seperti konsumsi makanan tinggi lemak dan gula secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan risiko tersebut. Oleh karena itu, intervensi berupa penyuluhan mengenai pola makan sehat terbukti efektif dalam meningkatkan pengetahuan masyarakat yang berpotensi menurunkan kadar kolesterol [7].

### 2.2. ESP32

Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemrosesan utama dan sensor MAX30105 untuk akuisisi data. Sensor yang ditempatkan pada jari pasien bertugas mendeteksi sinyal detak jantung secara *real-time*. Data yang diperoleh kemudian diolah oleh ESP32 dan dikirimkan ke *cloud database* melalui konektivitas Wi-Fi terintegrasi, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi berbasis *smartphone* [8].

### 2.3. Organic Light Emitting Diode (OLED)

*Organic Light Emitting Diode* (OLED) adalah teknologi layar yang memanfaatkan senyawa organik yang mampu memancarkan cahayanya sendiri (*self-emitting*) ketika dialiri arus listrik. Karakteristik ini meniadakan kebutuhan akan unit pencahayaan latar (*backlight*), sehingga menghasilkan rasio kontras superior dengan warna hitam absolut dan meningkatkan efisiensi daya [9]. Teknologi OLED banyak diaplikasikan pada perangkat visual seperti televisi dan *smartphone*.

### 2.4. Sensor MAX30105

Sensor MAX30105 merupakan modul fotoplethysmografi (PPG) yang bekerja dengan memancarkan cahaya dari tiga LED (merah 660 nm, inframerah 880 nm, dan hijau 537 nm) ke jaringan kapiler kulit. Perubahan volume darah akibat detak jantung menyebabkan fluktuasi intensitas cahaya yang dipantulkan, yang kemudian dideteksi oleh fotodioda internal. Modul ini dilengkapi rangkaian *noise cancellation* dan *Analog-to-Digital Converter* (ADC) 18-bit untuk mengubah sinyal optik menjadi data digital yang akurat. Untuk aplikasi spesifik, ketiga LED dioperasikan secara bergantian dalam mode *multi-LED* [10].

### 2.5. Fuzzy logic

Fuzzy adalah cabang dari logika yang menerapkan derajatkeanggotaan dalam suatu himpunan sehingga keanggotaan tidak hanya bersifat true/false. Fuzzy secara bahasa artinya kabur, tidak jelas, tidak pasti. Secara istilah, merupakan bentuk representasi pengetahuan yang cocok untuk kondisi yang bersifat humanis yang tidak dapat diselesaikan secara eksak, akan tetapi disesuaikan dengan konteksnya. Logika fuzzy umumnya diterapkan pada masalah masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), ketidaktepatan (*imprecise*), noisy, dan sebagainya. Logika fuzzy menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (*significance*). Logika fuzzy dikembangkan berdasarkan bahasa manusia (bahasa alami) [11].

Fuzzifikasi, Pada proses fuzzifikasi langkah yang pertama adalah menentukan variabel fuzzy dan himpunan fuzzy. Kemudian menentukan derajat kesepadanan (*degree of match*) antara data masukan fuzzy dengan himpunan fuzzy yang telah didefinisikan untuk setiap variabel dalam sebuah fungsi keanggotaan berupa kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1 [11].

Aturan fuzzy, Aturan yang digunakan pada himpunan fuzzy adalah aturan IF-THEN. Proposisi fuzzy dibedakan menjadi dua, proposisi fuzzy atomic dan proposisi fuzzy compound. Proposisi fuzzy atomic adalah pernyataan single dimana sebagai variabel linguistik dan adalah himpunan fuzzy dari Proposisi fuzzy compound adalah gabungan dari proposisi fuzzy atomic yang dihubungkan dengan operator “or”, “and”, dan “not” [11].

Defuzzifikasi, merupakan proses yang berkebalikan dengan proses pada fuzzifikasi. mendefinisikan defuzzifikasi sebagai pemetaan dari himpunan fuzzy ke himpunan tegas. Himpunan fuzzy yang dimaksud adalah hasil output yang diperoleh dari hasil inferensi. Berikut metode yang digunakan untuk defuzzifikasi [11].

Untuk mencari nilai  $Z_{new}$

$$Z_{new} = \frac{\int Z \cdot \mu_{agg-new}(z) dz}{\int \mu_{agg-new}(z) dz} \quad (1)$$

$$Z_{new} = \frac{M1+M2+M3+M4}{A1+A2+A3+A4} \quad (2)$$

### 2.6. Blynk

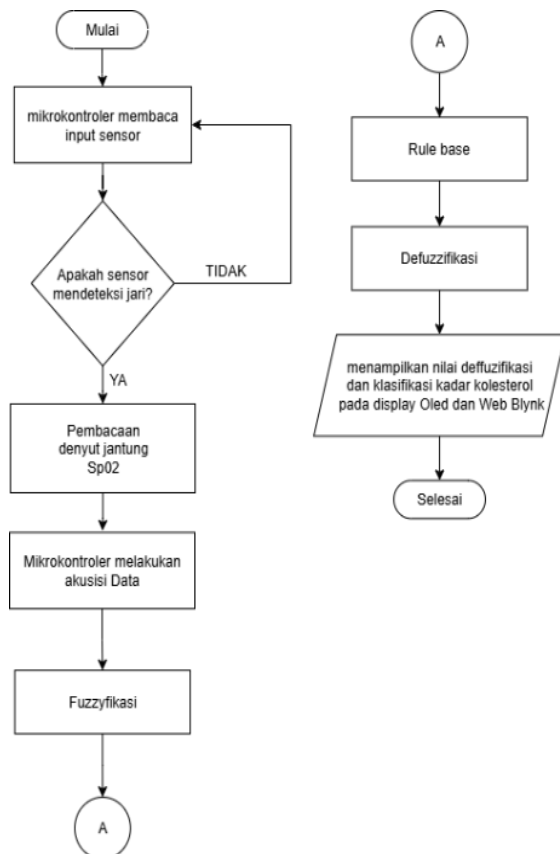
Blynk adalah sebuah platform yang dirancang untuk ekosistem Internet of Things (IoT), yang memfasilitasi pengendalian perangkat keras jarak jauh, visualisasi data sensor, dan penyimpanan informasi. Platform ini memungkinkan pengembangan antarmuka pengguna (UI) melalui beragam *widget* dan mengelola komunikasi antara *smartphone* dan perangkat keras melalui server terpusat [12]. Dalam penelitian ini, aplikasi Blynk dimanfaatkan sebagai dasbor pemantauan *real-*

*time* untuk data detak jantung dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) yang diakuisisi dari sensor MAX30105.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Adapun diagram alir sistem kerja alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

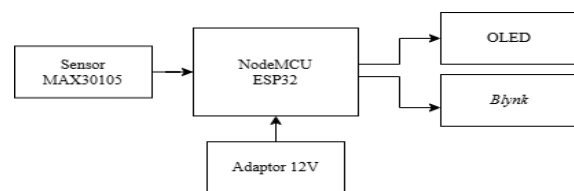


Gambar 1. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Proses kerja sistem diawali dengan mikrokontroler yang membaca input dari sensor untuk memverifikasi keberadaan jari. Jika jari tidak terdeteksi, sistem akan mengulang proses pembacaan. Apabila jari terdeteksi, sistem akan melanjutkan akuisisi data detak jantung (*heart rate*) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>). Data mentah tersebut selanjutnya diproses menggunakan metode fuzzy logic, yang mencakup tiga tahapan utama: fuzzyfikasi input, evaluasi aturan (*rule base*), dan defuzzyfikasi. Hasil akhir berupa klasifikasi status kesehatan pengguna kemudian ditampilkan secara *real-time* pada dua platform: layar OLED untuk pemantauan lokal dan antarmuka aplikasi *Blynk* melalui *Wi-Fi* untuk pemantauan jarak jauh.

#### 3.2. Diagram Blok Sistem

Adapun diagram blok sistem pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada penelitian ini menunjukkan bahwa Sistem ini bekerja dengan cara mendeteksi tiga parameter *input*, yaitu detak jantung (*heartrate*) dan SpO<sub>2</sub>. 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 *fuzzy logic* untuk meningkatkan akurasi dengan menggunakan variabel seperti detak jantung (*heartrate*) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>), 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*.

### 3.3. Metode fuzzy logic

Adapun parameter *fuzzy logic* pada penelitian ini menggunakan 2 *input* dan 1 *output*, seperti tabel berikut:

Tabel 1. Parameter Detak Jantung [13].

Parameter	Range
Rendah	50 – 70 Bpm
Normal	60 – 90 Bpm
Tinggi	80 – 110 Bpm
Sangat Tinggi	100 – 120 Bpm

Tabel 2. Parameter Saturasi Oksigen [14].

Parameter	Range
Hipoksemia parah	0 – 80%
Hipoksemia	75 – 90%
Abnormal	85 – 95%
Normal	92 – 100%

Tabel 3. Paramater Kadar Kolesterol [15].

Parameter	Range
Baik	150 – 200mg/dl
Waspada	190 – 240mg/dl
Bahaya	230 – 250mg/dl

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengujian Sensor MAX30105

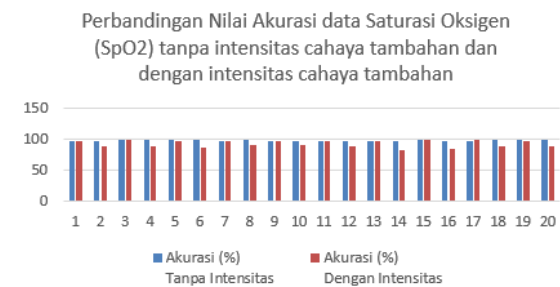
Pengujian sensor MAX30105 ini bertujuan untuk memastikan apakah sensor dapat bekerja dengan baik atau tidak. Adapun tahapan untuk melakukan pengujian, yaitu:

- Menghubungkan sensor MAX30105 dengan ESP32
- Pengujian detak jantung oleh sensor MAX30105.
- Pengujian saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) oleh sensor MAX30105.

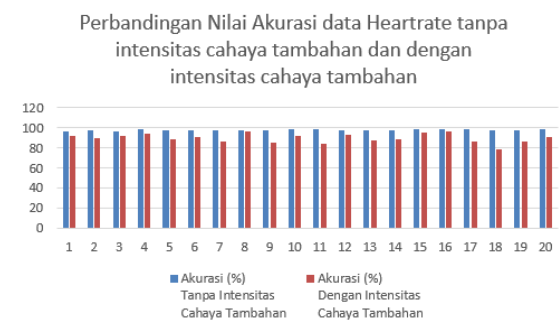
Setelah memastikan sensor MAX30105 dengan baik, dilakukan pengukuran kadar kolesterol menggunakan sensor MAX30105 dengan alat GCU sebagai pembandingnya. Pengujian pertama dilakukan sebanyak dua puluh kali dengan intensitas cahaya sebesar 123,8lx dan pengujian kedua dengan intensitas cahaya sebesar 664,7lx. Dari hasil pengukuran sebanyak 20 sample dari sensor MAX30105 dengan intensitas cahaya sebesar 123,8lx yang menunjukkan hasil pengukuran telah mendekati nilai alat referensi dengan akurasi sensor bagian *heart rate* sebesar 98,25%

dengan persentase *error* sebesar 1,75%. Akurasi sensor bagian SpO<sub>2</sub> sebesar 99,1% dengan persentase *error* 1,35%. Kemudian hasil pengujian dengan intensitas cahaya sebesar 664,7lx sebanyak 20 sample menunjukkan hasil pengukuran telah mendekati nilai alat referensi dengan akurasi sensor bagian *heart rate* sebesar 90,0% dengan persentase *error* sebesar 10,0%. Akurasi sensor bagian SpO<sub>2</sub> sebesar 92,7% dengan persentase *error* 7,4%.

Adapun hasil perbandingan nilai akurasi dari pengujian sensor MAX30105 terhadap perubahan intensitas cahaya, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Perbandingan Nilai Akurasi data Saturasi Oksigen (SpO<sub>2</sub>) tanpa intensitas cahaya tambahan dan dengan intensitas cahaya tambahan.



Gambar 3. Nilai akurasi data heartrate tanpa intensitas cahaya tambahan dan dengan intensitas cahaya tambahan.

pada sensor MAX30105 dengan intensitas cahaya tambahan sebesar 664,7lx dapat menyebabkan gangguan pembacaan dengan nilai akurasi yang dapat dilihat Gambar 3 dan 4 grafik di atas. Pembacaan yang dapat digunakan pada pengujian ini adalah data pembacaan sensor MAX30105 dengan intensitas cahaya

123,8lx dengan nilai akurasi pada masing masing kegunaan sebesar 98,25% untuk *heartare* dan 99,1% untuk saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) dengan nilai *error* pada masing masing kegunaan sebesar 1,75% untuk *heartrate* dan 1,35% untuk saturasi oksigen ( $SpO_2$ ).

#### 4.2. Pengujian website *blynk*

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan data yang ditampilkan pada *platform blynk* 100% sesuai dengan kondisi fisik pada prototipe. Pengujian dilakukan dengan menciptakan 1 sampel data. Hasilnya, untuk sampel yang diuji, informasi *heart rate*,  $SpO_2$ , dan kadar kolesterol yang ditampilkan *platform blynk* sepenuhnya sesuai dengan kondisi aktual pada prototipe. Gambar 5 menunjukkan contoh kesesuaian antara kondisi pada prototipe dengan tampilan pada *platform blynk*.



Gambar 5. kondisi data pada *platform blynk*

##### 4.2.1. Pengujian latensi *platform blynk*

Adapun pengujian latensi *platform blynk*, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. pengujian latensi *platform blynk*

Pengujian latensi <i>platform Blynk</i> , WiFi	
Percobaan	Display → <i>Blynk</i>
1	1,19
2	1,41
3	1,42
4	1,62
5	1,36
6	1,16
7	1,51
8	1,61

Pengujian latensi <i>platform Blynk</i> , WiFi	
Percobaan	Display → <i>Blynk</i>
9	1,33
10	1,19
rata-rata:	1,38

Tabel 4. Merupakan data hasil pengujian latensi *platform blynk* dengan menggunakan *Wifi*, pada saat *display* menerima pesan dari pembacaan sensor MAX30105 kemudian dikirimkan ke *platform blynk* maka terdapat *delay* yang dihasilkan pada saat pengiriman data dari *display* oled ke *website blynk*. Dengan nilai rata-rata latensi sebesar 1,38 detik, nilai ini diperoleh dari 10 kali percobaan yang menunjukkan konsistensi performa sistem, dengan nilai latensi terendah 1,16 detik dan tertinggi mencapai 1,62 detik.

#### 4.3. Pengujian *fuzzy*

##### 4.3.1. Pengujian Sistem *fuzzy monitoring* kadar kolesterol

Pengujian terhadap metode *fuzzy logic* yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat mengklasifikasikan data input dari sensor MAX30105 secara akurat menjadi tiga kategori: Baik, Waspada, atau Bahaya. Proses pengujian melibatkan pengambilan data berdasarkan 16 set aturan (*rules*) yang telah didefinisikan, di mana setiap input sensor diolah menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk menghasilkan keputusan akhir. Sampel data hasil pembacaan sensor beserta klasifikasi dari sistem *fuzzy logic* dirangkum pada Tabel 6, berikut:

Tabel 5. Pengujian Sistem *fuzzy monitoring* kadar kolesterol

No	Input Sistem		Output Sistem Kolesterol	Output Alat Ukur
	Parameter Sistem		Perhitungan	GCU
	Detak Jantung (bpm)	$SpO_2$ (%)		
1	75	95	173 mg/dl	168 mg/dl

No	Input Sistem		Output Sistem Kolesterol	Output Alat Ukur
	Parameter Sistem		Perhitungan	GCU
	Detak Jantung g (bpm)	SpO <sub>2</sub> (%)		
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	86	92	224 mg/dl	218 mg/dl
Rata-rata presentase error :			6,15%	
Rata-rata presentase akurasi :			93,85%	

Tabel 5 merupakan hasil pengujian sistem fuzzy terhadap kadar kolesterol secara *non-invasive*, dengan nilai akurasi sebesar 93,86% dan persentase *error* sebesar 6,15%.

#### 4.3.2. Pengujian *rule base* sistem fuzzy

Adapun Pengujian *rule base* pada sistem fuzzy yang bertujuan untuk memastikan apakah pembacaan klasifikasi sesuai dengan *rule base* yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Pengujian *rule base* sistem fuzzy

NO	Input Sistem		Output Klasifikasi Fuzzy	Ket
	Detak Jantung (bpm)	SpO <sub>2</sub> (%)		
1	75	95	Baik	Sesuai
2	75	95	Baik	Sesuai
3	86	98	Baik	Sesuai
4	85	97	Baik	Sesuai
5	82	99	Baik	Sesuai

## 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

- 1) Berdasarkan hasil pengujian *rule base* sistem monitoring kadar kolesterol. Dengan memiliki nilai input detak jantung sebesar 86

BPM dan SpO<sub>2</sub> sebesar 92%. Dinyatakan dalam klasifikasi (waspada) karena memiliki nilai detak jantung yang tergolong (normal) namun nilai SpO<sub>2</sub> tergolong (abnormal) sehingga didapatkan hasil klasifikasi yaitu (waspada).

- 2) Monitoring kadar kolesterol menggunakan fuzzy logic pada penelitian ini terdapat beberapa kekurangan dalam perhitungan nilai pembacaan oleh sensor MAX30105 dengan nilai akurasi sebesar 93,85% dan nilai *error* sebesar 6,15%.
- 3) Berdasarkan pengujian kalibrasi terdapat perbedaan pembacaan nilai sensor yang disebabkan oleh faktor intensitas cahaya, pada saat pembacaan *heartrate* tanpa intensitas cahaya hanya menggunakan cahaya ruangan didapatkan nilai *error* sebesar 3,5% dan nilai akurasi sebesar 96,6% sedangkan yang disebabkan oleh faktor sensor terpapar intensitas cahaya tambahan didapatkan nilai *error* sebesar 10% dan nilai akurasi sebesar 90%. Maka dapat dikatakan bahwa pembacaan sensor akan berbeda jika terkena faktor cahaya tambahan.
- 4) Berdasarkan pengujian latensi sistem pada display oled terhadap perangkat blynk dengan menggunakan Wifi diperoleh rata-rata delay keseluruhan mencapai 1,38 detik, hal ini disebabkan oleh faktor koneksi internet yang terhubung pada alat ukur dan perangkat blynk.

## 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

- [1] D. H. Besterfield, Quality Control 7th Edition, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.
- [2] I. Budiman, S. Saori, R. N. Anwar, F. and M. Y. Pangestu, "Analisis Pengendalian Mutu di Bidang Industri Makanan," *Jurnal Inovasi Penelitian*, pp. 2185-2190, 2021.
- [3] A. Daryus, Manajemen Perawatan Mesin, Jakarta: Fakultas Teknik - Teknik Mesin Universitas Darma Persada, 2019.

- [4] Preya Anupongongarch, "A Study on Design and Construction of Non- invasive Cholesterol Sensor." Rangsit University, 2020
- [5] A. B. Nugroho, B. S. Rintyarna, dan D. K. Athoillah, "Analisis Spektrum Tegangan Pada Alat Pendeteksi Kadar Gula Darah Menggunakan Near," *J. Tek. Elektro Dan Komputasi ELKOM*, vol. 3, no. 1, hlm. 1–13, Mei 2021.
- [6] R. Rosmaini, W. I. Melrisda, dan Y. Haiga, "Gambaran Kadar Kolesterol Total Pada Lansia di Puskesmas Lubuk Buaya Tahun 2019," *Sci. J.*, vol. 1, no. 2, hlm. 101–110, Mar 2022.
- [7] A. N. Sari, M. Hidayat, S. Faizah, dan D. S. Diningrat, "Pengaruh pemberian Ekstrak daging Buah Asam Keranji NJI (Dialium Indum L.) terhadap kadar Kolesterol mencit jantan (Musmusculus) Hiperlipidemia," *Biofaal J.*, vol. 2, no. 1, hlm. 1–10, Jun 2021.
- [8] Dr. Arulmurugan L, "Animal Intrusion Detection Using ESP32 Cam and Open CV," Volume 8, Issue 10, October – 2023
- [9] S. Ma. Iqbal, M. A. Leavitt, G. Pedilus, I. Mahgoub, dan W. Asghar, "A wearable telehealth system for the monitoring of parameters related to heart failure," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, hlm. e26841, Mar 2024.
- [10] D. Chicco, S. Spolaor, dan M. S. Nobile, "Ten quick tips for fuzzy logic modeling of biomedical systems," *PLOS Comput. Biol.*, vol. 19, no. 12, hlm. e1011700, Des 2023.
- [11] A. Engga Reswara, J. Dedy Irawan, dan F. Xaverius Ariwibisono, "Rancang Bangun Sistem Smart Parking Berbasis Internet Of Things (Iot)," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 6, hlm. 12385–12390, Nov 2024.
- [12] Susi Herminingsih, dr., Sp.JP(K), FIHA, FasCC, dkk. Buku elektrokardiografi, ISBN 978-623-6528-78-5, fakultas kedokteran universitas diponogoro, 2021
- [13] [www.galerimedika.com/blog/Perbandingan-Pulse-Oximeter-Beurer-PO30-PO60-PO80](http://www.galerimedika.com/blog/Perbandingan-Pulse-Oximeter-Beurer-PO30-PO60-PO80), diakses 15 juni 2025.
- [14] Niken safitri dyan k dan wahyu hidayat "Buku panduan Edukasi Kesehatan untuk Masyarakat, Departemen Ilmu Keperawatan, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang" FK