

**SISTEM *MONITORING* KADAR KOLESTEROL SECARA *NON-
INVASIVE* MENGGUNAKAN SENSOR MAX30105 DENGAN
METODE *FUZZY LOGIC* MAMDANI**

Skripsi

Oleh :

AZRA RAMADHAN POHAN

NPM. 2115031009



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2025

ABSTRAK

SISTEM *MONITORING* KADAR KOLESTEROL SECARA *NON-INVASIVE* MENGGUNAKAN SENSOR MAX30105 DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* MAMDANI

Oleh

AZRA RAMADHAN POHAN

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 (SpO_2) 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', penelitian ini 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.

Kata Kunci: *Monitoring* Kolesterol, *Non-Invasive*, Sensor MAX30105, *Fuzzy Logic* Mamdani, *Internet of Things* (IoT).

ABSTRACT

NON-INVASIVE CHOLESTEROL LEVEL MONITORING SYSTEM USING MAX30105 SENSOR WITH MAMDANI FUZZY LOGIC METHOD

By

AZRA RAMADHAN POHAN

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.

Keywords: Cholesterol Monitoring, Non-Invasive, MAX30105 Sensor, Mamdani Fuzzy Logic, Internet of Things (IoT).

**SISTEM *MONITORING* KADAR KOLESTEROL SECARA *NON-
INVASIVE* MENGGUNAKAN SENSOR MAX30105 DENGAN
METODE *FUZZY LOGIC* MAMDANI**

Oleh

AZRA RAMADHAN POHAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Elektro
Fakultas Teknik**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **SISTEM MONITORING KADAR KOLESTEROL
SECARA NON- INVASIVE MENGGUNAKAN
SENSOR MAX30105 DENGAN METODE FUZZY
LOGIC MAMDANI**

Nama Mahasiswa : **AZRA RAMADHAN POHAN**

No. Pokok Mahasiswa : **2115031009**

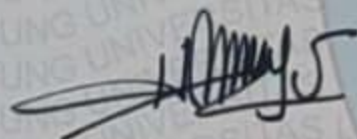
Program Studi : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

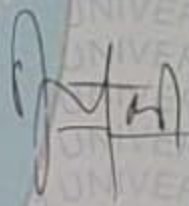
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197310041998032001

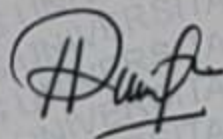
Pembimbing Pendamping



Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001

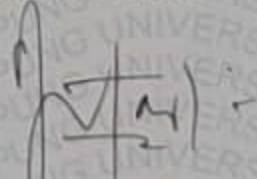
2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001

Ketua Program Studi
Teknik Elektro

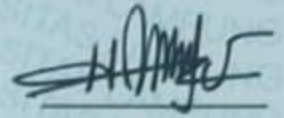


Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001

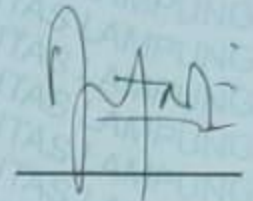
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D.



Sekretaris : Sumadi, S.T., M.T.



Penguji Bukan
Pembimbing : Herlinawati, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T, M.Sc. J
NIP. 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 – Agustus - 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 Agustus 2025



Azra Ramadhan Pohan
NPM. 2115031009

RIWAYAT HIDUP



Azra Ramadhan Pohan lahir di Bandar Lampung pada tanggal 28 Oktober 2003. Penulis lahir dari pasangan Ayah alm. Parlindungan As'ad Mulia Pohan dan Ibu Tri Mei Ranum sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dengan Abang Alief Rizky Pohan dan Adik Annisa Ranum Pohan.

Penulis mempunyai riwayat pendidikan di TK as salam, SD Al azhar 1, SMP Negeri 1 Bandar Lampung, dan SMA Negeri 1 Bandar Lampung hingga lulus pada tahun 2021.

Penulis menjadi mahasiswa baru di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2021 diterima melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Penulis aktif dalam organisasi intra kampus, yaitu HIMATRO UNILA sebagai Kepala departemen kaderisasi dan pengembangan organisasi (KPO), serta penulis juga aktif menjadi asisten Laboratorium Elektronika dari Tahun 2023-2025. Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Pindad Persero pada tahun 2024 dengan judul laporan "*Implementasi Sensor Phototransistor Sebagai Indikator Pada Sistem Smoke Grenade Launcher Untuk Kendaraan Khusus di PT. Pindad*".

MOTTO

“ Tidak ada satupun yang dibiarkan ALLAH terjadi dan itu sia-sia ”

(Ali Imran ayat 191)

“ Aku tidak akan pernah lupa bagaimana kerasnya kemarin menamparku, bangun dengan mata lelah, dada sesak tapi tetap berdiri untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai ”

(Azra Pohan)

“ *Follow one course until success* ”

(Dustin tiffani)

SANWACANA

Puji Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dan kemudahan untuk menjalankan perkuliahan, penelitian, dan penulis naskah skripsi yang berjudul “**Sistem *Monitoring Kadar Kolesterol Secara Non-Invasive Menggunakan Sensor Max30105 Dengan Metode Fuzzy Logic Mamdani***” hingga selesai.

Selama proses menyelesaikan skripsi ini, penulis meyakini banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, dukungan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan juga sekaligus dosen penguji bagi penulis.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan sekaligus dosen pembimbing pendamping yang selalu meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan bantuan serta memberikan motivasi dan arahan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini kepada penulis hingga dapat menyelesaikan studi.
5. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D. Selaku Pembimbing Utama tugas akhir, yang selalu bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta memberi bantuan, dukungan, dan motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih ibu, atas semua yang selalu diberikan selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi ini.

6. Bapak Dr. Eng. F.X Arinto Setyawan, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
7. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
8. Kak Yudi Eka Putra, S.T., M.T. selaku PLP Laboratorium Elektronika. Terima kasih atas ilmu dan diberikannya tempat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kedua orang tua yang tercinta dan tersayang, Papah Alm. Parlindungan As'ad Mulia Pohan dan Mamah Tri Mei Ranum. Pah Mah, terima kasih atas segala cinta dan kasih sayangnya, yang selalu melangitkan doa-doa terbaik, memberikan dukungan, semangat, nasihat, arahan dan motivasi. Papah dan Mamah adalah alasan utama penulis tidak akan pernah menyerah di dalam berbagai segala rintangan dalam menyelesaikan skripsi
10. Abang Alief dan Adik Annisa, terima kasih atas segala cinta dan kasih sayangnya yang selalu menghibur, memotivasi, dan bantuan doa-doa terbaiknya kepada penulis sampai bisa menyelesaikan perkuliahan S1 ini.
11. Perempuan dengan nomor pokok mahasiswa (NPM) 2115061002, yang selalu memberikan doa, motivasi, dan kasih sayang, serta selalu hadir di segala rintangan. Terima kasih telah mewarnai bagian perjalanan hidup penulis. Telah menjadi rumah bagi penulis dalam segala hal dalam menghibur, mendukung, menemani, dan mendengar keluh kesah.
12. Keluarga Pohan bersaudara, yang telah memberikan banyak motivasi, doa, saran, dan *party - party*.
13. Keluarga El Pance, yang telah memberikan banyak saran, motivasi, bantuan, dan hiburan pembantaian PES yang tidak pernah penulis lupakan sampai kapan pun.
14. Rumah M. Faisal Ghifari terima kasih atas tempat dimana penulisan menemukan ide-ide, motivasi, saran, dan doa-doa yang tidak pernah penulis lupakan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan HAHAAH.

15. Keluarga rekan-rekan asisten 21 di Laboratorium elektronika yang selalu memberikan dukungan, pertolongan, canda tawa, dalam setiap proses apa pun selama menjadi asisten laboratorium teknik elektronika.
16. Bacan, bagas dwi, arya, tegar, Hafid, gilang, Muklas, ayip, Rinjani, dan Tsalisa Asisten 22 Laboratorium Elektronika. Terima kasih selalu memberikan dukungan, pertolongan, canda tawa, dalam setiap proses apapun selama menjadi asisten laboratorium elektronika.
17. Keluarga besar Angkatan 2021, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
18. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
19. Keluarga Anker 21, yang telah memberikan banyak pelajaran, motivasi, nilai-nilai sosial, pertolongan, canda tawa dan bantuan dalam berbagai hal.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Kadar Kolesterol	6
2.3 NodeMCU ESP32	7
2.4 <i>Organic Light Emitting Diode</i> (OLED)	8
2.5 Sensor MAX30105	9
2.6 <i>Internet of Things</i> (IoT)	11
2.7 <i>Fuzzy Logic</i>	11
2.7.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	12
2.7.2 Fungsi Keanggotaan	12
2.7.3 Tahapan Sistem <i>Fuzzy Logic</i>	14
2.8 Blynk	15
2.9 Denyut jantung	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	17

3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.4 Diagram Blok Sistem	19
3.5 Diagram Alir Sistem Kerja Alat	20
3.6 Skema Perancangan Alat	21
3.7 Metode Fuzzy Logic	22
3.7.1 Fungsi Keanggotaan SpO ₂	22
3.7.2 Fungsi keanggotaan Denyut Jantung	24
3.7.3 Fungsi keanggotaan kadar kolesterol	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Hasil Rancangan Sistem <i>Monitoring</i> Kadar Kolesterol Secara <i>Non-Invasive</i>	29
4.2. Prinsip Kerja Alat	30
4.3. Pengujian Komponen	31
4.3.1. Pengujian OLED TFT 240x320	31
4.3.2. Pengujian Koneksi Sensor MAX30105	32
4.3.3. Pengujian Mikrokontroler ESP32	33
4.3.4. Pengujian <i>Website Blynk</i>	34
4.4. Kalibrasi dan Data Hasil Sistem	37
4.4.1. Kalibrasi sensor MAX30105 untuk Deteksi <i>Heart Rate</i> dan SpO ₂	38
4.4.2. Data Hasil Pengujian Sensor MAX30105 untuk deteksi <i>Heart Rate</i> ...	39
4.4.2.1. Data Hasil Pengujian Sensor MAX30105 Tanpa Intensitas Cahaya Tambahan	39
4.4.2.2. Data Hasil Pengujian Sensor MAX30105 Dengan Intensitas Cahaya Tambahan	48
4.5. Pengujian <i>Fuzzy</i>	53
4.6. Perhitungan <i>fuzzy logic</i>	54
4.6.1. Perhitungan <i>fuzzy logic</i> untuk kadar kolesterol	54
4.6.2. Proses Fuzzifikasi	55
4.6.3. Inferensi	55
4.6.4. Proses aturan <i>Fuzzy</i>	57
4.6.5. Deffuzifikasi	59

4.7.	Pengujian <i>rule base</i> pada sistem.....	59
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran	65
	DAFTAR PUSTAKA	66
	LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Penumpukan Kolesterol Berlebih.....	7
Gambar 2.2 NodeMCU ESP32	8
Gambar 2.3 OLED (Organic Light Emitting Diode) 240 x 320 cm	9
Gambar 2.4 Sensor MAX30105.....	10
Gambar 2.5 Internet of Things (IoT).....	11
Gambar 2.6 Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	13
Gambar 2.7 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	13
Gambar 2. 8. Bentuk dasar elektrokardiogram (EKG)	16
Gambar 2. 9. Ritme sinus Jantung 60 bpm	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	18
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem	19
Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem	20
Gambar 3.4 Skema Perancangan Alat.....	21
Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan SpO ₂	22
Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan denyut jantung	24
Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Kadar Kolesterol.....	25
Gambar 4. 1 Rangkaian Sistem Monitoring Kadar Kolesterol Secara non-invasive.....	30
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian OLED TFT 240x320.....	31
Gambar 4. 3 Pengujian Sensor MAX30105.....	32
Gambar 4. 4 Tampilan Sketch Pada Arduino IDE.....	33
Gambar 4. 5 Tampilan awal Website Blynk	34
Gambar 4. 6 Tampilan Auth Token	35
Gambar 4. 7 Tampilan TEMPLATE_ID dan TEMPLATE_NAME	36
Gambar 4. 8 Plot Regresi Linier pengujian Detak Jantung.....	41
Gambar 4. 9 grafik linier denyut jantung setelah kalibrasi	43
Gambar 4. 10 Plot Regresi Linier pengujian Saturasi Oksigen (SpO ₂).....	45
Gambar 4. 11 Perbandingan nilai akurasi heartrate	47
Gambar 4. 12 Perbandingan nilai akurasi Saturasi Oksigen (SpO ₂)	47
Gambar 4. 13 grafik linier saturasi oksigen setelah kalibrasi	47
Gambar 4. 14 Perbandingan Nilai Akurasi data Heartrate tanpa intensitas cahaya tambahan dan dengan intensitas cahaya tambahan	50

Gambar 4. 15 Perbandingan Nilai Akurasi data Saturasi Oksigen (SpO ₂) tanpa intensitas cahaya tambahan dan dengan intensitas cahaya tambahan	50
Gambar 4. 16 Pengujian Saat Pengguna Dalam Keadaan Terkena Cahaya Tambahan	51
Gambar 4. 17 Pengujian Saat Pengguna Dalam Keadaan Tidak Terkena Cahaya	52
Gambar 4. 18 Mencari nilai t ₁ , t ₂ , t ₃ , dan t ₄	55
Gambar 4. 19 Hasil nilai t ₁ , t ₂ , t ₃ , dan t ₄	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32	8
Tabel 2.2 Spesifikasi LCD OLED	9
Tabel 2.3 Spesifikasi sensor MAX30105	10
Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	17
Tabel 3. 2 Pengaruh detak jantung dan SpO2 terhadap kadar kolesterol [25].....	27
Tabel 3. 3 Rule Base Fuzzy Logic Mamdani.....	27
Tabel 4. 1 Wiring Pin ESP32 untuk sensor MAX30105	32
Tabel 4. 2 pengujian latensi sistem Pada Display oled terhadap perangkat blynk	36
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Heartrate Sebelum Kalibrasi	39
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Heartrate Setelah Kalibrasi	42
Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Saturasi Oksigen (SpO ₂) Sebelum Kalibrasi.....	43
Tabel 4. 6 Data Pengujian Saturasi Oksigen (SpO ₂) Setelah Kalibrasi	46
Tabel 4. 7 Data Pengujian Heartrate	48
Tabel 4. 8 Data Pengujian Saturasi Oksigen (SpO ₂).....	49
Tabel 4. 9 Pengujian Sistem fuzzy monitoring kadar kolesterol	53
Tabel 4. 10 Sampel Data Perhitungan Fuzzy logic untuk Kadar Kolesterol	54
Tabel 4. 11 Rule base	57
Tabel 4. 12. Tabel pengujian <i>rule base</i> pada sistem	59
Tabel 4. 13 Perhitungan Defuzzifikasi	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mayoritas penduduk Indonesia tidak menyadari bahwa tingginya kadar kolesterol sangat berbahaya bagi kesehatan. Kadar kolesterol yang tinggi menjadi penyebab terkena penyakit jantung. Salah satu contoh pencegahan penyakit tersebut adalah dengan mengonsumsi makanan sehat serta pengecekan denyut jantung secara rutin [1]. Denyut jantung merupakan salah satu indikator fisik yang berhubungan langsung dengan kondisi kesehatan manusia. Alat pantau denyut jantung, seperti *oximeter* misalnya digunakan dalam peralatan medis di rumah sakit untuk membantu dokter mendiagnosis penyakit pasien [2], terutama pada penyakit jantung yang biasanya disebabkan oleh peningkatan kadar kolesterol yang tidak terkontrol [3]. Sebagian besar kematian akibat penyakit ini terjadi di negara berkembang, dengan angka mencapai lebih dari 75%. Penyakit jantung terjadi akibat akumulasi plak yang disebabkan oleh tingginya kadar kolesterol dalam darah serta peningkatan tekanan darah. Kondisi tersebut menyebabkan penyempitan pembuluh darah sehingga membatasi aliran darah menuju jantung [4].

Menurut data Kementerian Kesehatan tahun 2022, sekitar 28% dari total populasi Indonesia menderita kolesterol tinggi [5]. Kolesterol tergolong dalam jenis lemak yang dalam struktur sel terdiri atas LDL (*Low Density Lipoprotein*), HDL (*High Density Lipoprotein*), dan *trigliserida*. Zat ini memiliki peran vital bagi tubuh, khususnya dalam pembentukan membran sel, produksi hormon, pembuatan vitamin, serta berfungsi sebagai cadangan energi. Berdasarkan standar *national cholesterol education program adult treatment panel III* (NCEP ATP III), kadar kolesterol normal berada di bawah 200 mg/dl, kategori peralihan (*borderline*) pada kisaran 200-239 mg/dl, dan diklasifikasikan tinggi jika mencapai ≥ 240 mg/dl.

Peningkatan kadar kolesterol berpotensi memperbesar risiko munculnya penyakit berbahaya yang dapat berakibat fatal [6]. Oleh karena itu, pemantauan kadar kolesterol secara rutin sangat dianjurkan, terutama bagi orang dewasa, untuk mencegah komplikasi yang lebih lanjut. Namun, mayoritas masyarakat merasa takut terhadap jarum suntik, rumah sakit, dan darah dalam konteks pengelolaan kesehatan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemeriksaan kolesterol tanpa jarum suntik yang tidak dapat melukai jaringan tubuh (*non-invasive*) agar masyarakat lebih bijaksana pada kesehatan tubuh. Maka dari itu pemeriksaan rutin kadar kolesterol setiap tahun bagi individu dengan kadar kolesterol normal, sedangkan bagi mereka yang memiliki kadar kolesterol tinggi, pemeriksaan disarankan setiap tiga bulan sekali.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan suatu alat *non-invasive* yang dapat *monitoring* pasien pengidap kolesterol dan dapat dipantau oleh petugas medis dari lokasi lain. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan *prototype monitoring* pasien pengidap kolesterol secara *non-invasive* dan dapat dipantau menggunakan layar OLED dan *blynk*. Sehingga Diharapkan dengan adanya alat ini akan dapat mempermudah petugas medis dan pasien dalam pemantauan rutin pengidap kolesterol secara *real-time* baik di layar OLED yang terpasang pada alat maupun di *dashboard Blynk*. [7].

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem *monitoring* kadar kolesterol menggunakan sensor MAX30105 secara *non-invasive* dengan mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen (SpO_2).
2. Menguji akurasi sistem klasifikasi dalam menentukan status kadar kolesterol dengan menggunakan *input* data denyut jantung dan data saturasi oksigen (SpO_2).
3. Menguji kecepatan respons sistem antara *display* OLED dan *platform Blynk* yang dihubungkan melalui jaringan *WiFi*.

4. Menguji intensitas cahaya terhadap pembacaan *input* sensor MAX30105.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan tujuan penelitian diatas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara *monitoring* kadar kolesterol secara *non-invasive* menggunakan sensor MAX30105 dengan metode *fuzzy logic* mamdani

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem hanya akan dibuat dalam skala *prototype*.
2. Sistem *monitoring* kadar kolesterol menggunakan sensor MAX30105 dengan *input* pendeteksi perubahan denyut jantung dan kadar oksigen (SpO₂) tanpa memerlukan pengambilan sampel darah.
3. Bentuk keluaran sistem akan ditampilkan pada OLED (*Organic Light Emitting Diode*) dan *Blynk*.
4. Dalam pengujian ini penggunaan metode *fuzzy logic* mamdani hanya pada parameter kadar kolesterol.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan kemudahan bagi tenaga medis dan pasien dalam pengecekan kadar kolesterol secara *non-invasive*.
2. Mengurangi limbah medis yang telah terpakai dan pencemaran lingkungan dapat berkurang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Membuat latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi mengenai beberapa teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian, langkah-langkah yang dimulai dari desain perencanaan hingga mengimplementasikan menjadi pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang proses pengambilan data, hasil yang didapatkan saat penelitian dan analisa data dari hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang didasarkan pada hasil data mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian dengan judul “*A Study on Design and Construction of Non-invasive Cholesterol Sensor*” merancang sensor kolesterol *non-invasive* berbasis prinsip serapan cahaya inframerah dengan empat komponen utama: *signal detector*, *signal conditioning module*, *signal processor*, and *display*. Detektor sinyal menggunakan LED inframerah (1200 nm) sebagai sumber cahaya utama dan LED merah sebagai referensi, dengan *photodiode* sebagai penerima cahaya yang mengonversi intensitas cahaya menjadi sinyal listrik. Sinyal tersebut kemudian dikondisikan melalui rangkaian penguat AC (LM324) dan filter untuk mengurangi *noise*, lalu diproses oleh *mikrokontroler* Arduino Nano 3.0 yang mengonversi sinyal analog ke digital. Hasil akhir ditampilkan pada layar LCD 16x2 dalam satuan mg/dL. Kalibrasi dilakukan terhadap 12 subjek dengan kadar kolesterol 186–287 mg/dL (diukur secara *invasive*). Pengujian akurasi pada 5 subjek menunjukkan rata-rata kesalahan sebesar 2.52%, dengan contoh pada subjek berkadar kolesterol 174 mg/dL menghasilkan deviasi 1.67%. Meski akurat untuk kadar tinggi, sensor memiliki keterbatasan dalam rentang kalibrasi (terbatas pada 186–287 mg/dL) dan sensitivitas terhadap posisi jari serta cahaya lingkungan. Penelitian merekomendasikan penambahan sampel dengan kadar normal (<200 mg/dL) dan optimasi metode regresi untuk meningkatkan akurasi pada studi lanjutan [8].

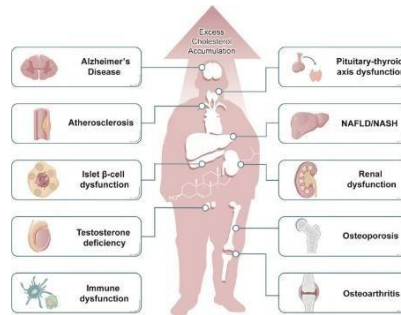
Penelitian dengan judul “Analisis Spektrum Tegangan Pada Alat Pendeteksi Kadar Gula Darah Menggunakan *Near*” menggunakan metode *non-invasive* dalam mendeteksi kadar gula darah dengan memanfaatkan sifat serapan cahaya *near-infrared* (NIR) terhadap media cair. Metode ini menggunakan sensor OPT101 untuk menangkap intensitas cahaya yang melewati jari tangan dan menggunakan analisis korelasi *pearson* untuk mengetahui hubungan antara tegangan yang diterima sensor dengan kadar gula darah [9].

Penelitian dengan judul “*Development of Non-Invasive Cholesterol Monitoring System Using TCRT5000 sensor with Android Compatibilty*” mengembangkan sistem pemantauan kadar kolesterol secara *non-invasive* dengan memanfaatkan sensor TCRT5000 yang terintegrasi dengan aplikasi Android. Sistem ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan metode *invasive*, seperti tingginya biaya, risiko infeksi, dan pengelolaan limbah medis. Uji coba dilakukan pada 15 responden berusia 20–30 tahun. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki akurasi rata-rata sebesar 83,18% serta waktu tunda rata-rata 8,8 milidetik, yang dikategorikan sangat baik. Sistem tersebut berpotensi digunakan dalam *telemedicine* untuk memantau kadar kolesterol secara berkala dari jarak jauh [10].

Berdasarkan referensi tersebut, penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya fokus penelitian ini adalah pemantauan kadar kolesterol pada pasien menggunakan sistem *non-invasive*. penelitian ini menggunakan sensor MAX30105 sebagai *monitoring* kadar kolesterol dalam tubuh. ESP32 sebagai pengendali utama sistem. *Output* berupa data yang sudah melalui proses *fuzzy logic* sebagai nilai keputusan, kemudian nilai akan ditampilkan melalui *Blynk* dan layar OLED (*Organic Light Emitting Diode*).

2.2 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 [11]. 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 [12].

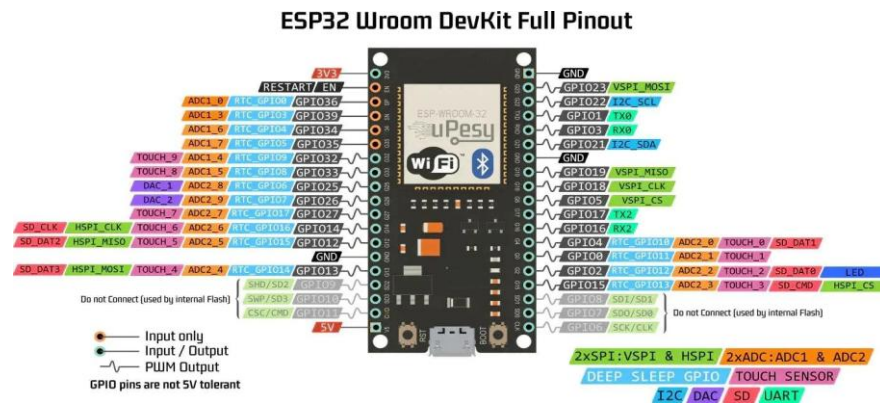


Gambar 2.1 Penumpukan Kolesterol Berlebih

2.3 NodeMCU ESP32

ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontroler dengan fitur mode ganda yakni *WiFi* dan *bluetooth* yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT (*Internet of Things*). Mikrokontroler ini merupakan *upgrade* dari ESP8266, Pada ESP32 terdapat inti CPU serta Wi-Fi yang lebih cepat, GPIO yang lebih banyak, dan dukungan terhadap *Bluetooth* 4.2, serta konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok untuk membuat beberapa proyek-proyek elektronika berbasis *Internet of Things* [14]. Mikrokontroler ini memiliki pin *out* lebih banyak, pin analog yang lebih banyak, serta memori yang lebih besar dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya seperti yang terlihat pada Gambar 2.2, sehingga ideal untuk mengontrol sensor MAX30105.

Pada penelitian ini, Mikrokontroller ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang mengumpulkan data dari sensor MAX30105 yang dipasang di jari tangan pasien. Data yang dikumpulkan digunakan untuk mendeteksi status denyut jantung secara *real-time*. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk mengolah data dan mengirimkannya ke *cloud database* melalui koneksi *Wi-Fi*, sehingga informasi dapat diakses melalui aplikasi berbasis *smartphone*. ESP32 memungkinkan sistem untuk memberikan informasi denyut jantung secara *real-time* pada jari tangan yang terintegrasi. Gambar 2.2 memperlihatkan bentuk fisik dari NodeMCU ESP32.



Adapun spesifikasi dari NodeMCU ESP32 ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Gambar 2.2 NodeMCU ESP32

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32

Data	ESP32
Tegangan	3.3 Volt
CPU	Xtensa dual core LX6-160MHz
Arsitektur	32 bit
Flash Memory	4MB
SRAM	512KB
GPIO PIN (ADC/DAC)	36(18/2)
Bluetooth	Bluetooth v4.2
WiFi	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)
SPI/I2C/UART	4/2/2

2.4 Organic Light Emitting Diode (OLED)

OLED adalah singkatan dari *Organic Light Emitting Diode*. Teknologi ini menggunakan panel khusus yang mengandung elemen-elemen organik yang dapat memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Layar OLED banyak digunakan pada perangkat seperti televisi dan *smartphone*. Popularitasnya didukung oleh beberapa keunggulan, salah satunya adalah efisiensi daya. Teknologi OLED mampu menghasilkan warna hitam yang lebih pekat dan mendalam karena tidak memerlukan pencahayaan latar untuk menampilkan gambar [15]. Gambar 2.3. memperlihatkan bentuk fisik layar OLED.



Gambar 2.3 OLED (*Organic Light Emitting Diode*)
240 x 320 cm

Adapun spesifikasi dari LCD OLED (*Organic Light Emitting Diode*) ini dapat dilihat pada tabel 2.2

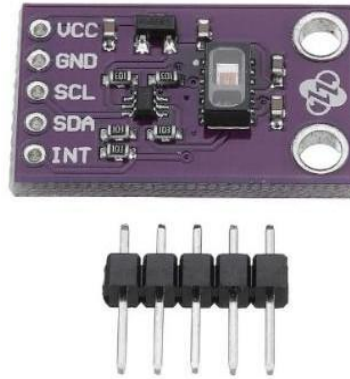
Tabel 2.2 Spesifikasi LCD OLED

Data	Spesifikasi OLED
High resolution	240 x 320
Supports many control chip	Fully compatible with FOR Arduino, 51 Series, MSP430 Series, STM32 / 2, CSR IC, etc.
Ultra-low power consumption	full screen lit 0.08W
Voltage	3V ~ 5V DC
Working Temperature	-30 c ~ 70 c
Module Size	27.0MM x 27.0MM x 4.1MM
Driver IC	SSD2212

2.5 Sensor MAX30105

MAX30105 merupakan sensor yang memanfaatkan teknologi *fotoplethismografi* (PPG) dan berfungsi sebagai pendeteksi denyut jantung secara efektif. Cara kerjanya dilakukan dengan menempelkan sensor pada permukaan kulit, kemudian LED merah (660 nm), inframerah (880 nm), dan LED hijau (537 nm) memancarkan cahaya ke jaringan kapiler kemudian cahaya tersebut dipantulkan kembali, dan intensitasnya berubah-ubah sesuai dengan variasi volume darah yang berfluktuasi seiring denyut jantung. Fotodiode *internal* akan menangkap perubahan intensitas cahaya yang dipantulkan akibat variasi volume darah yang mengikuti detak jantung. Untuk menjaga ketepatan, modul ini dilengkapi rangkaian khusus yang mengurangi gangguan, lalu mengubah sinyal optik yang telah bersih menjadi data digital melalui ADC beresolusi tinggi 18-bit. Ketiga LED pada MAX30105 tidak bekerja secara bersamaan, melainkan bekerja secara bergantian

dengan mode multi LED yaitu siklus waktu pengukuran akan dibagi pada ketiga LED kemudian menciptakan urutan pengukuran sesuai kebutuhan aplikasi. [16]. Pada penelitian ini sensor digunakan sebagai pendeteksi denyut jantung dan saturasi oksigen (SpO_2) diujung jari tangan secara *real-time*. Gambar 2.4. memperlihatkan bentuk fisik sensor MAX30105.



Gambar 2.4 Sensor MAX30105

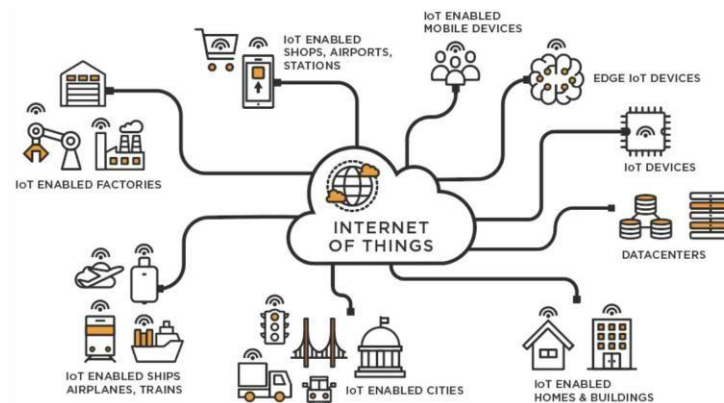
Adapun spesifikasi dari sensor MAX30105 ini dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Spesifikasi sensor MAX30105

Spesifikasi	Detail
Tipe Sensor	<i>Fotopletismografi (PPG)</i>
Komponen Optik	LED (Merah, Inframerah, Hijau) & <i>photodetector</i>
Tegangan Operasi	1.8V – 3.3V
Tegangan <i>Input</i> LED	3.3V – 5.0V
Arus Maksimum LED	50 mA per LED
Protokol Komunikasi	<i>I²C (Inter-Integrated Circuit)</i>
Rentang Panjang Gelombang	Merah: 660 nm, Inframerah: 880 nm, Hijau: 537 nm
Resolusi ADC	18-bit
Fitur Tambahan	Deteksi partikel udara (asap/debu), pengukuran saturasi oksigen (SpO_2)
Dimensi Modul	5.6 mm × 3.3 mm × 1.55 mm

2.6 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) menurut *microsoft* merupakan peralatan, mesin, produk, dan perangkat yang terhubung ke *cloud* dan dilengkapi untuk mengumpulkan dan mengirimkan data dengan aman [17], konsep di mana perangkat fisik yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas internet dapat saling berkomunikasi, memungkinkan otomatisasi dan interaksi langsung dengan lingkungan, IoT adalah konsep di mana objek-objek fisik yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas internet dapat saling berkomunikasi dan berinteraksi satu sama lain serta dengan lingkungan sekitarnya [17]. Dalam konteks sistem pemantauan denyut jantung berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor akan digunakan untuk mendeteksi denyut jantung dan saturasi oksigen (SpO_2) yang dikonversi sebagai kadar kolesterol dan data dikirimkan melalui konektivitas *Wi-Fi* menggunakan *cloud* untuk keamanan dan dianalisis di server berbasis *cloud*. IoT memungkinkan pengintegrasian denyut jantung dan saturasi oksigen (SpO_2) ke dalam satu sistem yang *real-time*, dengan ESP32 sebagai mikrokontroler yang hemat daya dan mendukung komunikasi *machine-to-machine* (M2M). Gambar 2.5. memperlihatkan konsep *Internet of Things* (IoT).



Gambar 2.5 *Internet of Things* (IoT)

2.7 Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan bentuk kalkulus proposional dalam logika bernilai banyak yang memungkinkan lebih dari dua nilai kebenaran. Logika ini dapat digunakan untuk merepresentasikan konsep yang bersifat sebagian benar atau sebagian salah. Karena kemampuannya dalam secara sistematis menggambarkan

konteks dan skenario yang tidak terdefinisi, *fuzzy logic* sering digunakan oleh para peneliti dan ilmuwan dalam berbagai studi di bidang medis dan perawatan kesehatan. *fuzzy logic* dapat digunakan untuk menganalisis data hasil uji laboratorium pasien yang berisiko terkena kolesterol tinggi guna memprediksi kemungkinan mereka menderita penyakit jantung [18].

2.7.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari konsep himpunan tradisional yang hanya mengenal keanggotaan tegas, di mana suatu elemen sepenuhnya termasuk atau tidak termasuk dalam suatu himpunan tanpa nilai. di mana setiap elemen dapat memiliki tingkat keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \in A \\ 0, & \text{jika } x \notin A \end{cases} \quad (2.6)$$

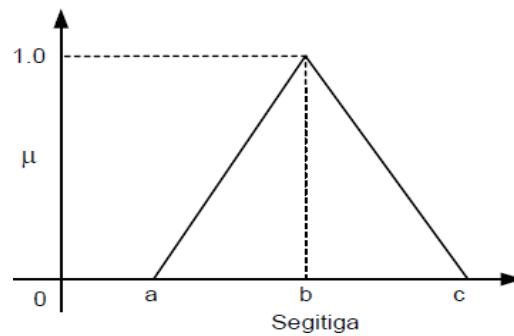
yang dinyatakan dalam rentang antara 0 hingga 1. μ_A merupakan fungsi karakteristik dari himpunan A. Nilai ini mencerminkan sejauh mana elemen tersebut menjadi bagian dari himpunan tersebut [19].

2.7.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) merupakan sebuah kurva yang menggambarkan hubungan antara data *input* dengan nilai keanggotaannya. Nilai keanggotaan ini, yang juga dikenal sebagai derajat keanggotaan, berada dalam rentang 0 hingga 1. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan adalah dengan pendekatan fungsi [20].

Terdapat beberapa jenis fungsi keanggotaan yang terkenal dari himpunan fuzzy tersebut, yaitu dapat dirumuskan dalam berbagai bentuk fungsi segitiga (*Triangle*) fungsi trapesium (*Trapezoidal*), dan lain sebagainya. Salah satu contoh bentuk fungsi keanggotaan dari masing-masing bentuk di atas adalah sebagai berikut :

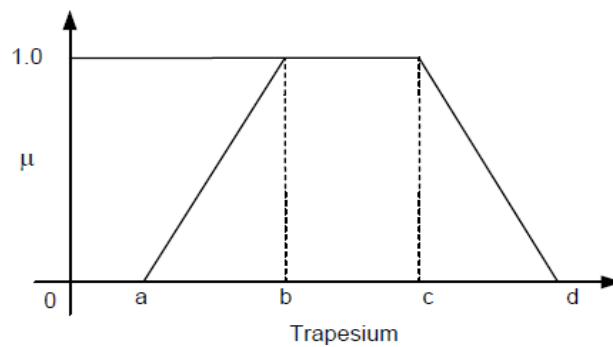
- Fungsi keanggotaan segitiga



Gambar 2.6 Fungsi Keanggotaan Segitiga

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}; & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b < x < c \end{cases} \quad (2.7)$$

- Fungsi keanggotaan trapesium



Gambar 2.7 Fungsi Keanggotaan Trapezium

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}; & a < x \leq b \\ 1; & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c < x < d \end{cases} \quad (2.8)$$

Fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium merupakan dua jenis fungsi keanggotaan yang paling sering digunakan dalam sistem fuzzy. Popularitasnya didasarkan pada berbagai keunggulan yang membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi fuzzy. Beberapa alasan utama mengapa kedua fungsi ini sering dipilih antara lain:

- Fleksibilitas dalam Representasi Nilai

Fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium mampu merepresentasikan

berbagai kisaran nilai dengan fleksibel. Fungsi segitiga, misalnya, sering digunakan untuk menggambarkan konsep seperti "rendah," "sedang," dan "tinggi," sedangkan fungsi trapesium lebih cocok untuk mendefinisikan rentang nilai yang lebih luas seperti "sangat rendah" dan "sangat tinggi."

- **Kemudahan Interpretasi**

Kedua fungsi ini mudah dipahami karena merepresentasikan himpunan linguistik dengan batas yang jelas dan sederhana. Hal ini mempermudah pengguna dalam memahami serta menerapkan konsep fuzzy dalam sistem inferensi.

- **Kesederhanaan dalam Perhitungan**

Dengan sifat matematisnya yang sederhana, fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium lebih mudah dihitung serta diimplementasikan baik dalam perangkat lunak maupun perangkat keras. Selain itu, kedua fungsi ini memungkinkan pengguna untuk mengelola aturan fuzzy dengan lebih efisien, sehingga meningkatkan kemudahan dalam penerapan sistem fuzzy secara keseluruhan [20].

2.7.3 Tahapan Sistem *Fuzzy Logic*

- **Fuzzifikasi**

Pembentukan himpunan *fuzzy* dilakukan dengan mengubah nilai *input* sistem yang awalnya bersifat tegas menjadi variabel *linguistik*. Proses ini memanfaatkan fungsi keanggotaan, yang berperan dalam menentukan tingkat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan tersebut disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*, yang berfungsi sebagai acuan dalam proses inferensi dan pengambilan keputusan dalam sistem *fuzzy* [20].

- ***Fuzzy Rules***

Aturan *fuzzy* (*fuzzy rules*) merupakan bagian utama dalam *fuzzy logic* yang terdiri atas sekumpulan aturan berbentuk "*IF-THEN*" untuk mengendalikan sistem pengambilan keputusan. Aturan ini menetapkan hubungan logis antara variabel *input* dan *output*. Dalam aturan *fuzzy*, terdapat dua jenis proposisi, yaitu proposisi *fuzzy atomic* dan proposisi *fuzzy compound*. Proposisi *fuzzy atomic* adalah pernyataan *single* yang terdiri atas variabel *linguistik* serta himpunan *fuzzy* yang menyertainya. Sementara itu, proposisi *fuzzy compound* merupakan gabungan dari

beberapa proposisi *fuzzy atomic* 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* [20].

- **Defuzzifikasi**

Defuzzifikasi adalah tahap akhir dalam sistem *fuzzy* yang mengubah *output fuzzy* (berupa himpunan *fuzzy*) menjadi nilai yang dapat digunakan. Proses mengubah *output fuzzy* yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzifikasi. Teknik defuzzifikasi yang umum digunakan meliputi metode *centroid*, *bisektor*, atau rata-rata maksimum. Proses ini penting untuk menghasilkan *output* yang dapat diterapkan dalam dunia nyata [20].

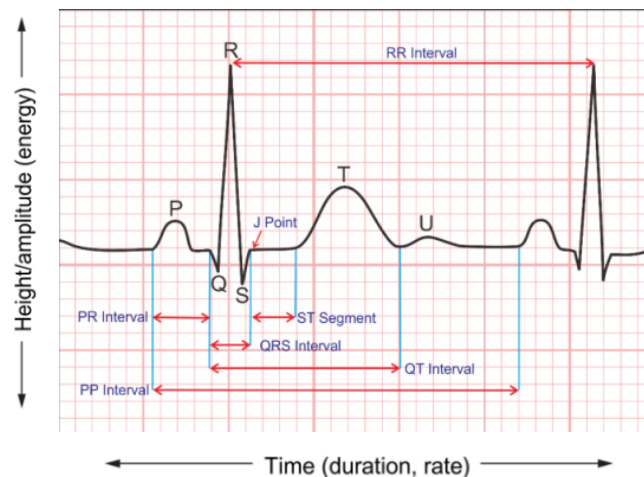
2.8. Blynk

Blynk dirancang khusus untuk IoT, memungkinkan pengendalian perangkat keras dari jarak jauh, menampilkan data sensor, menyimpan informasi, serta menjalankan berbagai fungsi canggih lainnya. Dengan beragam *widget* yang tersedia, *Blynk* dapat menciptakan antarmuka yang menarik untuk berbagai proyek sekaligus mengelola komunikasi antara *smartphone* dan perangkat keras. Selain itu, *Blynk* mendukung berbagai platform perangkat keras populer dan berkomunikasi dengan server untuk memproses semua perintah yang masuk dan keluar [21]. Pada penelitian ini aplikasi *Blynk* digunakan untuk pemantauan denyut jantung dan nilai kadar kolesterol yang terdeteksi oleh sensor MAX30105.

2.9. Denyut jantung

Detak jantung atau *heart rate* adalah jumlah kontraksi ventrikel per satuan waktu yang berfluktuasi dengan variasi kebutuhan oksigen sistemik. Jantung berdetak tandanya jantung memompa darah keseluruh tubuh. Detak jantung yang normal berdetak dengan ritme yang teratur dan stabil. Pemantauan detak jantung saat istirahat (*Resting Heart Rate*) adalah metode klinis sederhana dan *non-invasive* yang berkaitan dengan gambaran kesehatan. Detak jantung istirahat umumnya sebagai indikator kesehatan jantung. Jumlah denyut jantung per menit dapat

mencerminkan kondisi fisiologis seseorang, seperti kondisi aktivitas, stress dan mengantuk. Detak jantung normal adalah 60–80 detak/menit dengan pengecualian tidak ada riwayat penyakit, subjek sehat dan terlatih kurang dari 50 detak/menit. Pada subjek yang tidak aktif besar dari 85 detak/menit. Detak jantung istirahat yang tinggi dianggap sebagai faktor penting yang meningkatkan peluang kematian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa detak jantung istirahat (*Resting Heart Rate*) yang rendah dikaitkan dengan kesehatan, sedangkan detak jantung istirahat yang tinggi dikaitkan dengan penyakit atau kelainan. Detak jantung istirahat sering digunakan sebagai evaluasi kondisi fungsional seseorang [22]. Dapat dilihat bentuk dasar elektrokardiogram (EKG) rekaman potensial listrik yang timbul sebagai akibat aktivitas jantung.



Gambar 2. 8. Bentuk dasar elektrokardiogram (EKG)

Dari Gambar 2.8. bentuk dasar elektrokardiogram (EKG) dapat mengetahui bagaimana bentuk ritme sinus jantung jika 60 bpm, seperti pada Gambar 2.9. dibawah ini:



Gambar 2. 9. Ritme sinus Jantung 60 bpm

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Adapun penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektronika, Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, dimulai pada bulan Februari 2025 sampai dengan bulan Agustus 2025.

3.2 Alat dan Bahan

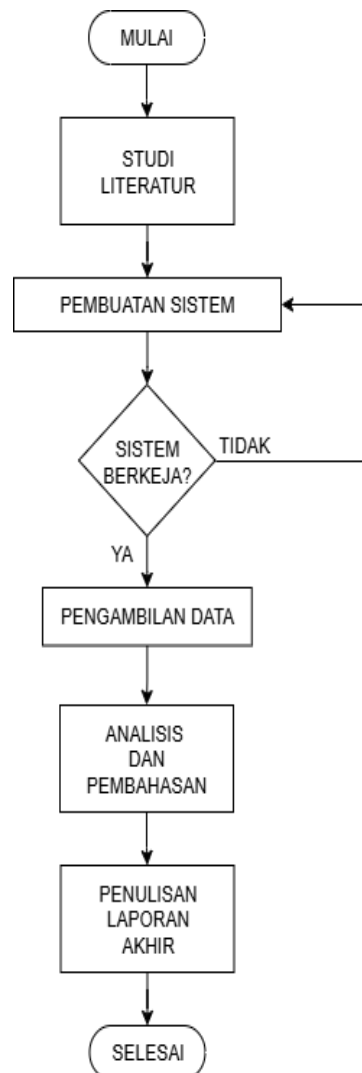
Untuk mendukung penelitian digunakan beberapa alat dan bahan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Justifikasi Penggunaan
ESP32	Mikrokontroler
Sensor MAX30105	Sensor untuk mengukur kadar kolesterol
OLED 240x320	Menampilkan pemberitahuan
Laptop	Membuat program dan simulasi
<i>Printed Circuit Board (PCB)</i>	Tempat untuk merangkai komponen
Kabel Jumper	Media untuk menghubungkan antar Komponen
Akrilik	Media untuk pembuatan sistem <i>monitoring</i> kadar kolesterol
<i>Blynk</i>	<i>platform Internet of Things (IoT)</i> untuk memantau nilai dari sistem

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang ditunjukkan Gambar 3.1



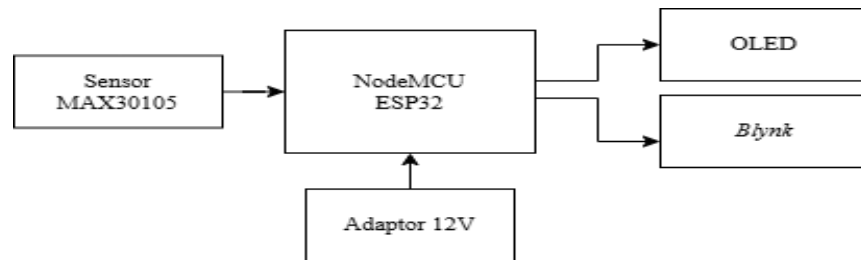
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 Diagram alir penelitian menunjukkan bahwa proses penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur yang *relevan* dengan topik penelitian. Selanjutnya, dilakukan perancangan dan pengembangan sistem yang sesuai dengan penelitian. Jika sistem yang dibuat belum berfungsi dengan baik, maka proses perbaikan atau pengembangan ulang akan dilakukan hingga sistem dapat bekerja. Setelah sistem berfungsi, tahap berikutnya adalah

pengambilan data. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibahas untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Terakhir, kegiatan ditutup dengan penyusunan laporan akhir.

3.4 Diagram Blok Sistem

Adapun diagram blok sistem pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



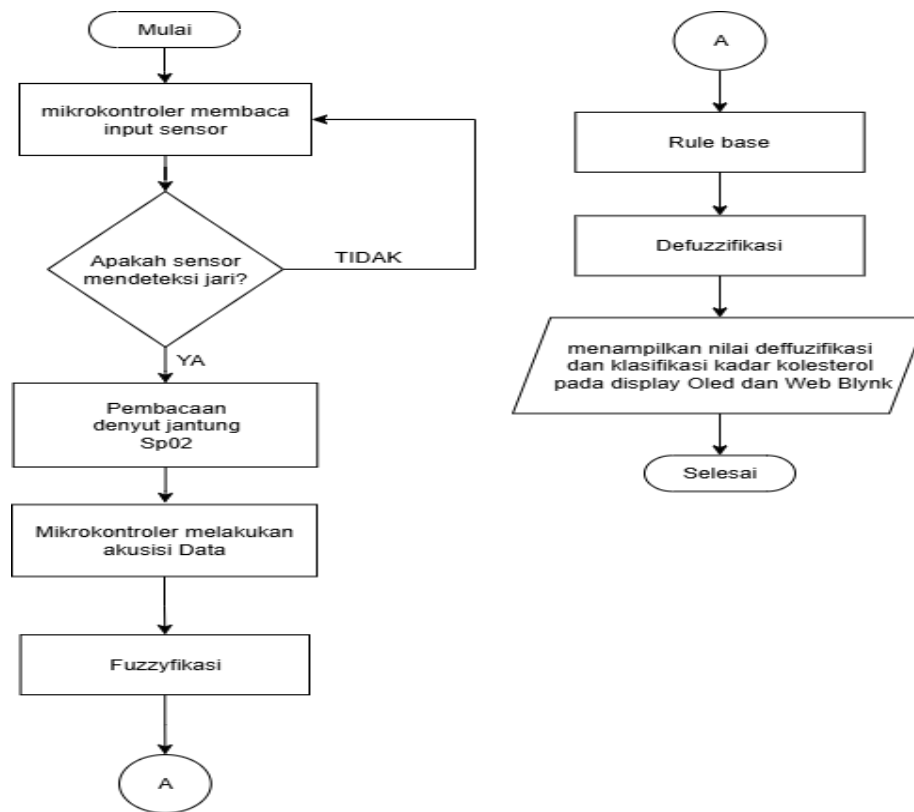
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 3. 2. Diagram blok sistem pada penelitian tugas akhir ini menunjukkan bahwa Sistem ini bekerja dengan cara mendeteksi tiga parameter *input*, yaitu denyut jantung (*heartrate*) dan SpO_2 . 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 denyut jantung (*heartrate*) dan saturasi oksigen (SpO_2), 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.

3.5 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

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

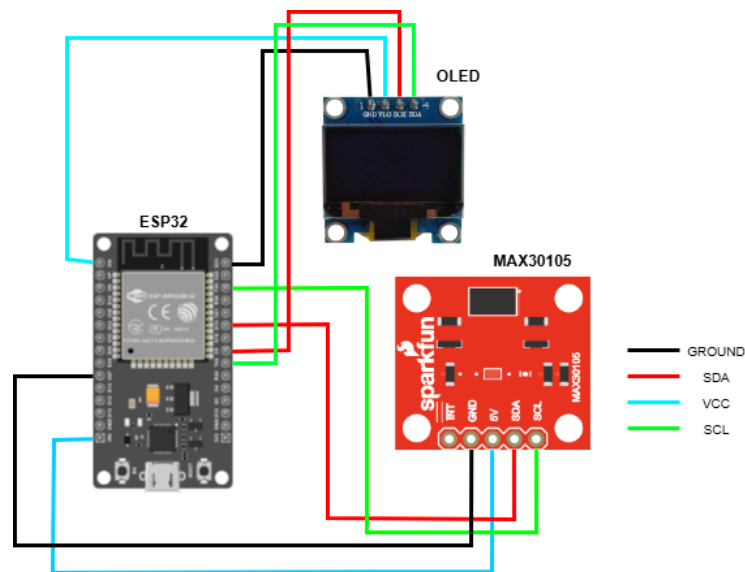


Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem

Berdasarkan Gambar 3. 3. Diagram Alir Sistem Kerja Alat, Proses dimulai dengan mikrokontroler membaca *input* sensor, kemudian sistem melakukan pengecekan apakah sensor mendeteksi kehadiran jari: jika tidak terdeteksi (TIDAK) maka akan mengulang pembacaan *input* sensor, tetapi jika terdeteksi (YA) sistem melanjutkan ke tahap pembacaan denyut jantung (*heartrate*) dan saturasi oksigen (SpO₂). Kemudian data hasil pembacaan sensor akan dikalibrasi, sehingga menghasilkan persamaan matematis untuk menghitung kadar kolesterol secara non-invasif. lalu mikrokontroler melakukan akuisisi data dan memprosesnya melalui *fuzzy logic* dengan meliputi fuzzyfikasi, penerapan *rule base*, dan defuzzifikasi sebelum akhirnya menampilkan hasil klasifikasi kadar kolesterol secara *real-time* pada layar OLED untuk tampilan lokal dan antarmuka web *Blynk* via *WiFi* untuk pemantauan jarak jauh, lalu proses selesai.

3.6 Skema Perancangan Alat

Adapun Skema Perancangan Alat pada penelitian ini, Skema perangkat ini dirancang untuk memvisualisasikan keterkaitan antar komponen melalui penerapan sistem *wiring* yang disesuaikan dengan konsep penelitian. skema alat dalam penelitian ini dapat dilihat pada sebagai berikut :



Gambar 3.4 Skema Perancangan Alat

Berdasarkan Gambar 3.4 Skema perancangan alat, digunakan 1 sensor MAX30105 yang dirancang untuk mendeteksi denyut jantung dan kadar SpO_2 . Sensor pada penelitian ini dihubungkan pada mikrokontroler ESP32 yang berfungsi mengolah data sensor menggunakan *fuzzy logic* dan mengirimkannya ke *database cloud platform Blynk*, serta menampilkan informasi tersebut secara *real-time* pada layar *oled* dan *platform Blynk*.

3.7 Metode Fuzzy Logic

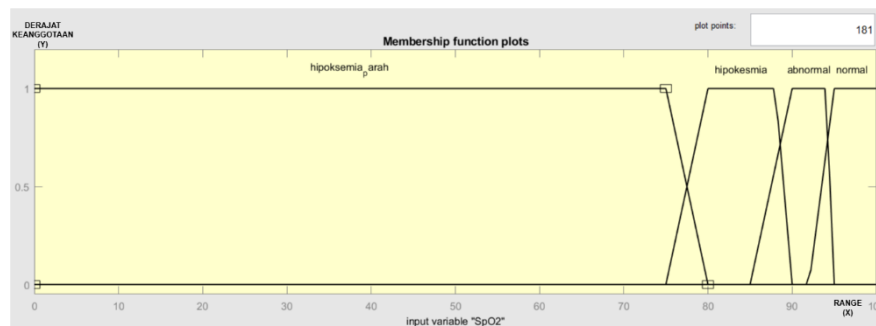
Adapun metode fuzzy pada penelitian ini, metode fuzzy digunakan sebagai pengklasifikasian nilai kadar kolesterol yang diukur melalui data dari pembacaan sensor MAX30105. Fungsi keanggotaan fuzzy digunakan untuk memecahkan masalah yang memiliki pengertian samar, dapat dilihat 2 *input* dan 1 *output* sebagai.

3.7.1 Fungsi Keanggotaan SpO₂

Fungsi keanggotaan variabel *input* SpO₂ dalam sistem *fuzzy logic* (Mamdani). Terdapat 4 kategori pada *input* SpO₂ [23], yaitu :

- a) Hipoksemia parah
- b) Hipoksemia
- c) Abnormal
- d) Normal

Fungsi keanggotaan berbentuk *trapezoidal* (trapmf). Rumus manual dari masing – masing fungsi keanggotaan berdasarkan titik potongnya.



Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan SpO₂

1. Hipoksemia Parah

Fungsi keanggotaan dengan titik [0 0 75 80]

Rumusnya :

$$\mu_{hipoksemia_parah}(x) = \begin{cases} 1, & 0 < x \leq 75 \\ \frac{80-x}{80-75}, & 75 < x \leq 80 \\ 0, & x > 80 \end{cases} \quad (3.1)$$

2. Hipoksemia

Fungsi keanggotaan dengan titik [75 80 88 90]

Rumusnya :

$$\mu_{hipoksemia}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 75 \\ \frac{x-75}{80-75}, & 75 \leq x < 80 \\ 1, & 80 \leq x \leq 88 \\ \frac{90-x}{90-88}, & 88 < x \leq 90 \\ 0, & x > 90 \end{cases} \quad (3.2)$$

3. Abnormal

Fungsi keanggotaan dengan titik [85 90 94 95]

Rumusnya :

$$\mu_{abnormal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 85 \\ \frac{x-90}{90-85}, & 85 < x \leq 90 \\ 1, & 90 < x \leq 94 \\ \frac{95-x}{95-94}, & 94 < x \leq 95 \\ 0, & x > 95 \end{cases} \quad (3.3)$$

4. Normal

Fungsi keanggotaan dengan titik [92 95 100 100]

Rumusnya :

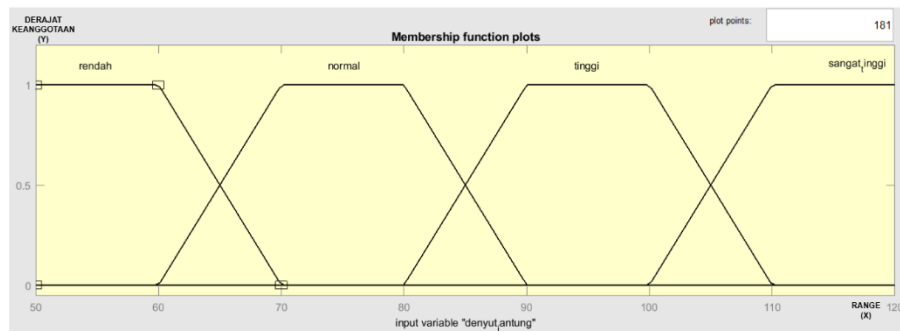
$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 92 \\ \frac{x-92}{95-92}, & 92 < x \leq 95 \\ 1, & x \leq 95 \end{cases} \quad (3.4)$$

3.7.2 Fungsi keanggotaan Denyut Jantung

Fungsi keanggotaan variabel *input* denyut jantung dalam sistem *fuzzy logic* (Mamdani). Terdapat 4 kategori pada *input* denyut jantung [24], yaitu :

- a) Rendah
- b) Normal
- c) Tinggi
- d) Sangat tinggi

Fungsi keanggotaan berbentuk *trapezoidal* (trapmf). Rumus manual dari masing – masing fungsi keanggotaan berdasarkan titik potongnya.



Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan denyut jantung

1. Rendah

Fungsi keanggotaan dengan titik [50 50 60 70]

Rumusnya:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & X \leq 60 \\ \frac{70-X}{10}, & 60 \leq X \leq 70 \\ 0, & X > 70 \end{cases} \quad (3.5)$$

2. Normal

Fungsi keanggotaan dengan titik [60 70 80 90]

Rumusnya :

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0, & X \leq 60 \text{ atau } X \geq 90 \\ \frac{X-60}{70-80}, & 60 \leq X \leq 70 \\ 1, & 70 \leq X \leq 80 \\ \frac{90-X}{90-80}, & 80 \leq X \leq 90 \end{cases} \quad (3.6)$$

3. Tinggi

Fungsi keanggotaan dengan titik [80 90 100 110]

Rumusnya :

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & X \leq 80 \text{ atau } X \geq 110 \\ \frac{X-80}{90-80}, & 80 \leq X \leq 90 \\ 1, & 90 \leq X \leq 100 \\ \frac{110-X}{110-100}, & 100 \leq X \leq 110 \end{cases} \quad (3.7)$$

4. Sangat tinggi

Fungsi keanggotaan dengan titik [100 110 120 120]

Rumusnya :

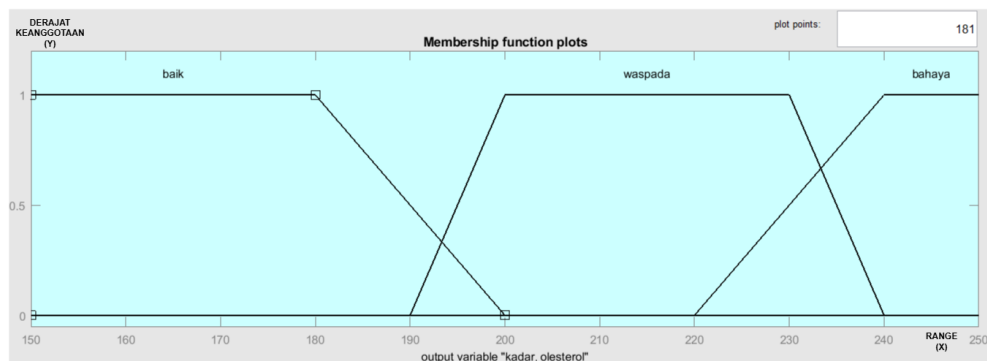
$$\mu_{sangat_tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & X \leq 100 \\ \frac{x-100}{110-100}, & 100 \leq X \leq 110 \\ 1, & X \geq 110 \end{cases} \quad (3.8)$$

3.7.3 Fungsi keanggotaan kadar kolesterol

Fungsi keanggotaan variabel *output* kadar kolesterol dalam sistem *fuzzy logic* (Mamdani). Terdapat 3 kategori pada *output* kadar kolesterol [25], yaitu :

- a) Baik
- b) Waspada
- c) Bahaya

Fungsi keanggotaan berbentuk *trapezoidal* (*trapmf*) atau segitiga (*trimf*). Rumus manual dari masing – masing fungsi keanggotaan berdasarkan titik potongnya.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Kadar Kolesterol

1. Baik

Fungsi keanggotaan dengan titik [150, 150, 180, 200]

Rumusnya :

$$\mu_{baik}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 180 \\ \frac{200-x}{200-180}, & 180 < x < 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases} \quad (3.8)$$

2. Waspada

Fungsi keanggotaan dengan titik [190, 200, 230, 240]

Rumusnya :

$$\mu_{waspada}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 190 / x \geq 240 \\ \frac{x-190}{200-190}, & 190 < x \leq 200 \\ 1, & 200 \leq x \leq 230 \\ \frac{240-x}{240-230}, & 230 < x \leq 240 \end{cases} \quad (3.9)$$

3. Bahaya

Fungsi keanggotaan dengan titik [230, 240, 250, 250]

Rumusnya :

$$\mu_{bahaya}(x) = \begin{cases} 0, & x < 230 \\ \frac{x-220}{240-220}, & 230 \leq x < 240 \\ 1, & x \leq 240 \end{cases} \quad (4.0)$$

Dalam sistem fuzzy Mamdani ini, SpO₂ dan denyut jantung defuzzifikasi ke dalam kategori SpO₂ : hipoksemia parah, hipoksemia, *abnormal*, normal; Detak jantung : rendah, sedang, tinggi menggunakan fungsi *trapezoidal* segitiga sesuai titik potong.

Nilai derajat keanggotaan $\mu(x)$ tiap variabel kemudian diproses oleh aturan linguistik, misalnya “*IF* SpO₂ hipoksemia_parah *AND* detak jantung tinggi *THEN* kolesterol tinggi”. Secara singkat, turunnya SpO₂ dan meningkatnya detak jantung meningkatkan keanggotaan pada kategori kolesterol tinggi, sedangkan kondisi SpO₂ normal dan detak jantung rendah mengarah pada kolesterol rendah atau sedang[25]. Dapat dilihat pada Tabel 3.2 :

Tabel 3. 2 Pengaruh detak jantung dan SpO₂ terhadap kadar kolesterol [26].

No	Kategori	Pengaruh Pada Kolesterol	Keterangan
1	Denyut jantung tinggi (>80) & SpO ₂ rendah(<95)	Kolesterol meningkat sampai 215mg/dl	Denyut jantung tinggi meningkatkan kebutuhan energi, memicu pemecahan lemak. - SpO ₂ rendah (hipoksemia) mengaktifkan HIF-1 α , meningkatkan sintesis LDL.
2	Denyut jantung tinggi (>80) & SpO ₂ normal (≥ 95)	Kolesterol meningkat sampai 190mg/dl	aktivasi sistem saraf simpatis akibat BPM tinggi meningkatkan stres oksidatif, mempercepat akumulasi LDL SpO ₂ normal tidak cukup untuk menekan efek BPM tinggi
3	Denyut jantung (60-80) normal & SpO ₂ normal (≥ 95)	Kolesterol normal sekitar 150mg/dl	tidak ada tekanan fisiologis signifikan yang memicu peningkatan kolesterol
4	Denyut jantung rendah (>60) & SpO ₂ rendah (<95)	Kolesterol menurun sampai 115mg/dl	BPM rendah mengurangi beban kerja jantung, organ hati tidak dapat memetabolisme lipid secara optimal.

Tabel 3. 3 *Rule Base Fuzzy Logic Mamdani*

Rule Base <i>Fuzzy Logic</i> mamdani
1. If (SpO ₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is bahaya)
2. If (SpO ₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is normal) then (kadar_kolesterol is bahaya)
3. If (SpO ₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
4. If (SpO ₂ is hipoksemia_parah) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)

Rule Base <i>Fuzzy Logic</i> mamdani
5. If (SpO ₂ is hipokesia) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar kolesterol is bahaya)
6. If (SpO ₂ is hipokesia) and (denyut_jantung is normal) then (kadar kolesterol is bahaya)
7. If (SpO ₂ is hipokesia) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
8. If (SpO ₂ is hipokesia) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar kolesterol is bahaya)
9. If (SpO ₂ is abnormal) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is waspada)
10. If (SpO ₂ is abnormal) and (denyut_jantung is normal) then (kadar kolesterol is waspada)
11. If (SpO ₂ is abnormal) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is bahaya)
12. If (SpO ₂ is abnormal) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar kolesterol is bahaya)
13. If (SpO ₂ is normal) and (denyut_jantung is rendah) then (kadar_kolesterol is waspada)
14. If (SpO ₂ is normal) and (denyut_jantung is normal) then (kadar_kolesterol is baik)
15. If (SpO ₂ is normal) and (denyut_jantung is tinggi) then (kadar_kolesterol is waspada)
16. If (SpO ₂ is normal) and (denyut_jantung is sangat_tinggi) then (kadar kolesterol is bahaya)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Berdasarkan hasil pengujian *rule base* sistem *monitoring* kadar kolesterol. Dengan memiliki nilai *input* denyut jantung sebesar 86 BPM dan SpO₂ sebesar 92%. Dinyatakan dalam klasifikasi (waspada) karena memiliki nilai denyut jantung yang tergolong (normal) namun nilai SpO₂ 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*.

5.2 Saran

Adapun saran yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan pada bagian *input* yaitu menambahkan indikator baru seperti berat badan dan usia, sehingga mendapatkan informasi yang lebih rinci mengenai kadar kolesterol yang dapat membantu tenaga medis dalam mengambil tindakan yang lebih efektif.
2. Melakukan pengembangan alat pada bagian sumber daya yaitu menggunakan baterai sehingga alat dapat digunakan secara *portable* dan lebih efektif.
3. Melakukan pengembangan metode pada penelitian ini dengan menggunakan metode yang berbeda agar informasi nilai kadar kolesterol dapat mendekati dengan nilai *output* alat medis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]R. Patala, M. M, dan F. A. A, “Komplikasi dan Pencegahan Kolesterol di Desa Lampo, Kecamatan Banawa Tengah, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah,” *J. Malikussaleh Mengabdi*, vol. 2, no. 1, hlm. 29, Apr 2023.
- [2]R. Yulian dan B. Suprianto, “Rancang Bangun Photoplethysmography (Ppg) Tipe Gelang Tangan Untuk Menghitung Detak Jantung Berbasis Arduino,” vol. 06, 2017.
- [3]N. S. Mulyani, A. H. Al Rahmad, dan R. Jannah, “Faktor resiko kadar kolesterol darah pada pasien rawat jalan penderita jantung koroner di RSUD Meuraxa,” *AcTion Aceh Nutr. J.*, vol. 3, no. 2, hlm. 132, Nov 2018.
- [4]B. N. Iman, R. Rafikasitha, dan K. Kemalasari, “Perancangan dan Implementasi Alat Pendeteksi Dini Penyakit Jantung Koroner,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 18, no. 4, Des 2022.
- [5]“3 Jenis Pantangan Makanan Kolesterol Tinggi yang Harus Dihindari | Prudential Indonesia.” Diakses: 14 Januari 2025.
- [6]D. C. Prameswari, “Konsumsi Pisang dalam Menurunkan Kadar Kolesterol Darah,” *J. Penelit. Perawat Prof.*, vol. 3, no. 3, hlm. 511–518, Agu 2021.
- [7]E. D. Hartono, A. Kridoyono, dan G. Kusnanto, “Sistem Monitoring Suhu Dan Jantung Pada Pasien Isolasi Mandiri Covid-19 DENGAN BERBASIS IoT,” *Sist. J. Ilmu Ilmu Tek.*, vol. 17, no. 3, hlm. 20– 29, Des 2021.
- [8]Preya Anupongongarch, “A Study on Design and Construction of Non- invasive Cholesterol Sensor.” RANGSIT UNIVERSITY, 2020.
- [9]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.

- [10] T. Rahmawati, A. N. Tasyakuranti, H. Sumarti, dan H. H. Kusuma, “Development of Non- Invasive Cholesterol Monitoring System Using TCRT5000 Sensor with Android Compatibilty,” *J. Fis.*, vol. 13, no. 2, hlm. 77–84, Nov 2023.
- [11] 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.
- [12] A. N. Sari, M. Hidayat, S. Faizah, dan D. S. Diningrat, “PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK DAGING BUAH ASAM KERANJI (*Dialium Indum* L.) TERHADAP KADAR KOLESTEROL MENCIT JANTAN (*Mus musculus*) HIPERLIPIDEMIA,” *Biofaal J.*, vol. 2, no. 1, hlm. 1–10, Jun 2021.
- [13] H. Husdi dan H. Dalai, “Penerapan Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Jumlah Bahan Baku Produksi Selai Bilfagi,” *J. Inform.*, vol. 10, no. 2, hlm. 129–135, Okt 2023.
- [14] Dr. Arulmurugan L, “Animal Intrusion Detection Using ESP32 Cam and Open CV,” Volume 8, Issue 10, October – 2023
- [15] M. M. Salleh, T. H. T. Aziz, S. Sepeai, dan M. Yahaya, “FABRICATION OF ORGANIC LIGHT EMITTING DIODES (OLEDs) FOR FLAT PANEL DISPLAYS,” 2007.
- [16] 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.
- [17] “Apa itu IoT (Internet of Things)? | Microsoft Azure | azure.microsoft.com.” Diakses: 23 Juli 2025
- [18] 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.
- [19] “Introduction to Fuzzy Set Theory: A Powerful Analytics Tool | TimesPro Blog.” Diakses: 3 Februari 2025.

- [20] N. Setyanugraha, S. Al Aziz, I. W. Harmoko, dan F. Fianti, “Study of a Weather Prediction System Based on Fuzzy Logic Using Mamdani and Sugeno Methods,” *Phys. Commun.*, vol. 6, no. 2, hlm. 61–70, Agu 2022.
- [21] 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.
- [22] Jayadilaga dan Yadi, “Analisis korelasi antara level aktivitas fisik dan detak jantung istirahat pada wanita dewasa muda”, *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, Volume 7 No. 1, Mei 2022.
- [23] www.galerimedika.com/blog/Perbandingan-Pulse-Oximeter-Beurer-PO30-PO60-PO80, diakses 15 juni 2025.
- [24] Susi Herminingsih, dr., Sp.JP(K), FIHA, FasCC, dkk. Buku elektrokardiografi, ISBN 978-623-6528-78-5, fakultas kedokteran universitas diponogoro, 2021
- [25] Niken safitri dyan k dan wahyu hidayat “Buku panduan Edukasi Kesehatan untuk Masyarakat, Departemen Ilmu Keperawatan, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang” FK UNDIP, 2016
- [26] Shubha B, Anuradha M G, Poornima N, Suprada H S, dan Prathiksha R V, “An Implementation of blood Glucose and cholesterol monitoring device using non-invasive technique,” *Emit. Int. J. Eng. Technol.*, hlm. 76–88, Jun 2023,