

**RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI KADAR KOLESTEROL DALAM
DARAH DENGAN TEKNIK *NON INVASIVE* BERBASIS
MIKROKONTROLER WEMOS D1 R1**

Skripsi

Oleh

NOERIS YUNIAR

NPM 1917041004



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI KADAR KOLESTEROL DALAM DARAH DENGAN TEKNIK *NON INVASIVE* BERBASIS MIKROKONTROLER WEMOS D1 R1

Oleh

NOERIS YUNIAR

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendeteksi kadar kolesterol dalam darah dengan teknik *non invasive* berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R1 menggunakan Sensor Oximeter DS100A. Alat ini dilengkapi dengan *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai penampil kadar kolesterol dan Lampu LED sebagai indikator kadar kolesterol yang akan menyala merah ketika kolesterol tinggi (≥ 240 mg/dl), menyala kuning saat kolesterol berada pada batas tinggi (200-239 mg/dl), dan menyala hijau pada kolesterol normal (≤ 200 mg/dl). Pengukuran kadar kolesterol dilakukan dengan memanfaatkan pemancaran cahaya LED merah pada sensor yang dipasangkan di jari. Kemudian, fotodiode akan menangkap intensitas cahaya dari LED merah menjadi nilai tegangan. Nilai tegangan kemudian dibaca oleh ADC 10 bit pada mikrokontroler. Nilai ADC selanjutnya dikonversi melalui persamaan regresi linear menjadi nilai kadar kolesterol dengan satuan mg/dl. Alat yang telah dirancang mampu mendeteksi kadar kolesterol dalam rentang 150-240 mg/dl. Hasil pengujian presisi alat sebesar 98,85% dengan *error* 1,15%, sedangkan pengujian akurasi didapatkan nilai sebesar 97,14% dengan nilai *error* sebesar 2,84%.

Kata kunci : Kolesterol, Sensor Oximeter DS100A, *Non Invasive*, Wemos D1 R1.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT A MEASURING INSTRUMENT FOR CHOLESTEROL LEVELS DETECTION IN THE BLOOD USING NON-INVASIVE TECHNIQUES BASED ON THE WEMOS D1 R1 MICROCONTROLLER

By

NOERIS YUNIAR

Research has been carried out which aims to detect cholesterol levels in the blood with a non-invasive technique based on the Wemos D1 R1 Microcontroller using the DS100A Oximeter Sensor. This tool is equipped with a Liquid Crystal Display (LCD) to display cholesterol levels and LED lights as an indicator of cholesterol levels which will light up red when cholesterol is high (≥ 240 mg/dl), light up yellow when cholesterol is at a high limit (200-239 mg/dl), and light up green on normal cholesterol (≤ 200 mg/dl). Cholesterol levels were measured using a red LED light emitting on a sensor attached to the finger. Then, the photodiode will convert the light intensity from the red LED into a voltage value. The voltage value is then read by the 10 bit ADC on the microcontroller. The ADC value is then converted through a linear regression equation to a cholesterol level value in mg/dl units. The tool that has been designed is able to detect cholesterol levels in the range of 150-240 mg/dl. The results of testing the precision of the tool were 98.85% with an error of 1.15%, while the accuracy test obtained a value of 97.14% with an error value of 2.84%.

Key words : Cholesterol, Oximeter DS100A Sensor, Non Invasive, Wemos D1 R1.

**RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI KADAR KOLESTEROL DALAM
DARAH DENGAN TEKNIK *NON INVASIVE* BERBASIS
MIKROKONTROLER WEMOS D1 R1**

Oleh

NOERIS YUNIAR

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Deteksi Kolesterol Dalam Darah Dengan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R1

Nama Mahasiswa : Noeris Yuniar

NPM : 1917041004

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

1. Komisi Pembimbing

Drs. Amir Supriyanto, M.Si.
NIP. 196504071991111001

Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011252019030218

2. Ketua Jurusan Fisika

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGENGSAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



Sekretaris : Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.

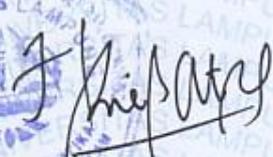


Anggota : Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002




Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Agustus 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

Penulis,



Noeris Yuniar
Noeris Yuniar
NPM. 1917041004

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Noeris Yuniar, dilahirkan di Bandar Jaya, Provinsi Lampung pada tanggal 06 Juni 2001. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Prasetiono dan Ibu Aan Andriani.

Penulis menyelesaikan pendidikan di TK An-Nur Bandar Jaya pada tahun 2007, SD An-Nur Bandar Jaya pada tahun 2013, SMPN 3 Terbanggi Besar pada tahun 2016, dan SMAN 1 Terbanggi Besar pada tahun 2019. Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur penerimaan SNMPTN. Selama menempuh pendidikan, penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Institut Teknologi Sumatera (ITERA), dengan judul "Analisis Pengaruh *Global Irradiation* Terhadap Produksi Energi di PLTS ITERA Berkapasitas 1 MWP". Penulis juga melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung Periode II tahun 2022 di Pekon Kejayaan, Tanggamus.

Dalam bidang organisasi penulis sebagai Anggota Korps Muda ke XV Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Unila tahun 2019, Anggota Bidang Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Unila tahun 2020, Anggota Kaderisasi Rohani Islam (ROIS) FMIPA Unila tahun 2020, Staff Ahli Sekretaris Kabinet BEM U KBM Unila tahun 2020, Sekretaris Umum HIMAFI FMIPA Unila tahun 2021, Sekretaris Bidang Pemberdayaan Wanita BEM FMIPA Unila tahun 2022. Penulis juga sebagai asisten praktikum pada mata kuliah Fisika Eksperimen pada tahun 2023.

MOTTO

Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan

(Q.S. Al-Insyirah[94]:6)

**Without commitment, you'll never start, but more importantly, without
consistency, you'll never finish**

(Denzel Washington)

PERSEMBAHAN

**Dengan Penuh Rasa Syukur Kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karya ini
dipersembahkan kepada:**

Kedua Orangtua ku

Ayahanda Prasetiono & Ibu Aan Andriani

Terima kasih untuk segala doa dan dukungan yang selalu diberikan demi
kesuksesan putrinya hingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat
Universitas sebagai Sarjana Fisika

Bapak & Ibu Guru

Terima kasih telah sabar dalam membimbing dan mewariskan ilmunya kepadaku

Keluarga Besar & Teman-teman

Terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang selalu diberikan untuk
selalu bertahan dalam keadaan suka maupun duka

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Alat Deteksi Kadar Kolesterol Dalam Darah Dengan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R1". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si.) di FMIPA Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya. Aamiin ya Rabbal Alamin.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

Noeris Yuniar

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **”Rancang Bangun Alat Deteksi Kadar Kolesterol Dalam Darah Dengan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R1”**. Shalawat serta salam tak lupa penulis sanjung agungkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan terbaik. Pada kesempatan ini dan dengan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dan mendoakan penulis. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. sebagai pembimbing utama yang telah membantu dan membimbing penulis.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. sebagai pembimbing kedua yang senantiasa membantu dan memberikan saran kepada penulis.
3. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, B.Sc., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberikan nasihatnya kepada penulis.
5. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si. M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Jurusan Fisika atas ilmu dan pelayanan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.

8. Kedua orang tua penulis yaitu Ayahanda Prasetiono dan Ibu Aan Andriani yang telah mendoakan dan mendukung kepada penulis untuk menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
9. Keluarga besar penulis yang senantiasa mendoakan dan mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan Nenchy Anugrah, Fina Damayanti, Mesy Meilani Putri, Arin Sadita dan Mega Putri Aulia yang telah membersamai, memberi semangat kepada penulis.
11. Teman-teman di Asrama Genta Wahyu, Qori, Annida, Iga, Anisa, dan Dela yang selalu menemani dan sebagai tempat bercerita.
12. Seluruh mahasiswa/i Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2019, dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT dapat membalas seluruh kebaikan dan mempermudah urusannya. Akhir kata, penulis haturkan doa dan panjatkan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam mengerjakan skripsi ini.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

Noeris Yuniar

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
MENGESAHKAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Kolesterol	9
2.2.1 Definisi Kolesterol	9
2.2.2 Jenis-jenis Kolesterol	9
2.2.3 Dampak Kolesterol	12
2.3 Hukum Lambert-Beer	13
2.4 Sensor Oximeter DS100A	14
2.5 Mikrokontroler Wemos D1 R1	16
2.6 <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	18
2.7 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	18
2.8 <i>Light Emiting Diode (LED)</i>	19

III. METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Tahapan Penelitian	22
3.3.2 Standar Operasional Penggunaan Alat.....	24
3.3.3 Perancangan Sistem	26
3.3.4 Kalibrasi Sensor Oximeter DS100A	30
3.3.5 Pengujian Alat	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Realisasi Alat	36
4.2 Kalibrasi Sensor Oximeter DS100A	38
4.3 Pengujian Alat	44
4.1.1 Presisi Alat	44
4.1.2 Akurasi Alat.....	45
V. SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi kolesterol LDL.....	10
2.2 Klasifikasi kolesterol HDL.....	11
2.3 Klasifikasi kolesterol trigliserida.....	11
2.4 Klasifikasi kolesterol total.....	12
2.5 Pin sensor Oximeter DS100A.....	16
2.6 Spesifikasi Wemos D1 R1.....	17
3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian.....	21
3.2 Alat dan bahan.....	22
3.3 Data pengukuran kadar kolesterol dengan sensor oximeter DS100A dan <i>invasive</i>	30
3.4 Data hasil kalibrasi.....	32
3.5 Data pengukuran presisi alat.....	33
3.6 Data pengukuran akurasi alat.....	34
4.1 Hasil pengukuran menggunakan alat ukur <i>invasive</i> dan Sensor Oximeter DS100A.....	40
4.2 Data pengukuran setelah tahap kalibrasi.....	43
4.3 Data pengukuran presisi alat.....	44
4.4 Data pengukuran akurasi alat.....	45
4.5 Data ketebalan jari.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pengujian tahap pertama	6
2.2 Pengujian tahap kedua.....	7
2.3 <i>Prototype</i> alat ukur kadar kolesterol	7
2.4 Data kalibrasi sensor	8
2.5 Penyerapan sinar oleh larutan.....	14
2.6 Probe Oximeter DS100A	15
2.7 Pin Sensor Oximeter DS100A	16
2.9 Wemos D1 R1	17
2.10 LCD 16x2 I2C.....	19
2.11 <i>Light Emiting Diode (LED)</i>	20
3.1 Diagram alir.....	24
3.2 <i>Easy Touch</i> GCU.....	25
3.3 Diagram blok.....	26
3.4 Rangkaian keseluruhan alat.....	27
3.5 Desain 3 dimensi <i>prototype</i> alat deteksi kadar kolesterol <i>non invasive</i>	28
3.6 Diagram alir mekanika kerja sensor	29
3.7 ADC pada LED merah	31
3.8 ADC pada Inframerah	31
3.9 Grafik hubungan kadar kolesterol <i>non invasive</i> dan <i>invasive</i>	35
4.1 Tampilan dalam alat ukur <i>non invasive</i>	36
4.2 Tampilan luar alat ukur <i>non invasive</i>	37
4.3 a) Nyala LED merah dan b) Inframerah.....	39
4.4 Grafik hubungan nilai ADC LED merah dengan kadar Kolesterol	41
4.5 Grafik hubungan nilai ADC inframerah dengan kadar kolesterol	41

4.6	Grafik hubungan kadar kolesterol <i>non invasive</i> dan <i>invasive</i>	46
4.7	Hubungan ketebalan jari dengan nilai kolesterol	47
4.8	Hubungan ketebalan jari dengan nilai ADC pada R1 dan R2.....	48

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tantangan kesehatan di Indonesia salah satunya adalah terkait dengan Penyakit Tidak Menular (PTM). PTM merupakan penyakit yang tidak dapat ditularkan sehingga dianggap tidak mengancam kondisi orang lain. Penyebab dari PTM ialah adanya interaksi antara *agent (Non living agent)* dengan *host* yang dalam hal ini manusia (faktor predisposisi, infeksi, dll.) serta lingkungan sekitar (*source and vehicle of agent*) (Irwan, 2011). Jenis PTM dengan tingkat insidensi dan prevalensi terbanyak yaitu PTM Katastropik diantaranya jantung, kanker, stroke, gagal ginjal, sirosis hati, thalasemia, leukimia, dan hemofilia (Humas BPJS, 2023).

PTM adalah penyakit yang sebenarnya dapat dicegah, namun angka PTM selalu meningkat setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan (BPJS), sepanjang tahun 2022 BPJS Kesehatan menangani sekitar 23,3 juta kasus penyakit katastropik. Kasus penyakit ini bertambah 18,6% dibanding tahun 2021 (Humas BPJS, 2023). Meningkatnya kasus PTM secara signifikan akan menambah beban masyarakat dan pemerintah, karena penanganannya membutuhkan biaya yang besar dan memerlukan teknologi yang tinggi (P2PTM, 2019).

Kasus PTM memang tidak ditularkan namun mematikan dan mengakibatkan individu menjadi tidak atau kurang produktif. PTM dapat dicegah dengan mengendalikan faktor risiko melalui deteksi dini. Salah satu kegiatan manajemen faktor risiko meliputi pemeriksaan kadar kolesterol (P2PTM, 2019).

Kolesterol adalah salah satu jenis lemak yang memiliki fungsi pokok dalam pembentukan semua membran sel. Penetapan kadar kolesterol akan dilengkapi dengan kadar profil lipida lainnya seperti kadar trigliserida, kolesterol *High Density Lipoprotein* (HDL), dan kolesterol *Low Density Lipoprotein* (LDL). Pada dasarnya seluruh kolesterol dalam tubuh tidak berbahaya, selama masih dalam kadar yang normal (Utama & Indasah, 2021).

Kolesterol selalu menjadi topik perbincangan hangat mengingat jumlah penderitanya semakin tinggi di Indonesia. Tercatat pada artikel yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada bulan Oktober 2022 bahwa penderita kolesterol mencapai 28% dari jumlah penduduk Indonesia. Jika terlambat diatasi, kolesterol tinggi akan membahayakan kesehatan bahkan dapat menyebabkan kematian (KEMENKES, 2022).

Pengecekan kadar kolesterol pada umumnya dilakukan secara *invasive* atau melukai tubuh dengan menggunakan *test strip* alat cek darah *portable*. Pengukuran kadar kolesterol darah secara *invasive* memiliki beberapa kekurangan, diantaranya biaya pengecekan yang terbilang cukup mahal, hasil dari analisa laboratorium membutuhkan waktu yang cukup lama, dapat menimbulkan nyeri pada bagian tubuh yang ditusuk jarum untuk mengambil sampel darah, dan dapat menimbulkan ketakutan (fobia) bagi beberapa orang sehingga menyebabkan masyarakat mengabaikan pentingnya pemeriksaan awal untuk mendeteksi gangguan metabolisme lemak (Fitri & Maisoha, 2020). Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif lain untuk menggantikan metode *invasive* yaitu dengan metode *non invasive*.

Metode *non invasive* adalah salah satu metode yang digunakan dalam pengecekan darah tanpa harus melukai pasien. Pengukuran secara *non invasive* dilakukan dengan memanfaatkan serapan sinar *Near Infra Red* (NIR) maupun laser terhadap media cair. Konsentrasi suatu cairan akan mempengaruhi perubahan kelistrikan medium. Perubahan kelistrikan tersebut akan dimanfaatkan untuk membedakan kandungan kimia tertentu dalam darah (Marhaendrajaya *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendeteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non invasive* salah satunya oleh Marhaendrajaya *et al.*, (2017). Penelitian ini memanfaatkan sensor oximeter sebagai *input* dan mikrokontroler Atmega 8535 sebagai pengontrolan nilai keluaran dari sensor. *Prototype* alat yang dikembangkan oleh Marhaendrajaya mendapatkan nilai akurasi mendekati 97%. Namun dari hasil pengujian secara keseluruhan keluaran tegangan sensor dengan nilai kolesterol yang terukur riil masih belum konstan.

Fitri & Maisoha (2020) telah melakukan uji analisis alat ukur *invasive* dan *non invasive real time* kadar kolesterol dalam darah. Alat ukur *non invasive* ini sebelumnya telah dirancang oleh Maisoha pada tahun 2019. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan alat *non invasive* 5 kali lebih efisien dibanding alat *invasive* dalam mendeteksi kadar kolesterol. Namun, alat ukur *non invasive* ini masih memiliki nilai *error* cukup besar yaitu 17,72% atau akurasi sebesar 82,28%.

Nurmar'atin (2021) juga telah mengembangkan perangkat pemantauan kadar kolesterol secara *non invasive* berbasis penyerapan cahaya merah menggunakan Oximeter Sensor DS100A. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran terhadap 10 sampel acak pada tahap kalibrasi, diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0.958. Hasil ini memberikan nilai yang sangat baik sehingga penelitian dilanjutkan dengan pengambilan data menggunakan 35 sampel acak. Berdasarkan uji akurasi dengan 35 sampel, didapatlah nilai akurasi alat sebesar 82,76% dengan *error* sebesar 17,24%. Namun, alat tersebut belum dapat digunakan sebagai alat ukur standar karena nilai *error* lebih dari ambang batas ketelitian alat kesehatan.

Untuk menjawab permasalahan dan tantangan kesehatan di atas, maka strategi yang perlu dilakukan yaitu mengembangkan alat deteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non invasive* yang memiliki akurasi berada pada ambang batas alat kesehatan yang diizinkan. Penelitian ini akan memanfaatkan Sensor Oximeter DS100A yang mampu menghasilkan perubahan tegangan pada medium cair. Kemudian,

menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R1 untuk memproses data dari sensor dan mengkonversikannya menjadi kadar kolesterol dengan satuan mg/dl yang kemudian output tersebut ditampilkan pada LCD. Selain itu, menambahkan komponen berupa lampu LED berwarna hijau, kuning dan merah sebagai indikator kadar kolesterol normal, cukup tinggi dan tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang alat deteksi kadar kolesterol dalam darah dengan teknik *non invasive* menggunakan Sensor Oximeter DS100A berbasis mikrokontroler Wemos D1 R1?
2. Apakah nilai akurasi alat deteksi kolesterol dalam darah secara *non invasive* menggunakan Sensor Oximeter DS100A sesuai dengan alat standar yang digunakan untuk mendeteksi kadar kolesterol?

1.3 Tujuan

1. Merancang alat deteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non invasive* menggunakan Sensor Oximeter DS100A berbasis mikrokontroler Wemos D1 R1.
2. Mengetahui nilai akurasi alat deteksi kolesterol dalam darah secara *non invasive* menggunakan Sensor Oximeter DS100A dan kesesuaiannya dengan alat standar yang digunakan untuk mendeteksi kadar kolesterol.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Terciptanya alat pendeteksi kadar kolesterol secara *non invasive* yang mampu mendeteksi secara dini kadar kolesterol total dalam darah.
2. Mampu menutupi kekurangan dari teknik *invasive* seperti harga pengecekan menjadi terjangkau, hasil pengukuran tidak membutuhkan waktu yang lama,

tidak menimbulkan nyeri pada bagian tubuh yang akan diperiksa, dan tidak menimbulkan ketakutan (fobia) bagi beberapa orang seperti pada pemeriksaan secara *invasive*.

1.5 Batasan Masalah

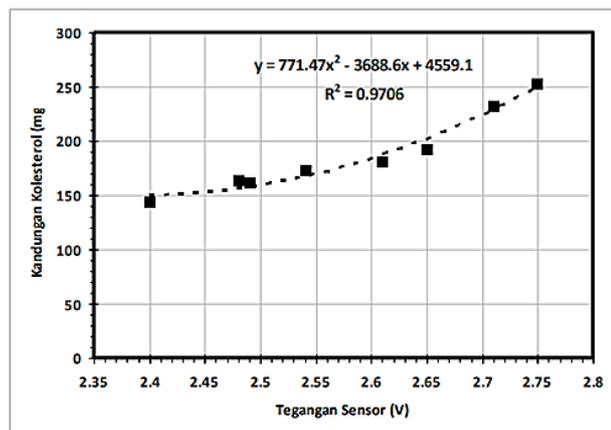
Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Sensor yang digunakan ialah Sensor Oximeter DS100A.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah Wemos D1 R1.
3. Alat yang dirancang hanya dapat mendeteksi kadar kolesterol total dengan rentang 150-240 mg/dl.
4. Proses pengambilan data untuk tahap kalibrasi sensor secara *invasive* dan *non invasive* menggunakan jari yang sama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

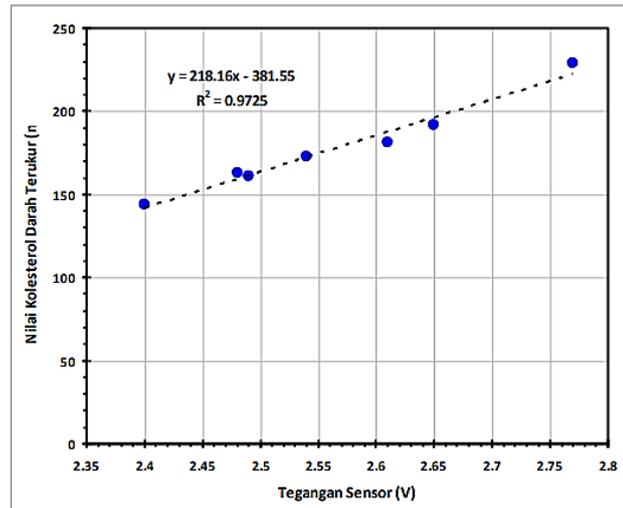
2.1 Penelitian Terkait

Perancangan alat deteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non invasive* telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Marhaendrajaya *et al.*, (2017) yang merancang alat deteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non invasive* menggunakan sensor Oximeter DS100A dengan cara menempelkan sensor ke permukaan kulit. Hasil uji sensor tahap pertama dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengujian tahap pertama (Marhaendrajaya *et al.*, 2017).

Gambar 2.1 adalah hasil uji sensor tahap pertama dengan partisipan laki-laki dan perempuan. Gambar 2.1 menunjukkan hubungan antara tegangan keluaran sensor terhadap nilai riil kolesterol darah terukur dengan persamaan $Y = 771,47 X^2 - 3688,6 X + 4559,1$ dengan koefisien korelasi regresi $R^2 = 0,9706$. Uji tahap pertama ini menghasilkan pola yang kuadratik sehingga dilanjutkan uji sensor tahap kedua. Hasil uji sensor tahap kedua dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengujian tahap kedua (Marhaendrajaya *et al.*, 2017).

Berdasarkan Gambar 2.2, pengujian tahap kedua menghasilkan hasil yang cukup linier dengan persamaan $Y = 218,16 X - 381,55$, dengan $R^2 = 0,9725$. Hasil persamaan ini digunakan untuk mengkonversi nilai tegangan menjadi nilai kolesterol yang akan ditampilkan pada layar LCD. Alat yang dirancang memiliki akurasi yang baik hingga 97%. Namun alat ini memiliki kekurangan dalam kestabilan pengukuran (Marhaendrajaya *et al.*, 2017).

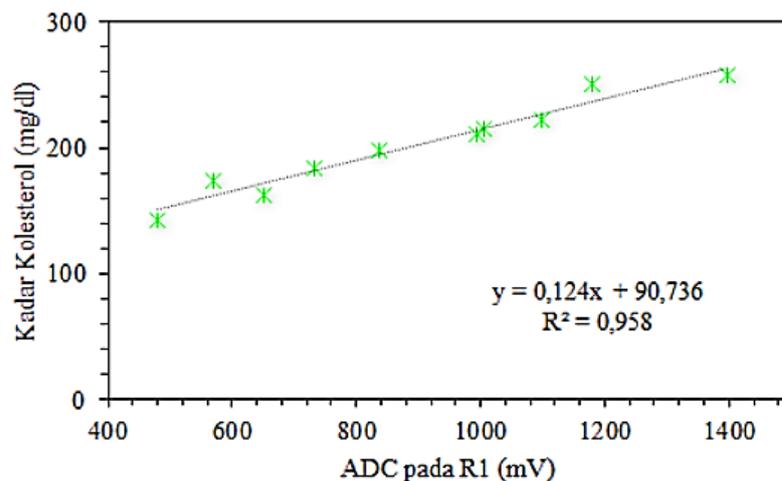
Fitri & Maisoha (2020) telah melakukan uji analisis alat ukur *invasive* dan *non invasive* real time kadar kolesterol darah. *Prototype* alat ukur kadar kolesterol secara *non invasive* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Prototype* alat ukur kadar kolesterol (Fitri & Maisoha, 2020).

Gambar 2.3 merupakan alat *non invasive* yang digunakan untuk mengukur kadar kolesterol. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, alat *non invasive* memiliki waktu yang lebih cepat dalam mendeteksi kadar kolesterol darah dibandingkan dengan alat ukur *invasive* berupa *test strip* alat *check* darah *portable easy touch*. Perbandingan waktu yang diperlukan alat *non invasive* 5 kali lebih efisien dibandingkan alat *invasive*. Namun alat yang telah dikembangkan ini masih memiliki rata-rata *error* sebesar 17,72% atau nilai akurasi alat sensor sebesar 82,28%.

Nurmar'atin (2021) telah mengembangkan perangkat pemantauan kadar kolesterol secara *non invasive* berbasis penyerapan LED merah (R1) menggunakan Oximeter Sensor DS100A. LED merah memiliki rentang panjang gelombang 660 nm. Grafik kalibrasi sensor dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Data kalibrasi sensor (Nurmar'atin, 2021).

Berdasarkan Gambar 2.4 didapatkan persamaan garis lurus yaitu $y = 0,124x + 90,376$ dengan koefisien determinasi sebesar 0,958, rumus tersebut digunakan sebagai faktor konversi nilai ADC menjadi nilai kadar kolesterol dalam darah. Namun, pada tahap uji akurasi alat hanya diperoleh akurasi sebesar 82,76%. Sehingga, alat tersebut belum dapat digunakan sebagai alat ukur standar karena nilai rata-rata akurasinya kurang dari ambang batas ketelitian alat kesehatan.

2.2 Kolesterol

2.2.1 Definisi Kolesterol

Lemak atau disebut juga lipid adalah salah satu zat gizi yang sangat diperlukan oleh tubuh selain karbohidrat, protein, vitamin dan mineral. Kolesterol adalah senyawa lemak kompleks yang 80% dihasilkan dari dalam tubuh (organ hati) dan 20% sisanya dari luar tubuh (zat-zat makanan) (Utama & Indasah, 2021). Kolesterol berfungsi sebagai bahan pembangun esensial bagi tubuh untuk sintesis zat-zat penting seperti membran sel, bahan isolasi sekitar serat saraf, hormon kelamin, ginjal, vitamin D, maupun asam empedu. Kolesterol secara normal diproduksi sendiri oleh tubuh dalam jumlah yang tepat. Kolesterol dapat meningkat jumlahnya karena asupan makanan yang berasal dari lemak hewani seperti telur, daging, susu dan keju (Saragih, 2017).

2.2.2 Jenis-jenis Kolesterol

Kolesterol dalam tubuh terdiri atas beberapa jenis antara lain:

a) *Low Density Lipoprotein (LDL)*

LDL adalah jenis lipoprotein yang berfungsi mengangkut kolesterol dan jenis lemak lain dari hati ke jaringan atau organ sekitar. Tingginya kadar LDL menyebabkan pengendapan kolesterol dalam arteri. Kolesterol LDL merupakan faktor risiko utama penyakit jantung koroner. Kolesterol yang berlebih akan mudah melekat pada dinding sebelah pembuluh darah. Selanjutnya, LDL akan menembus dinding pembuluh darah melalui sel endotel masuk ke lapisan dinding pembuluh darah yang lebih dalam yaitu intima sehingga dapat menyempitkan pembuluh darah. LDL yang telah menyusup ke dalam intima akan mengalami oksidasi tahap pertama sehingga terbentuk LDL yang teroksidasi. LDL teroksidasi akan memacu terbentuknya zat yang dapat melekatkan dan menarik monosit (salah satu jenis sel darah putih) menembus lapisan endotel dan masuk ke dalam intima. LDL teroksidasi juga menghasilkan zat yang dapat mengubah monosit yang telah masuk dalam

intima menjadi makrofag. LDL akan mengalami oksidasi tahap kedua menjadi LDL teroksidasi sempurna yang dapat mengubah makrofag menjadi sel busa. Sel busa akan saling berikatan membentuk gumpalan yang makin lama akan semakin besar sehingga membentuk benjolan yang mengakibatkan penyempitan pembuluh darah. LDL yang teroksidasi sempurna akan merangsang sel-sel otot pada lapisan pembuluh darah yang lebih dalam untuk masuk ke lapisan intima yang kemudian akan membelah diri sehingga jumlahnya semakin banyak. Timbunan lemak (plak kolesterol) pada lapisan pembuluh darah menyebabkan aliran darah kurang lancar. Plak kolesterol yang mengeras akan menyumbat darah secara total (Utama & Indasah, 2021). Klasifikasi kolesterol LDL dalam darah disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel. 2.1 Klasifikasi kolesterol LDL (Dyan & Hidayati, 2016)

No.	Batas (mg/dl)	Keterangan
1.	< 100	Optimal
2.	100-129	Mendekati Normal
3.	130-159	Batas Normal Tinggi
4.	160-189	Tinggi
5.	> 190	Sangat Tinggi

b) *High Density Lipoprotein* (HDL)

HDL adalah jenis lipoprotein yang berfungsi mengangkut kolesterol dan jenis lemak lainnya dari jaringan atau organ kembali ke hati. HDL disebut juga kolesterol baik karena dapat melarutkan kolesterol jahat yaitu LDL (Dyan & Hidayati, 2016). HDL mencegah kolesterol mengendap di arteri dan melindungi pembuluh darah dari proses aterosklerosis (terbentuknya plak pada dinding pembuluh darah) dengan cara mengangkut kelebihan kolesterol untuk dibawa kembali ke hati, selanjutnya akan diuraikan lalu dibuang ke dalam kandung empedu sebagai asam empedu. HDL ini mempunyai kandungan lemak lebih sedikit dan mempunyai kepadatan tinggi sehingga lebih berat (Utama & Indasah, 2021). Klasifikasi kolesterol HDL disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi kolesterol HDL (Dyan & Hidayati, 2016)

No.	Batas (mg/dl)	Keterangan
1.	< 40	Rendah
2.	> 60	Tinggi

c) Triglicerida

Triglicerida adalah jenis lemak utama yang terdapat dalam tubuh manusia. Dalam kadar normal, triglicerida digunakan tubuh sebagai sumber energi (Dyan & Hidayati, 2016). Meningkatnya kadar triglicerida dalam darah juga dapat meningkatkan kadar kolesterol. Sejumlah faktor dapat mempengaruhi kadar triglicerida dalam darah seperti kegemukan, konsumsi alkohol, gula, dan makanan berlemak. Tingginya kadar triglicerida (TG) dapat dikontrol dengan diet rendah karbohidrat. Triglicerida merupakan lemak darah yang cenderung naik seiring dengan konsumsi alkohol, peningkatan berat badan, diet tinggi gula atau lemak serta gaya hidup. Peningkatan triglicerida akan menambah risiko terjadinya penyakit jantung dan stroke. Klasifikasi triglicerida disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi triglicerida (Utama & Indasah, 2021)

No.	Batas (mg/dl)	Keterangan
1.	< 150	Normal
2.	150-199	Batas Normal Tinggi
3.	200-499	Tinggi
4.	> 500	Sangat Tinggi

d) Kolesterol total

Kolesterol total adalah gabungan dari jumlah kolesterol LDL, HDL dan triglicerida dalam setiap desiliter darah. Klasifikasi kadar kolesterol total disajikan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi kolesterol total (Dyan & Hidayati, 2016)

No.	Batas (mg/dl)	Keterangan
1.	<200	Normal
2.	200-239	Cukup Tinggi
3.	≥240	Tinggi

2.2.3 Dampak Kolesterol

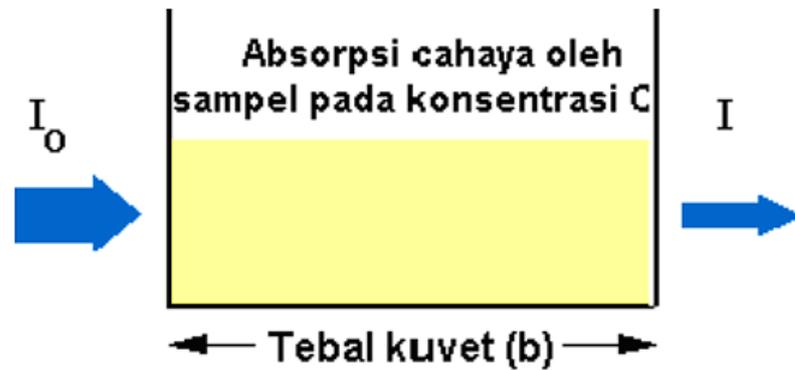
Kelebihan kadar kolesterol dan trigliserida menyebabkan terjadinya pengendapan lemak dalam darah atau disebut Hiperlipidemia Hereditier (*Hiperlipoproteinemia*). Pengendapan lemak pada dinding pembuluh darah menyebabkan terjadinya penyumbatan aliran darah yang akan memicu terjadinya aterosklerosis. Aterosklerosis terjadi pada berbagai pembuluh darah dalam tubuh manusia dan dapat mulai terbentuk pada usia muda. Proses tersebut terjadi akibat penyusupan lemak ke dalam dinding pembuluh darah dan berjalan terus tanpa gejala sampai terjadi penyempitan yang cukup nyata, sehingga mengganggu aliran darah ke daerah tersebut. Aterosklerosis kemudian menyebabkan kerusakan sistem kardiovaskuler, sehingga mempertinggi terjadinya penyakit jantung koroner (Saragih, 2017). Terdapat lima jenis hiperlipoproteinemia yang masing-masing memiliki gambaran lemak darah serta risiko yang berbeda yaitu:

- a) Hiperlipoproteinemia tipe I disebut juga hiperkilomikronemia familial. Penyakit keturunan yang jarang terjadi dan ditemukan pada saat lahir. Dimana tubuh penderita tidak mampu membuang kilomikron dari dalam darah. Anak-anak dan dewasa dengan kelainan ini mengalami serangan berulang dari nyeri perut, hati dan limpa membesar, pada kulitnya terdapat pertumbuhan lemak berwarna kuning-pink (*xantoma eruptif*).
- b) Hiperlipoproteinemia tipe II merupakan suatu penyakit keturunan yang mempercepat terjadinya aterosklerosis dan kematian dini, biasanya karena serangan jantung. Kadar kolesterol LDL tinggi akan membuat endapan lemak membentuk pertumbuhan xantoma di dalam tendon dan kulit. Satu di antara enam pria penderita penyakit ini mengalami serangan jantung pada usia 40 tahun dan dua di antara tiga pria penderita penyakit ini mengalami serangan jantung pada usia 60 tahun.

- c) Hiperlipoproteinemia tipe III merupakan penyakit keturunan yang jarang terjadi, yang menyebabkan tingginya kadar kolesterol VLDL dan trigliserida. Pada penderita pria, tampak pertumbuhan lemak di kulit pada masa dewasa awal. Pada penderita wanita, pertumbuhan lemak ini baru muncul 10-15 tahun kemudian. Penderita seringkali mengalami diabetes ringan dan peningkatan kadar asam urat dalam darah.
- d) Hiperlipoproteinemia tipe IV merupakan penyakit umum yang sering menyerang beberapa anggota keluarga dan menyebabkan tingginya kadar trigliserida. Penyakit ini bisa meningkatkan resiko terjadinya aterosklerosis. Penderita seringkali mengalami kelebihan berat badan dan diabetes ringan.
- e) Hiperlipoproteinemia tipe V. Merupakan penyakit keturunan yang jarang terjadi, di mana tubuh tidak mampu memetabolisme dan membuang kelebihan trigliserida sebagaimana mestinya (Utama & Indasah, 2021).

2.3 Hukum Lambert-Beer

Cahaya tampak terdiri dari beberapa *range* frekuensi elektromagnetik yang berbeda dimana setiap frekuensi bisa dilihat sebagai warna yang berbeda. Radiasi inframerah juga mengandung beberapa *range* frekuensi tetapi tidak dapat dilihat oleh mata. Energi yang dihasilkan oleh radiasi ini akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul. Spektrum inframerah sangat berguna untuk mengidentifikasi suatu senyawa dengan membandingkan dengan spektrum senyawa standar terutama pada daerah sidik jari. Jika suatu frekuensi tertentu dari radiasi inframerah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut sesuai dengan Hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa ketika suatu cahaya *monocromatic* dilewatkan pada suatu larutan homogen maka laju penurunan intensitas cahaya dengan ketebalan medium akan berbanding lurus dengan cahaya datang dan konsentrasi suatu larutan. Berkas cahaya yang ditransmisikan pada suatu larutan sebagian dari berkas tersebut akan diserap oleh larutan dan sebagian lainnya akan diteruskan atau ditransmisikan. Ilustrasi berkas cahaya dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penyerapan sinar oleh larutan.

Pada Gambar 2.5, yang terukur adalah transmitansi (T) yang didefinisikan pada persamaan 2.1.

$$T = I/I_0 \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan T adalah transmitansi, intensitas cahaya awal (I_0) dan intensitas cahaya setelah melewati sampel (I).

Secara matematis Hukum Lambert-Beer dinyatakan dengan persamaan 2.2.

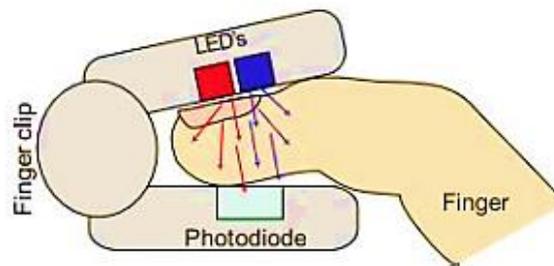
$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan A adalah absorbansi, ϵ merupakan absorptivitas molar dengan satuan ($M^{-1}cm^{-1}$), b adalah lebar celah dengan satuan (cm), dan C adalah konsentrasi dengan satuan (M) (Dachriyanus, 2004).

2.4 Sensor Oximeter DS100A

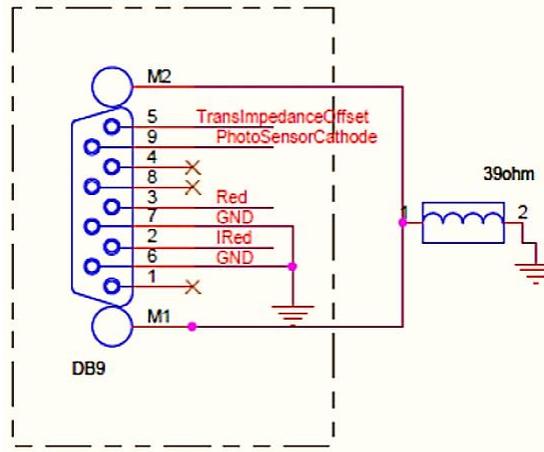
Sensor Oximeter DS100A adalah alat yang digunakan untuk mengukur saturasi oksigen (SpO_2) secara non-invasif. Saturasi oksigen didefinisikan sebagai pengukuran jumlah oksigen terlarut dalam darah, berdasarkan deteksi Oksihemoglobin dan Deoksihemoglobin (Lopez, 2012). *Pulse oximetry* menggunakan hukum Lambert-Beer bahwa frekuensi cahaya yang berbeda diserap dalam volume yang berbeda pula. Prinsip dasar alat ini adalah kemampuan mengabsorpsi cahaya merah dan inframerah pada saat teroksihemoglobin (O_2H_b)

dan terdeoksihemoglobin (HH_b). Oksihemoglobin mengabsorpsi cahaya inframerah lebih banyak daripada deoksihemoglobin. Hal ini dikorelasikan dengan warna darah merah terang yang dikarenakan oleh pendaran cahaya merah. Sebaliknya deoksihemoglobin lebih banyak mengabsorpsi cahaya merah sehingga terlihat sedikit tua. Berdasarkan perbedaan tersebut, pulse oximeter dirancang dengan memanfaatkan dua gelombang cahaya yaitu merah 660 nm dan inframerah 940 nm. Sensor pulse oximeter ini dikenal sebagai LED (light emitting diode) yang dipasang pada probe. Cahaya yang ditransmisikan melalui jari kemudian dideteksi oleh photodiode pada probe lain. Probe oximeter DS100A dapat diilustrasikan seperti dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Probe Oximeter DS100A.

Kemampuan pulse oximeter mendeteksi SpO_2 darah arteri berdasar pada prinsip fluktuasi jumlah cahaya merah dan inframerah ketika sistol/diastol. Sebagian cahaya melewati jaringan tanpa diabsorpsi *photodetector* dan menciptakan gelombang yang relatif stabil dan tidak berpulsasi dikenal sebagai direct current (DC) sedangkan yang berpulsatil disebut alternating current (AC) (Sucandra & Astiti, 2016). Sensor Oximeter DS100A memiliki beberapa pin seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pin sensor oximeter DS100A (Lopez, 2012).

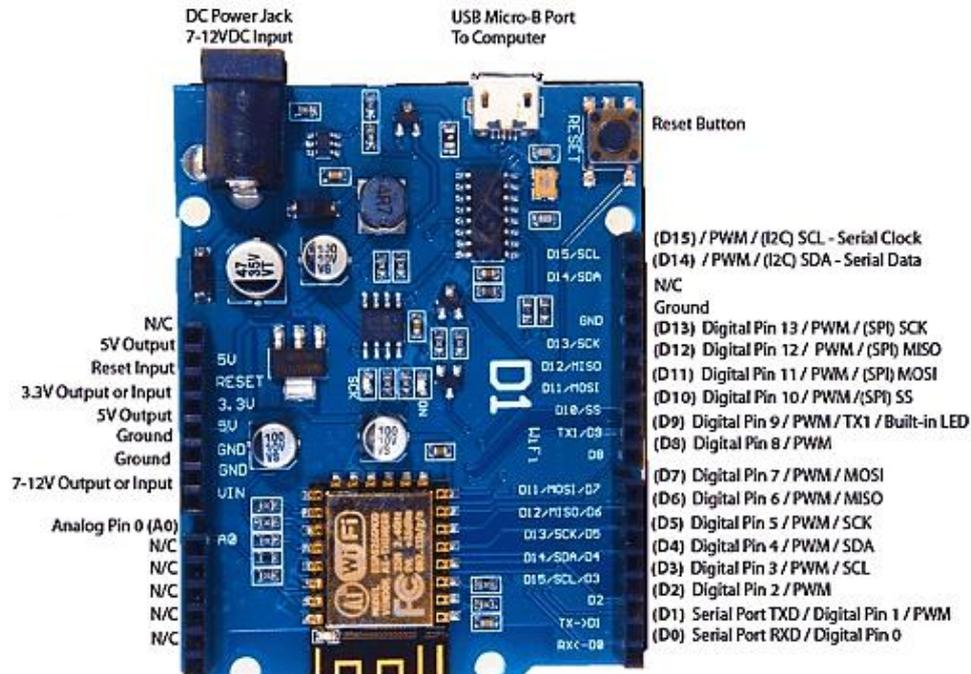
Fungsi dari masing-masing pin pada sensor oximeter DS100A disajikan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pin Sensor Oximeter DS100A (Lopez, 2012)

Pin	Fungsi
6,7	Ground
2	Anoda LED Infrared
3	Anoda LED merah
5	Photodiode Anoda
9	Photodiode Katoda

2.5 Mikrokontroler Wemos D1 R1

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil di dalam satu IC yang berisi *Central Processing Unit* (CPU), memori, *timer*, saluran komunikasi serial dan parallel, port *input/output*, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program. Mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk akuisisi data, otomasi industri, pengendalian, telekomunikasi, dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler yaitu harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai dengan keinginan kita (Suhaeb *et al.*, 2017). Salah satu jenis mikrokontroler adalah Wemos D1 R1. Mikrokontroler Wemos D1 R1 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Wemos D1 R1.

Spesifikasi yang dimiliki Wemos D1 R1 disajikan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Spesifikasi wemos D1 R1 (Espressif IOT Team, 2023)

No.	Kategori	Spesifikasi
1.	Microcontroller	ESP8266 Tensilica 32-bit
2.	Serial to USB Converter	CH340G
3.	Operating Voltage	3.3 – 5V
4.	Input Voltage	7 – 12V
5.	Digital I/O Pins	11
6.	PWM I/O Pins	10
7.	Analog Input Pins	1 (10-bit)
8.	DC Current per I/O Pin	12 mA (Max)
9.	Hardware Serial Ports	1
10.	Flash Memory	4 Mbytes
11.	Instruction RAM	64 Kbytes
12.	Data RAM	96 Kbytes
13.	Clock Speed	80 MHz
14.	Network	IEEE 802.11 b/g/n WiFi
15.	Built-in LED	Attached to digital pin 13
16.	USB Connector Style	Micro-B Female
17.	Board Dimensions (PCB)	69 x 53mm (2.7 x 2.1")
18.	Datasheet	ESP8266EX

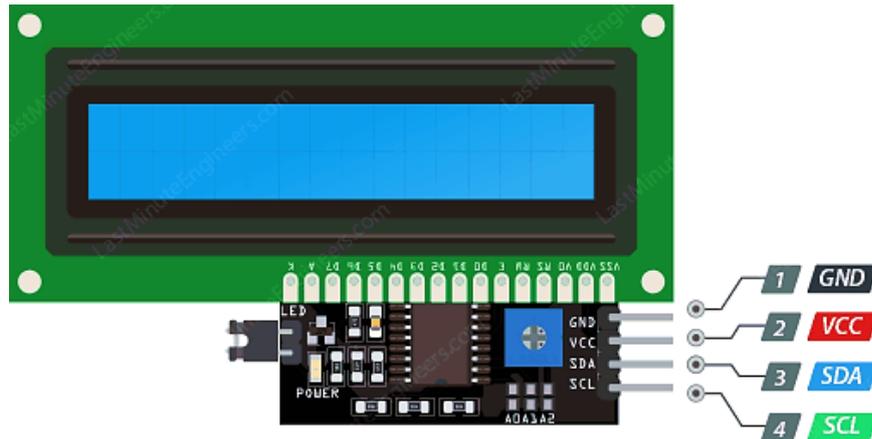
2.6 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter (ADC) adalah perangkat elektronik yang mengubah sinyal analog (sinyal kontinu) menjadi sinyal digital. ADC mengubah input analog menjadi kode digital. Perangkat ADC dapat berupa modul elektronik atau sirkuit atau chip IC. ADC bertindak sebagai jembatan untuk memproses sinyal analog ke sistem digital. ADC banyak digunakan sebagai pengontrol proses industri, komunikasi digital, dan sirkuit pengukuran/pengujian. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi.

Secara umum ADC banyak digunakan sebagai perantara antara sensor analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat dan aliran dan seterusnya yang kemudian diukur dengan sistem digital (komputer). Penggunaan data analog terkhusus pada pembacaan ADC lebih banyak digunakan pada perangkat *interface* yang berupa sensor yang memiliki kondisi lebih dari 2 keadaan standar. Disinilah titik bedanya dengan pembacaan digital, pembacaan digital hanya mengenal ada atau tidak ada, sedangkan pembacaan analog mampu mengenal sampai ribuan keadaan yang berbeda seperti tidak ada, ada, setengah, seperempat, dan seterusnya (Suhaeb *et al.*, 2017).

2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah suatu display dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. LCD ini dapat berfungsi untuk menampilkan sesuatu berupa teks atau angka yang sudah di program dari mikrokontroler. Salah satu variasi bentuk dan ukuran yang tersedia adalah LCD I2C 16x2 karakter (panjang 16, baris 2, karakter 32). LCD I2C adalah Modul Liquid Crystal Display (LCD) yang dikendalikan secara serial sinkron dengan menggunakan protokol *Inter Integrated Circuit* (I2C/IIC) atau *Two Wire Interface* (TWI). Gambar LCD I2C 16x2 dapat dilihat pada Gambar 2.10.

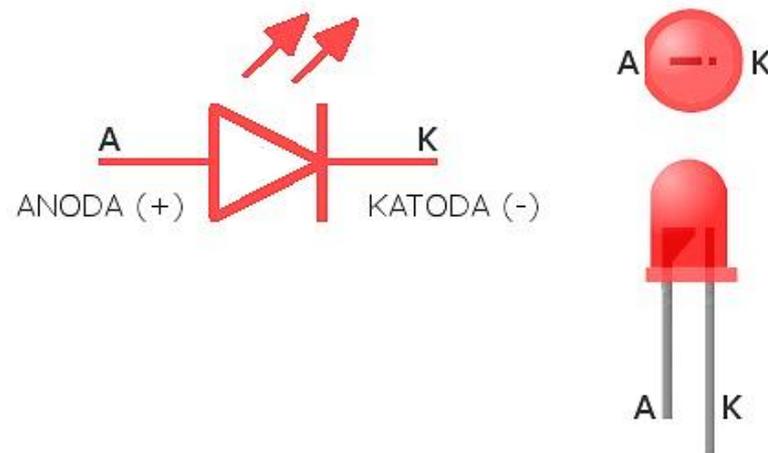


Gambar 2.10 LCD 16x2 I2C.

Berdasarkan Gambar 2.10 LCD I2C hanya memiliki empat pin yang terdiri atas pin GND, VCC, SDA dan SCL. Kemampuan LCD tidak hanya menampilkan angka, tetapi juga huruf, kata, dan semua sarana simbol dengan lebih bagus dan serbaguna daripada penampilan-penampilan yang menggunakan seven segment LED. Modul LCD mempunyai *basic interfaces* cukup baik yang sesuai dengan sistem mikrokontroler AVR maupun Arduino. Bentuk dan ukuran modul-modul berbasis karakter banyak ragamnya. Saat power dinyalakan, display menampilkan sederet persegi gelap dan mungkin hanya pada sebagian display. Sel-sel karakter ini sebenarnya merupakan bagian yang mati. Modul display mereset sendiri pada bagian awal ketika power dinyalakan, yaitu layar menjadi kosong sehingga karakter-karakter tidak dapat terlihat. Dengan demikian, perlu memberikan perintah pada poin ini untuk menyalakan LCD (Suhaeb *et al.*, 2017).

2.8 *Light Emitting Diode (LED)*

Light Emitting Diode (LED) adalah suatu bahan semikonduktor yang mampu memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Warna yang dihasilkan LED bergantung pada bahan semikonduktor yang dipakai. Semikonduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik, meskipun tidak sebaik konduktor listrik. LED merupakan dioda, sehingga memiliki kutub polar. Arah arus konvensional hanya dapat mengalir dari anoda ke katoda. Gambar LED dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Light Emiting Diode (LED).*

Prinsip kerja dari LED yaitu hanya dapat mengalirkan arus listrik satu arah. Arus listrik hanya mengalir jika tegangan positif dihubungkan ke kaki yang disebut anoda dan tegangan negatif dihubungkan ke kaki yang dinamakan katoda. Pada pengaplikasian LED yang terkontrol lewat IC mikrokontroler, yang diperlukan hanya menghubungkan salah satu PIN dari mikrokontroler ke kaki anoda LED, dan kaki Katoda ke GND rangkaian. Dengan memberikan sinyal *high* (nilai 1 atau bertegangan) ke kaki anoda maka LED akan menyala, sebaliknya jika memberikan sinyal *low* (nilai 0) maka LED akan dalam keadaan tidak menyala atau mati (Costa *et al.*, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai bulan Juni 2023. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Jadwal pelaksanaan penelitian disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Program Kerja	Bulan				
		Februari	Maret	April	Mei	Juni
1.	Studi Literatur	x				
2.	Perancangan Sistem		x	x		
3.	Kalibrasi				x	
4.	Pengambilan Data					x
5.	Analisis Data					x
6.	Penarikan Kesimpulan					x

3.2 Alat dan Bahan

Terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan selama proses penelitian. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Alat dan bahan

No.	Nama	Fungsi
1.	<i>Easy Touch</i> GCU	Alat Ukur pembanding yang dapat mengukur kadar kolesterol.
2.	Laptop	Merancang, mendesain, dan menyusun <i>source code</i> program.
3.	Mikrokontroler Wemos D1 R1	Mengontrol dan mengendalikan sistem.
4.	<i>Power Supply</i>	Sumber tegangan alat.
5.	<i>Stepdown</i>	Menurunkan tegangan
6.	Sensor Oximeter DS100A	Mengukur kadar kolesterol dalam darah secara <i>non invasive</i> .
7.	LCD 16x2 I2C	Layar penampil pada alat.
8.	LED	Sebagai lampu indikator.
9.	<i>Junction Box</i>	Wadah rangkaian alat yang dibuat.
10.	Jumper	Kabel untuk menghubungkan antar komponen.
11.	Software Arduino IDE	Software untuk membuat, mengedit, memverifikasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1) Studi literatur

Tahap awal dilakukan dengan mencari literatur terkait dengan penelitian. Hal tersebut bertujuan agar perencanaan dan pelaksanaan penelitian berjalan sesuai yang diinginkan. Studi literatur diperoleh dari jurnal, skripsi, dan internet.

2) Perancangan Sistem

Tahap kedua adalah perancangan sistem yang terbagi menjadi dua tahap yaitu:

a. Perancangan *Hardware*

Tahap perancangan hardware diawali dengan mendesain rancang bangun alat, cara kerja masing-masing komponen, hingga merancang keseluruhan alat.

b. Perancangan *Software*

Tahap perancangan software yaitu menyusun cara kerja alat secara keseluruhan kemudian dituangkan dalam bentuk *source code* pada program Arduino IDE.

3) Kalibrasi

Tahap kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan akurat dan stabil. Tahap kalibrasi ini juga menentukan cahaya yang digunakan untuk mengkonversi nilai ADC menjadi nilai kadar kolesterol. Nilai ADC pada LED merah dan *Infrared* akan dibandingkan dengan alat standar untuk mendapatkan persamaan garis linear yang akan digunakan untuk mengkonversi nilai ADC menjadi nilai kadar kolesterol dengan satuan mg/dl.

4) Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dilakukan untuk melakukan pengujian alat. Terdapat dua pengujian yang akan dilakukan yaitu uji presisi dan akurasi. Uji presisi dilakukan untuk melihat seberapa dekat nilai saat dilakukan pengukuran secara berulang. Kemudian uji akurasi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kesalahan dalam pengukuran.

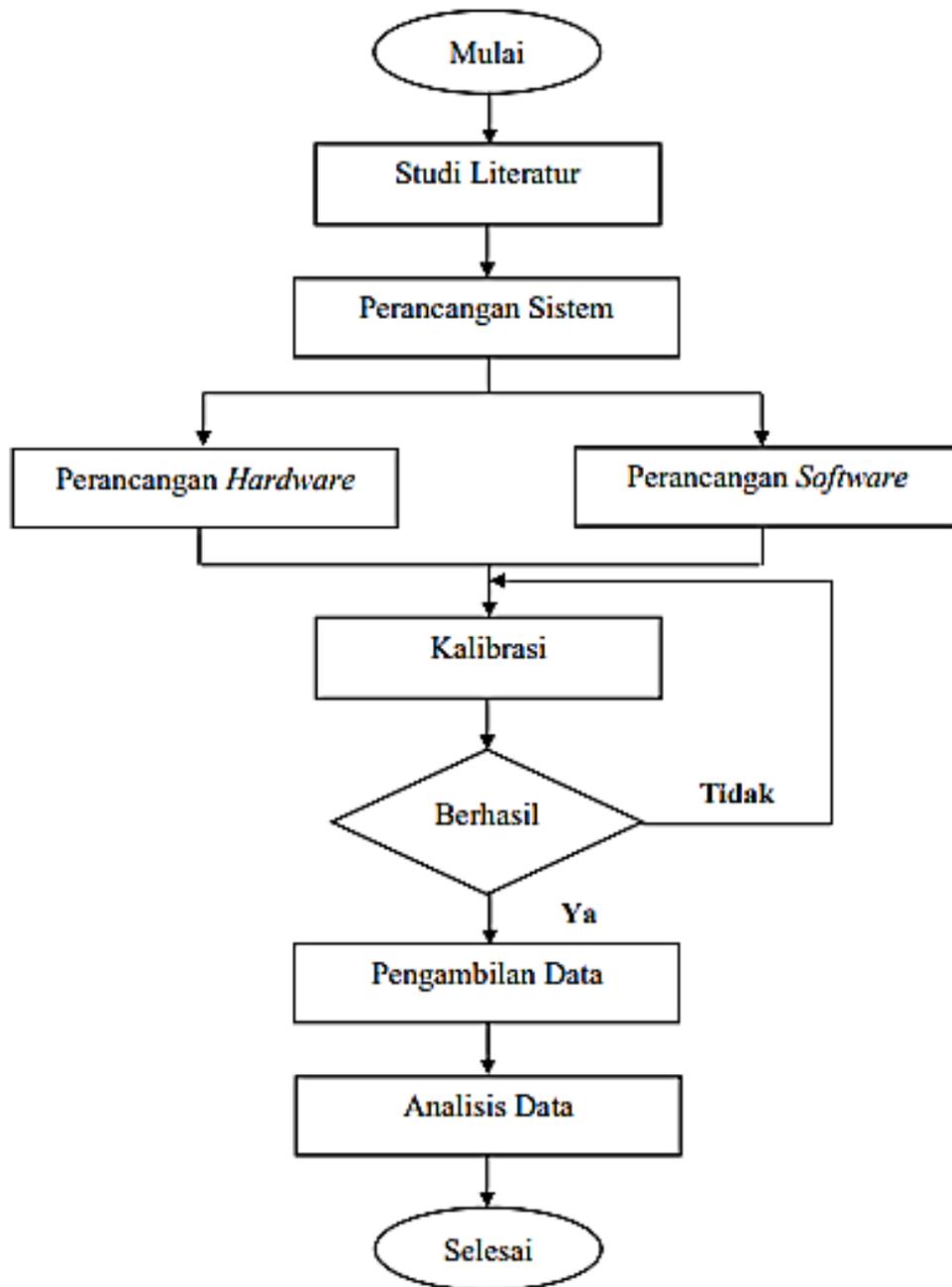
5) Analisis Data

Tahap kelima adalah melakukan analisis pada data yang diperoleh pada tahap sebelumnya. Analisis dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *error* dalam pengukuran.

6) Penarikan Kesimpulan

Tahap terakhir ialah penarikan kesimpulan dari pengujian alat, pengambilan data hingga hasil analisis, serta memberikan saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.

Tahapan-tahapan di atas disajikan juga dalam bentuk diagram alir. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir..

3.3.2 Standar Operasional Penggunaan Alat

Standar operasional yang perlu dilakukan pada penggunaan alat pembanding *Easy Touch* GCU dan alat *non invasive* sebagai berikut.

a) **Standar Operasional Penggunaan Alat Pembanding *Easy Touch* GCU**

Easy Touch GCU merupakan alat untuk mengecek nilai kadar kolesterol dalam darah dengan metode *invasive* menggunakan strip cek. Pengecekan kadar kolesterol dengan menggunakan alat ini dilakukan dengan mengambil darah pasien. *Easy Touch* GCU yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Easy Touch* GCU.

Penggunaan strip cek pada alat ini hanya dapat dipakai satu kali pemakaian. Pengecekan kadar kolesterol menggunakan *Easy Touch* GCU membutuhkan waktu selama 20 detik untuk hasil dapat terlihat pada layar setelah meletakkan sampel darah pada strip. *Easy Touch* GCU mampu mengukur kolesterol dari rentang 100-400 mg/dl.

Prosedur dalam menggunakan alat *Easy Touch* GCU yang pertama yaitu mengambil satu test strip kolesterol. Langkah kedua, memasukkan strip ke dalam port alat meter, hingga alat menyala secara otomatis. Langkah ketiga, menggunakan alat lancet untuk mengambil sampel darah. Langkah keempat,

memasukkan sampel darah pada ujung test strip dan menunggu hingga hasil keluar pada layar. Langkah terakhir, mengeluarkan strip dan membuang strip yang telah digunakan.

b) Standar Operasional Penggunaan *Prototype* Alat *Non Invasive*

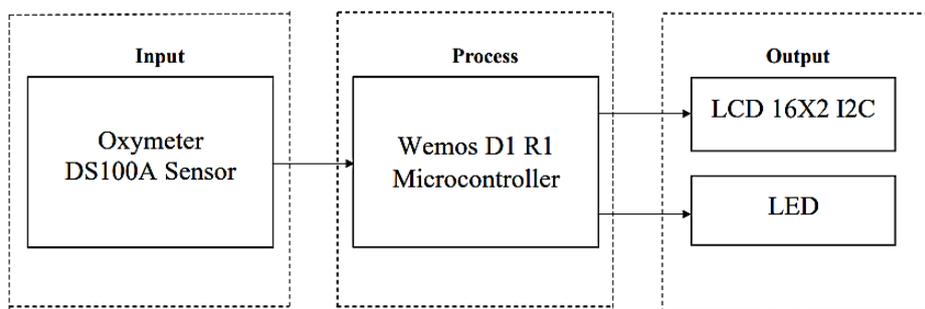
Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dan prosedur yang harus dilakukan dalam pemeriksaan kadar kolesterol menggunakan *prototype* alat *non invasive* yang pertama adalah memastikan pasien tidak menggunakan cat kuku pada jari yang akan digunakan sebagai objek. Langkah kedua, menghidupkan alat dengan mencolokkan alat dengan listrik dan menunggu hingga alat dalam keadaan stabil. Langkah ketiga, memasukkan jari yang akan diukur ke dalam *probe* oximeter dan tidak menggerak-gerakkan jari selama proses pengujian hingga hasil ditampilkan pada layar. Langkah terakhir, mematikan alat setelah selesai digunakan.

3.3.3 Perancangan Sistem

1) Perancangan *Hardware*

a) Blok Diagram Sistem

Diagram blok perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



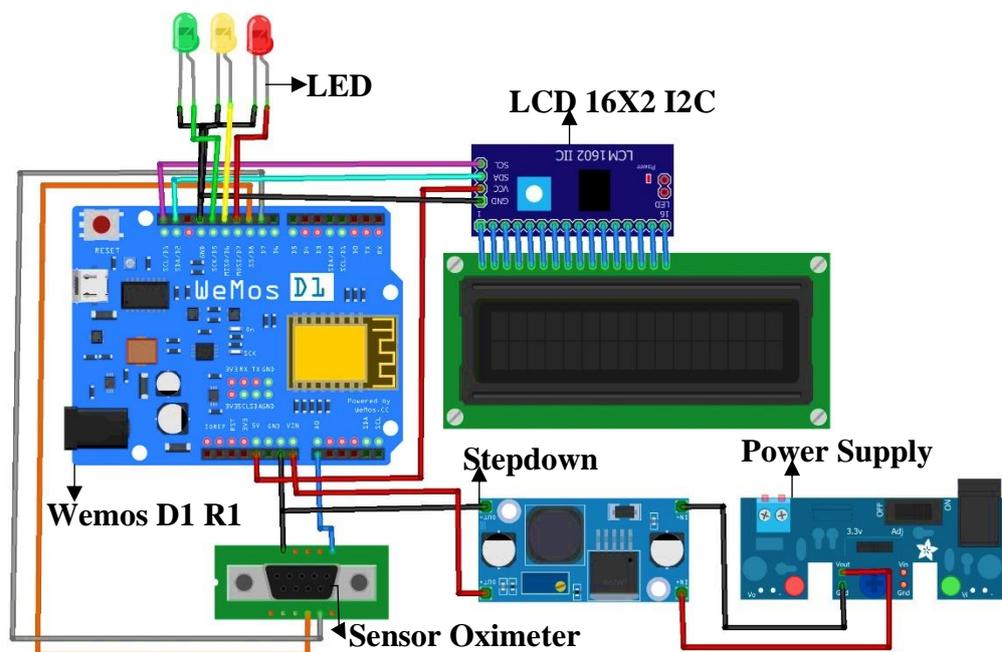
Gambar 3.3 Diagram blok.

Berdasarkan Gambar 3.3 terdapat input berupa Sensor Oximeter DS100A. Pada sensor oximeter DS100A terdapat fotodiode dan dua pemancar cahaya yaitu LED dan inframerah. Fotodiode akan menangkap sinyal

analog dari intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED atau inframerah. Kemudian nilai tersebut akan terbaca oleh ADC 10 bit pada mikrokontroler. Selanjutnya nilai ADC akan dikonversi menjadi kadar kolesterol dengan satuan mg/dl melalui persamaan yang didapat pada tahap kalibrasi. Output dari mikrokontroler kemudian akan ditampilkan pada LCD 16x2 dan terdapat 3 lampu LED sebagai indikator. Ketiga LED tersebut berwarna hijau, kuning dan merah. LED merah akan menyala jika nilai kadar kolesterol berada di atas 239 mg/dl, LED kuning akan menyala jika kadar kolesterol berada pada rentang 200-239 mg/dl, dan LED hijau akan menyala jika kadar kolesterol di bawah 200 mg/dl.

b) Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan alat yang terdiri dari mikrokontroler Wemos D1 R1, LCD, Sensor Oximeter DS100A, *power supply*, *stepdown* dan tiga buah LED dapat diilustrasikan seperti Gambar 3.4.

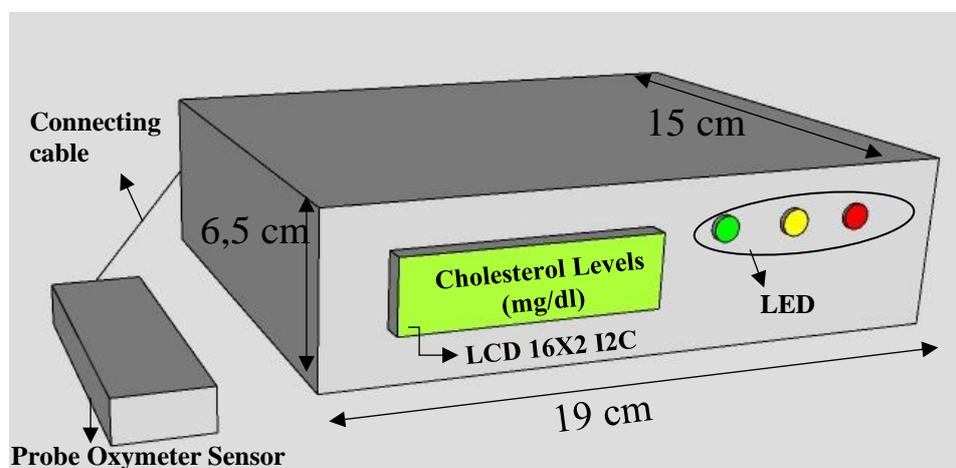


Gambar 3.4 Rangkaian keseluruhan alat.

Dari Gambar 3.4 di atas, pin yang digunakan pada sensor oximeter yaitu pin 2, 3, 5 dan 9 dimana pin 2 adalah anoda infrared yang dihubungkan

dengan pin D8 pada mikrokontroler, pin 3 adalah anoda LED merah yang dihubungkan dengan pin D7 pada mikrokontroler, pin 5 adalah photodiode anoda yang dihubungkan dengan pin analog A0 pada mikrokontroler serta pin 9 adalah photodiode katoda yang dihubungkan dengan ground. Selanjutnya, pin SDA dan SCL pada LCD dihubungkan dengan pin SDA/D14 dan SCL/D15 pada mikrokontroler. Pin LED merah, kuning dan hijau dihubungkan dengan pin D10, D11 dan D12 pada mikrokontroler. Terdapat *stepdown* yang digunakan untuk menurunkan tegangan menjadi 5 V pada *power supply* 12 V, dimana pin V+ dihubungkan dengan pin Vin pada mikrokontroler dan V- dihubungkan dengan ground.

Desain *prototype* alat deteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non invasive* dapat dilihat pada Gambar 3.5.

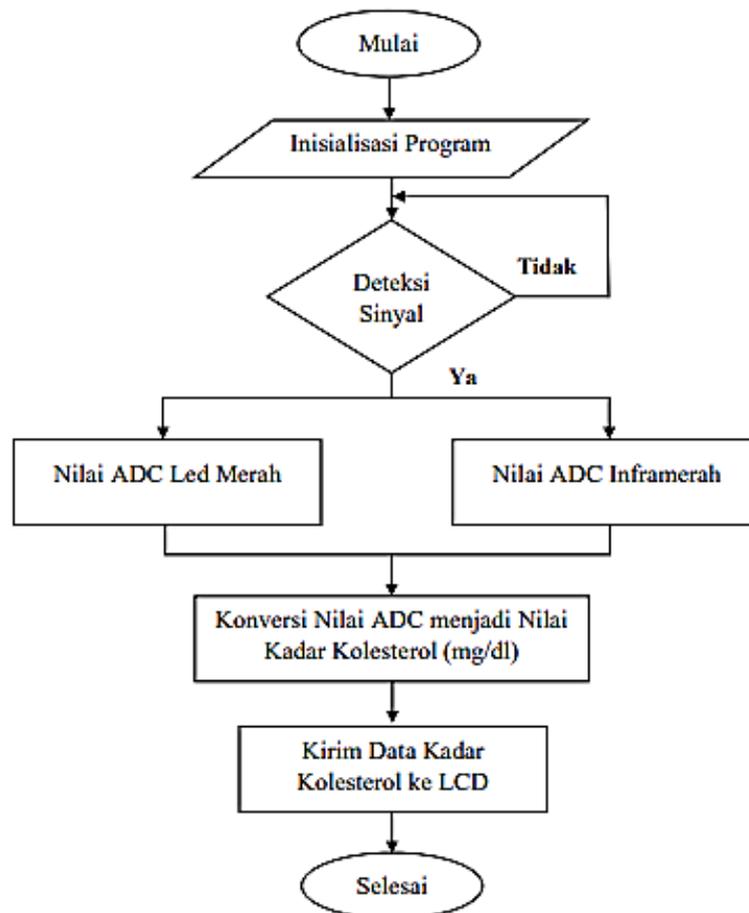


Gambar 3.5 Desain 3 dimensi *prototype* alat deteksi kadar kolesterol *non invasive*.

Gambar 3.5 adalah desain *prototype* alat yang dibuat dengan ukuran panjang 19 cm, tinggi 6,5 cm dan lebar 15 cm. Pada tampilan depan alat terdapat LCD untuk menampilkan hasil kadar kolesterol, selanjutnya terdapat tiga LED berwarna hijau, kuning dan merah sebagai indikator kadar kolesterol. Selanjutnya, terdapat kabel penghubung berukuran 1 meter untuk menghubungkan sensor dengan box alat.

2) Perancangan *Software*

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan Software Arduino IDE. Arduino IDE digunakan untuk menyusun *source code* langkah kerja keseluruhan sistem. Diagram alir mekanika kerja sensor dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir mekanika kerja sensor.

Berdasarkan Gambar 3.6 di atas, sistem kerja sensor diawali dengan inisialisasi program, kemudian sensor akan mendeteksi sinyal pada sampel. Jika tidak terdapat sinyal maka sensor akan menginisialisasi kembali, namun jika terdapat sinyal pada sampel, maka sensor akan menghasilkan nilai ADC pada LED merah dan inframerah. Selanjutnya nilai tersebut dikonversi menjadi nilai kadar kolesterol dengan satuan mg/dl pada mikrokontroler. Nilai kadar kolesterol selanjutnya dikirim untuk ditampilkan pada layar LCD.

3.3.4 Kalibrasi Sensor Oximeter DS100A

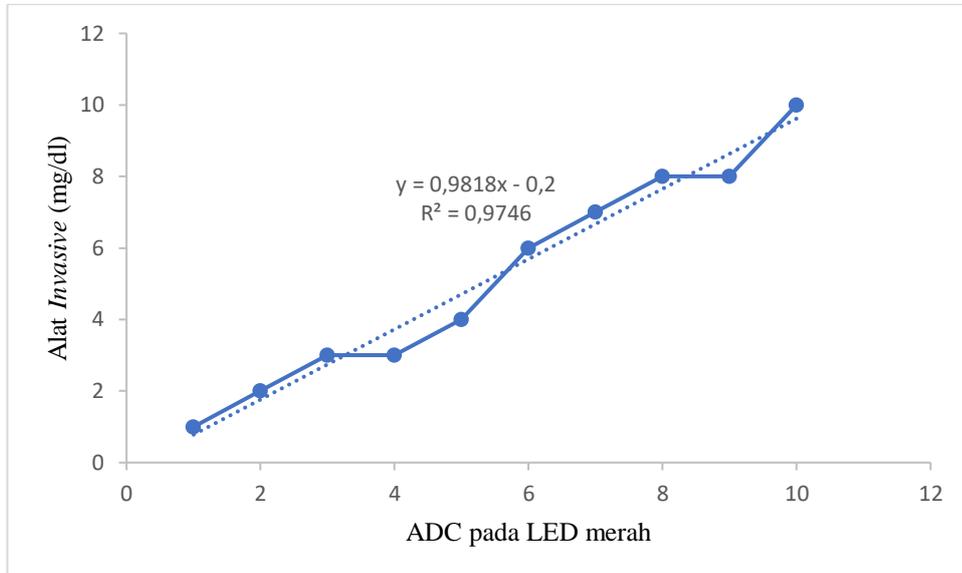
Kalibrasi sensor ini merupakan suatu pengujian kelayakan terhadap sensor untuk mencapai hasil sesuai dengan indikator yang telah di inginkan yaitu akurat dan presisi dengan penambahan suatu model persamaan agar tujuan tersebut tercapai. Kalibrasi pada sensor Oximeter DS100A juga dilakukan untuk menentukan cahaya yang akan dipakai untuk mendeteksi kadar kolesterol dalam darah, karena sensor Oximeter DS100A memiliki dua pemancar cahaya yaitu LED merah dan Inframerah.

Kalibrasi ini diawali dengan mengkonversi sinyal analog menjadi nilai ADC, kemudian nilai ADC akan dibandingkan dengan *output* dari alat *invasive* untuk mendapatkan persamaan regresi linear yaitu $y = a + bx$. Regresi linear bertujuan untuk memprediksi nilai yang tidak diketahui dengan nilai yang diketahui (Hijriani *et al.*, 2016). Pengambilan data sampel pada tahap kalibrasi ini sebanyak 20 orang, baik pada sensor Oximeter DS100A maupun alat pembanding. Hasil pengukuran akan diamati sehingga terlihat derajat hubungan kedekatan perolehan nilainya dari masing-masing alat. Persamaan garis lurus yang diperoleh akan digunakan untuk mengkonversi nilai ADC menjadi nilai kadar kolesterol dengan satuan mg/dl. Hasil pengukuran menggunakan alat ukur *invasive* dan sensor Oximeter DS100A disajikan dalam Tabel 3.3.

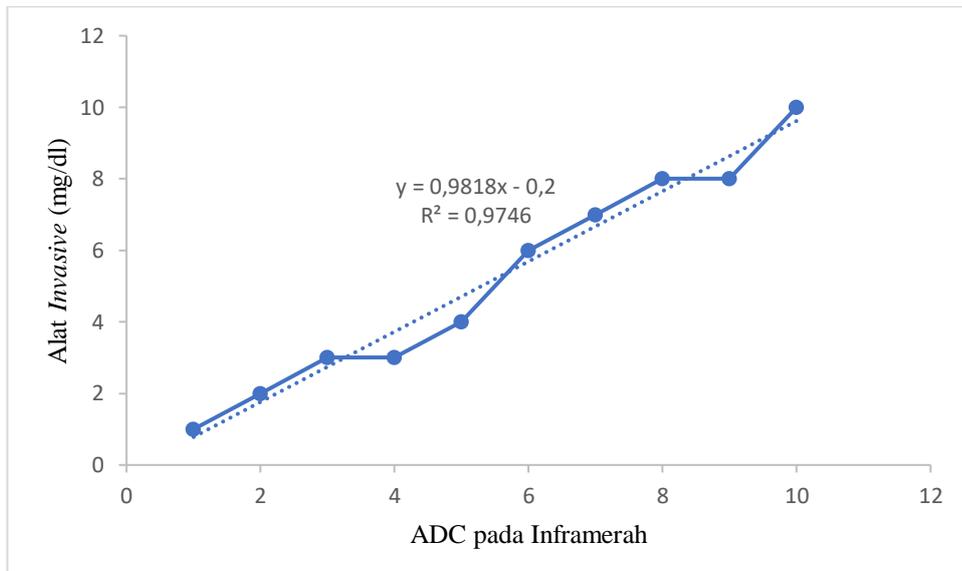
Tabel 3.3 Data pengukuran kadar kolesterol dengan sensor oximeter DS100A dan *invasive*

No.	Kadar Kolesterol pada Alat <i>Invasive</i> (mg/dl)	Nilai ADC pada LED Merah	Nilai ADC pada Inframerah
1.			
...			
...			
...			
...			
...			
...			
...			
20.			

Selanjutnya, data pada Tabel 3.3 diplot dalam grafik menggunakan *Microsoft Excel*, kemudian ditampilkan persamaan garis lurus dan koefisien determinasi R^2 menggunakan pendekatan *Linear Trendline* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.7 ADC pada LED merah.



Gambar 3.8 ADC pada Inframerah.

Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 di atas merupakan metode statistik untuk mengamati hubungan antara variabel terikat y dan variabel bebas x (Hijriani *et al.*, 2016). Setelah didapatkan persamaan garis linear pada LED merah dan Inframerah, selanjutnya memilih persamaan yang akan digunakan untuk mengkonversi nilai ADC menjadi kadar kolesterol dengan cara melihat koefisien determinasi tertinggi antara LED merah dan Inframerah. Setelah menentukan persamaan yang akan dipakai untuk mengkonversi, langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai ADC ke dalam persamaan linear tersebut. Hasil konversi nilai ADC menjadi nilai kadar kolesterol dengan satuan mg/dl disajikan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Data hasil kalibrasi

No.	Kadar Kolesterol pada Alat <i>Invasive</i> (mg/dl)	Nilai Kolesterol pada LED Merah (mg/dl)	Nilai Kolesterol pada Inframerah (mg/dl)
1.			
...			
...			
...			
...			
...			
...			
...			
...			
...			
20.			
Rata-rata Akurasi (%)			

3.3.5 Pengujian Alat

Pengujian alat berfungsi untuk memastikan alat dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan meliputi uji presisi dan akurasi alat.

1) Presisi Alat

Untuk mendukung hasil penelitian yang tepat dan akurat, maka diperlukan ketelitian dan kecermatan dalam menyajikan hasil pengujian dengan cara menentukan rentang nilai ukur yang disebut nilai ketidakpastian. Semakin kecil

nilai ketidakpastian maka semakin baik hasil penelitian atau pengujian yang dilakukan (Kristiantoro *et al.*, 2016). Untuk menguji presisi alat, digunakan ralat ketidakpastian atau standar deviasi. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali dari 10 data terkumpul. Adapun analisis yang dilakukan untuk perhitungan standar deviasi ditunjukkan oleh persamaan 3.3 sampai persamaan 3.5.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$Kesalahan\ Relatif = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Presisi = 100\% - Kesalahan\ Relatif \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan s adalah simpangan baku, x adalah nilai yang terukur pada alat, \bar{x} adalah nilai rata-rata, dan n adalah jumlah data. Selanjutnya, data pengukuran dan perhitungan disajikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data pengukuran presisi alat

No.	Pengambilan Data Ke-					Rata-rata	Presisi Alat (%)
	1	2	3	4	5		
1.							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
10.							
Rata-rata Presisi Alat (%)							

2) Akurasi Alat

Pada uji akurasi dilakukan pengambilan sampel untuk mengukur kadar kolesterol dalam darah sebanyak 10 sampel relawan. Pengambilan sampel dilakukan dengan dua cara. Pertama mengambil sampel darah menggunakan alat ukur *invasive* (*Easy Touch* GCU). Kedua, dengan menempelkan jari telunjuk tangan kiri relawan pada sensor alat ukur *non invasive*. Besarnya nilai persentase kesalahan alat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.6.

$$Error = \frac{Nilai\ alat\ invasive - Nilai\ alat\ non\ invasive}{Nilai\ alat\ invasive} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Untuk mengetahui nilai rata-rata persentase kesalahan alat dapat dihitung menggunakan persamaan 3.7.

$$Error\ Rata - rata = \frac{\sum Persentase\ Kesalahan\ Alat}{n\ (jumlah\ data)} \dots\dots\dots(3.7)$$

Selanjutnya untuk menghitung akurasi alat digunakan persamaan 3.8.

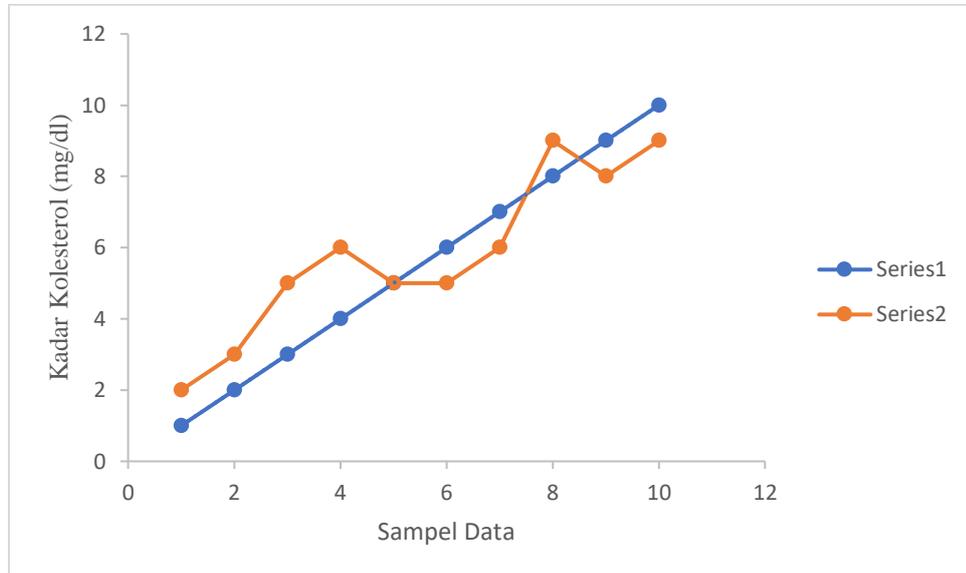
$$Akurasi = 100\% - \% Kesalahan\ Alat \dots\dots\dots(3.8)$$

Data pengukuran akurasi alat dimasukkan ke dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Data pengukuran akurasi alat

No.	Kadar Kolesterol Pada Alat <i>Non Invasive</i> (mg/dl)	Kadar Kolesterol Pada Alat <i>Invasive</i> (mg/dl)	Persentase Error Alat (%)	Akurasi Alat (%)
1.				
...				
...				
...				
...				
...				
...				
...				
...				
10.				
Rata-rata (%)				

Selanjutnya, data pada Tabel 3.6 diplot dalam grafik menggunakan *Microsoft Excel* untuk melihat hubungan kedekatan antara pengukuran *non invasive* dan *invasive* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Grafik hubungan kadar kolesterol *non invasive* dan *invasive*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Alat deteksi kolesterol secara *non invasive* telah berhasil dirancang dan mampu mendeteksi kadar kolesterol total dalam darah dalam rentang 150-240 mg/dl.
2. Nilai akurasi pada alat deteksi kolesterol secara *non invasive* sebesar 97,14% dengan nilai *error* 2,86%. Oleh karena itu, alat yang telah dirancang belum dapat digunakan sebagai alat ukur standar karena nilai *error* lebih dari ambang batas ketelitian alat kesehatan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Dilakukan kembali kalibrasi terhadap Sensor Oximeter DS100A dengan data yang lebih banyak sehingga didapatkan nilai persamaan regresi yang lebih linear.
2. Mengembangkan alat deteksi kolesterol ini berbasis *Internet of Things* (IOT), karena mikrokontroler yang digunakan sudah dapat terhubung dengan *wifi*.

DAFTAR PUSTAKA

- Costa, J. Da, Santi, M. R. S., & Trihandaru, S. 2014. Pemanfaatan LED (Light Emiting Dioda) sebagai Pendeteksi Kecerahan Cahaya Matahari. *Seminar Sains dan Pendidikan Sains* 5(1),1-7.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas. Sumatera Barat. 158 hlm.
- Dyan, N. S., & Hidayati, W. 2016. *Buku Panduan Edukasi Kesehatan untuk Masyarakat*. Departemen Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Semarang. 76 hlm.
- Espressif IOT Team. 2023. *Datasheet ESP8266EX*. Espressif Inc. China. 32 hlm
- Fitri, E. Y., & Maisoha, K. 2020. Uji Analisis Alat Ukur Non Invasive Real Time Kadar Kolesterol Darah. *Seminar Nasional Keperawatan "Pemenuhan Kebutuhan Dasar Dalam Perawatan Paliatif Pada Era Normal Baru,"* 1–7.
- Hijriani, A., Muludi, K., & Andini, E. A. 2016. Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung dengan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 11(2), 37.
- Humas BPJS. 2023. *Laporan Pengelolaan Program dan Keuangan BPJS Kesehatan Tahun 2022 (Auditan)*. <https://www.bpjs-kesehatan.go.id/bpjs/arsip/detail/2170>. Diakses pada 21 Juli 2023.
- Irwan. 2011. *Epidemiologi Penyakit Tidak Menular*. Deepublish. Yogyakarta. 122 hlm.
- KEMENKES. 2022. *Kolesterol*. <https://yankes.kemkes.go.id>. Diakses pada 1 Juni 2023.
- Kristiantoro, T., Idayanti, N., Sudrajat, N., Septiani, A., Mulyadi, D., & Dedi. 2016. Ketidakpastian Pengukuran pada Karakteristik Material Magnet Permanen dengan Alat Ukur Permagraph. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 16(1), 1.

- Lopez, S. 2012. Pulse Oximeter Fundamentals and Design. *Freescale Semiconductor*. 1–39.
- Marhaendrajaya, I., Hidayanto, E., Arifin, Z., & Sutanto, H. 2017. Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah non-invasi. *Youngster Physics Journal*, 6(3), 290–295.
- Nurmar'atin, T. 2021. *Deteksi Kadar Kolesterol Dalam Darah Secara Non Invasive Menggunakan Sistem Telemedika Berbasis IOT*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Walisongo. Semarang. 222 hlm.
- P2PTM. 2019. *Buku Pedoman Manajemen Penyakit Tidak Menular*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta Selatan. 101 hlm.
- DJPM RI. 2001. *Pedoman Pengujian Dan Kalibrasi Alat Kesehatan*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta. 105 hlm.
- Saragih, Bernatal. 2017. *Kolesterol dan Usaha-usaha Penurunannya*. Bimotry Yogyakarta. Yogyakarta. 124 hlm.
- Sucandra, M. A. K., & Astiti, N. K. A. P. 2016. *Pulse Oximeter Generasi Terbaru*. Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Bali. 11 hlm.
- Suhaeb, S., Abd Djawad, Y., Jaya, H., Ridwansyah, Sabran, & Risal, A. 2017. *Mikrokontroler dan Interface*. Buku Ajar Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika UNM. Makassar. 200 hlm.
- Utama, R. D., & Indasah. 2021. *Kolesterol dan Penanganannya*. Strada Press. Jawa Timur. 38 hlm.