

ABSTRACT

The importance of monitoring blood cholesterol levels regularly as an effort to prevent cardiovascular disease, which is the main cause of death globally. Conventional methods for measuring cholesterol levels often require blood sampling which is inconvenient and expensive. Therefore, the development of non-invasive detection tools is important to facilitate regular monitoring without the need for needle pricks. In this context, Internet of Things (IoT) technology offers an interesting solution by utilizing optical sensors that can measure cholesterol levels directly from the surface of the skin. This detection tool, designed using the Arduino Uno microcontroller, is expected to provide an easier, faster and more comfortable alternative for users in monitoring their health. Based on the result, with normal cholesterol levels (below 200 mg/dl), the average measurement error is 4.7% with an accuracy of 95.3%. Conversely, for samples with high cholesterol levels (200 mg/dl or more), the average error decreases to 3.5% and accuracy improves to 96.5%. These results demonstrate that the device exhibits lower error and better accuracy at higher cholesterol levels. Additionally, validation results with 100 samples confirm that 100% of measurements align with the expected values, indicating the reliability and consistency of Device 1 in transmitting data to the Blynk application.

Keywords : *Arduino, MAX30102, Blynk, IoT*

ABSTRACT

The importance of monitoring blood cholesterol levels regularly as an effort to prevent cardiovascular disease, which is the main cause of death globally. Conventional methods for measuring cholesterol levels often require blood sampling which is inconvenient and expensive. Therefore, the development of non-invasive detection tools is important to facilitate regular monitoring without the need for needle pricks. In this context, Internet of Things (IoT) technology offers an interesting solution by utilizing optical sensors that can measure cholesterol levels directly from the surface of the skin. This detection tool, designed using the Arduino Uno microcontroller, is expected to provide an easier, faster and more comfortable alternative for users in monitoring their health. Based on the result, with normal cholesterol levels with 7 sample (below 200 mg/dl), the average measurement error is 4.7% with an accuracy of 95.3%. Conversely, for samples with high cholesterol levels with 3 sample (200 mg/dl or more), the average error decreases to 3.5% and accuracy improves to 96.5%. Additionally, validation results with 100 samples confirm that 100% of measurements align with the expected values, indicating the reliability and consistency of Device 1 in transmitting data to the Blynk application.

Keywords : *Arduino, MAX30102, Blynk, IoT*

DAFTAR ISI
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anatomi Jantung [15].....	15
Gambar 2.2 Pembuluh darah Manusia	17
Gambar 2.3 Mode Refleksi PPG, (b) Mode Transmisi.....	19
Gambar 2.4 Arsitektur IoT	22
Gambar 3.1 Arduino UNO.....	24
Gambar 3.2 Sensor MAX30102.....	26
Gambar 3.3 ESP32 NodeMCU	31
Gambar 3.4 OLED LCD	32
Gambar 3.5 Arduino IDE.....	33
Gambar 3.6 Blynk Platform [30]	34
Gambar 3.7 Flowchart Alur Penelitian	36
Gambar 3.8 Blok Diagram Sistem	38
Gambar 3.9 Sistem Perangkat Keras.....	38
Gambar 3.10 Wiring Diagram.....	39
Gambar 3.11 Flowchart perangkat lunak	40
Gambar 3.12 Skenario Validasi Nilai Parameter End to End	42
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras.....	43
Gambar 4.2 Hasil Perancangan Device 1 (Arduino UNO)	44
Gambar 4.3 Hasil Perancangan Device 2 (ESP32)	44
Gambar 4.4 Tampilan Aplikasi Blynk pada Smartphone	45
Gambar 4.5 Accu Check Instant	46
Gambar 4.6 Sample Pengukuran Kadar Kolesterol	46
Gambar 4.7 Sample Validasi End to End.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman Keterkaitan dengan Peneliti Terdahulu	7
Tabel 2.2 Kategori Kadar Kolesterol [6].....	13
Tabel 2.3 Spesifikasi dari Photoplethysmography Signal (PPG Signal)	19
Tabel 3.1 Spesifikasi dari Arduino Uno.....	25
Tabel 3.2 Spesifikasi Pin Konfigurasi Max30102	27
Tabel 3.3 Spesifikasi dari Sensor MAX30102.....	28
Tabel 3.4 Spesifikasi Platform Blynk	35
Tabel 3.5 Koneksi pin antar perangkat	39
Tabel 4.1 Hasil sample pengukuran 1 Orang	47
Tabel 4.2 Rata Rata Error dan Akurasi	47
Tabel 4.3 Hasil Validasi End to End.....	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Peningkatan gaya hidup modern sering kali diiringi oleh pola makan yang kurang sehat, konsumsi makanan berlemak yang berlebih dan kurangnya aktivitas fisik yang menjadi penyebab utama peningkatan kadar kolesterol dalam darah. Kolesterol yang tinggi dapat menjadi penyebab serius penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung dan stroke. Nilai normal kolesterol adalah di bawah 200 mg/dl[1]. Kolesterol tinggi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan plak lemak menumpuk di dalam pembuluh darah dan memicu terjadinya aterosklerosis[2]. Oleh karena itu, Pemantauan rutin kadar kolesterol menjadi hal yang penting untuk mencegah risiko tersebut. Metode tradisional dalam pemantauan kadar kolesterol dapat melalui pemeriksaan di laboratorium rumah sakit yang memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diatasi. Selain biaya yang tinggi, penggunaan peralatan laboratorium yang mahal, dan kebutuhan tenaga ahli medis, proses ini juga memakan waktu yang cukup lama. Kelemahan ini membuat pemantauan rutin dan real-time menjadi sulit dilakukan, sehingga potensi pencegahan penyakit kardiovaskular melalui pemantauan aktif menjadi terbatas[3].

Penelitian [4] membahas tentang pemantauan kadar asam urat, kolesterol, dan gula darah secara non-invasif menggunakan satu sensor tunggal, yaitu sensor Max30100. Dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk melakukan pemrosesan data masukan dan keluaran, lalu hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar LCD, dan data juga akan dikirimkan ke web server dengan bantuan ESP32 sebagai perangkat penyimpanan rekam medis pasien.

Penelitian [5] terkait Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah *non-invasive*. Penelitian ini memanfaatkan sensor oximeter Nellcor DS100a dan mikrokontroler Atmega 8535. Proses pengolahan data dari sensor tersebut melibatkan metode regresi untuk mendapatkan koefisien regresi. Penelitian ini menggunakan teknologi Near-Infrared untuk mengukur kadar kolesterol dalam darah tanpa harus melukai tubuh pasien atau disebut juga metode *non-invasive*. Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan 44 sampel dari kelompok

usia 20 hingga 60 tahun, dan hasilnya menunjukkan tingkat akurasi hingga mencapai 97%. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan alat pengukur kadar kolesterol secara non-invasif dengan menggunakan oximeter Nellcor DS100a dan mikrokontroler Atmega 8535.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian serta mengembangkan alat ukur kadar kolesterol menggunakan metode elektrokimia dengan hasil yang akurat. Maka dari itu, dalam penelitian ini penulis akan mengembangkan sistem pemantauan kadar kolestrol dalam darah yang dapat digunakan mandiri oleh pasien untuk memantau kadar kolesterolnya secara rutin dan real-time menggunakan platform *Blynk*. Adapun perbedaan sistem penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dalam penelitian sebelumnya peneliti tidak menggunakan monitoring, melainkan hanya menampilkan hasil pengecekan di LCD dan mikrokontroler yang digunakan peneliti sebelumnya adalah *Wemos D1 R1*. Sensor Max 30100 dipilih dalam penelitian ini karena memiliki komponen yang mendukung range pengukuran detak jantung dan kadar oksigen *relative* untuk pengukuran kolestrol darah [6].

Lalu parameter yang diukur oleh sensor Max 30100 ada dua yaitu detak jantung (heart rate) dan kadar oksigen dalam darah (SpO2) yang dimana sensor Max 30100 akan mengirimkan cahaya inframerah ke kulit, dan fotodetektor di sensor mendeteksi cahaya yang dipantulkan kembali oleh darah di bawah kulit, Maka sensor akan dapat menghitung detak jantung dan kadar oksigen dalam darah berdasarkan perubahan intensitas cahaya yang terdeteksi. selanjutnya, Akan diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang secara khusus dinyatakan dalam skala Detak jantung (heart rate) biasanya dinyatakan dalam detak per menit (bpm), sedangkan kadar oksigen dalam darah (SpO2) biasanya dinyatakan dalam persentase (%) atau dalam satuan SpO2 [7].

Dengan demikian, alat ini tidak hanya memberikan kenyamanan dalam pemantauan, tetapi juga dapat menjadi langkah proaktif dalam pencegahan penyakit kardiovaskular. Selain itu, alat ini juga dapat membuka potensi integrasi dengan sistem kesehatan digital yang lebih luas, memfasilitasi kolaborasi antara pasien dan penyedia layanan kesehatan dalam manajemen kesehatan pribadi. Penelitian ini juga melibatkan penggunaan platform *Blynk* sebagai penghubung antara sensor

medis dan pengguna. *Blynk* menyediakan layanan server yang memungkinkan pencatatan riwayat pengukuran pasien sebagai rekam medis. Web server *Blynk* terhubung dengan Arduino melalui modul WiFi ESP32, dan hasil pengukuran asam urat, kolesterol, dan gula darah ditampilkan pada aplikasi *Blynk* yang diakses melalui perangkat mobile atau desktop [8] . Selain itu, aplikasi *Blynk* juga memungkinkan pengguna untuk menetapkan batas-batas tertentu untuk kadar kolesterol. Misalnya, pengguna dapat mengatur notifikasi untuk memberi tahu ketika kadar kolesterol melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk tetap waspada terhadap perubahan yang signifikan dalam kadar kolesterol mereka dan segera mengambil tindakan yang diperlukan [9].

Selain fungsi pemantauan, aplikasi *Blynk* juga dapat digunakan untuk tujuan kolaboratif. Misalnya, pengguna dapat membagikan data pengukuran mereka dengan penyedia layanan kesehatan mereka, seperti dokter atau perawat, untuk evaluasi lebih lanjut. Ini memfasilitasi kolaborasi antara pasien dan penyedia layanan kesehatan dalam manajemen kesehatan pribadi, serta memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk memberikan saran dan rekomendasi yang lebih tepat sesuai dengan kondisi kesehatan pasien . Melalui pendekatan ini, diharapkan masyarakat dapat lebih sadar akan kondisi kesehatan mereka dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan untuk menjaga kadar kolesterol dalam batas normal. Ini membuka potensi integrasi dengan sistem kesehatan digital yang lebih luas, memfasilitasi kolaborasi antara pasien dan penyedia layanan kesehatan dalam manajemen kesehatan pribadi[10] .

1.2 RUMUSAN MASALAH

- 1) Bagaimana merancang alat ukur kadar kolesterol dalam darah secara non-invasive berbasis IoT?
- 2) Bagaimana tingkat akurasi yang didapatkan dari alat deteksi kadar kolesterol yang dirancang dengan menggunakan sensor utama Max30102?
- 3) Bagaimana hasil validitas data *End to End* dari alat deteksi kadar kolesterol yang dirancang

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- 1) Fokus penelitian hanya membahas pengukuran alat deteksi kadar kolesterol berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan sensor Max30102.
- 2) Mikrokontroler yang digunakan untuk mengolah data yaitu Arduino Uno dan ESP32 yang terhubung dengan platform *Blynk*.
- 3) Alat ini akan dirancang menggunakan koneksi WiFi ESP32 yang terhubung pada mikrokontroler Arduino Uno untuk mengirimkan data hasil deteksi. Koneksi Bluetooth dan jenis konektivitas lainnya tidak akan diimplementasikan dalam pengembangan alat ini.
- 4) Tidak membahas proses *input user*

1.4 TUJUAN

- 1) Merancang alat deteksi kadar kolesterol dalam darah secara *non-invasive* menggunakan Sensor Max30102 berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32.
- 2) Mengetahui tingkat akurasi alat deteksi kolesterol dalam darah secara *non-invasive* menggunakan Sensor Max30102 dan membandingkan dengan alat standar yang digunakan untuk mendeteksi kadar kolesterol.
- 3) Mengetahui hasil validasi data *End to End* dari alat deteksi kadar kolesterol yang dirancang

1.5 MANFAAT

Penelitian ini memberikan manfaat yang signifikan dalam menyediakan solusi untuk mengukur kadar kolesterol dalam darah secara non-invasive yang dilakukan tanpa melukai bagian kulit. Alat deteksi kadar kolesterol berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32. Dengan penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dan aplikasi *Blynk* memudahkan memonitoring dalam upaya pencegahan kolestrol berubah sewaktu-waktu.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa bab. Bab 1 berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, manfaat dan tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab 2 membahas tentang dasar teori yang berisi kajian pustaka yang berkaitan dengan penelitian, penjelasan mengenai Kolesterol, Detak Jantung, IoT, Sensor Max30102, Software IDE, Arduino Uno ,ESP32, *Blynk*. Bab

3 Berisi metode penelitian, spesifikasi alat yang digunakan, topologi yang digunakan, dan diagram alur penelitian. Bab 4 Berisi hasil dan analisa perancangan alat pendeteksi kolesterol secara non-invasive yang telah dibuat. Bab 5 Berisi kesimpulan mengenai alat yang telah pendeteksi kolesterol secara non-invasive yang telah dibuat serta saran bagi peneliti selanjutnya.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Banyaknya penelitian yang mengkaji kolestrol dalam darah secara non invasive, diantaranya penelitian [11], berhasil dikembangkan suatu sistem pemantauan kadar asam urat, kolesterol, dan gula darah secara non-invasif dengan menggunakan satu sensor tunggal, yaitu sensor Max30102. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk melakukan pemrosesan data masukan dan keluaran. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD, dan data tersebut juga dikirimkan ke web server dengan bantuan ESP32 sebagai perangkat penyimpanan rekam medis pasien.

Selanjutnya penelitian [12] melakukan penelitian yang memanfaatkan sensor oximeter Nellcor DS100a dan mikrokontroler Atmega 8535. Proses pengolahan data dari sensor tersebut melibatkan metode regresi untuk mendapatkan koefisien regresi. Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan 44 sampel dari kelompok usia 20 hingga 60 tahun, dan hasilnya menunjukkan tingkat akurasi hingga mencapai 97%. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan alat pengukur kadar kolesterol secara non-invasif dengan menggunakan oximeter Nellcor DS100a dan mikrokontroler Atmega 8535 .

Dalam penelitian [13] berhasil mengembangkan suatu sistem pemantauan untuk mengukur tingkat kolesterol dan gula darah. Teknologi ini memanfaatkan sensor Nellcor DS-100A dan didukung oleh aplikasi *Blynk*. Untuk menguji keefektifan perangkat ini, sebanyak 20 sampel diujikan secara acak dan dibandingkan dengan perangkat standar, yaitu Autocheck 3-in-1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata akurasi prototipe mencapai 90,26% saat mengukur tingkat kolesterol dan 91,16% saat mengukur tingkat gula darah. Temuan ini menandakan adanya potensi yang besar dalam memperoleh estimasi tingkat kolesterol dan gula darah dengan menggunakan sistem ini. Selain itu, sistem pemantauan ini mampu menampilkan data pada layar LCD aplikasi *Blynk* dengan rata-rata waktu hanya 1,07 detik. Dengan demikian, sistem ini memberikan

kemudahan dan kecepatan dalam menyajikan informasi yang penting bagi pengguna.

Pada penelitian [14], sensor Max30102 berhasil digunakan dan bekerja untuk mengukur detak jantung dan saturasi oksigen yang berhubungan dengan tingkat kelelahan pada tubuh manusia. Hasil penelitian menunjukkan akurasi sebesar 96,2% pada kondisi normal dan 97,95% pada kondisi kelelahan fisik tinggi. Apalagi, ketika mengukur lima partisipan, penelitian ini mencatat akurasi kinerja masing-masing sebesar 98,97% dan 97,42% untuk parameter saturasi oksigen dalam kondisi normal dan kelelahan fisik tinggi. Hasil tersebut cukup akurat karena melebihi nilai persentase 95%. Selain itu, pengukuran detak jantung dengan sensor Max30102 menunjukkan nilai tertinggi 98 denyut per menit dan terendah 74 denyut per menit dengan rata-rata tingkat kesalahan 3,72%.

Penelitian [15], berhasil mengembangkan prototype alat dengan menggunakan sensor DS-100A dan aplikasi *Blynk*. Teknologi ini berguna bagi petugas kesehatan dan dokter karena memungkinkan mereka memantau kondisi pasien dari jarak jauh. Namun keakuratan prototipe alat ini sebesar 82,76% sehingga belum dapat digunakan sebagai alat ukur standar saat ini. Nilai tersebut berada di bawah batas akurasi minimum alat kesehatan untuk penggunaan manusia, yaitu 95% atau kurang. Namun alat ini sangat mungkin mampu mengukur perkiraan kadar kolesterol darah.

Tabel 2.1 Rangkuman Keterkaitan dengan Peneliti Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Metode	Keterangan
1	Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolestrol dan Asam Urat secara Non Invasive menggunakan	Dede Sutarya	Menggunakan metode <i>non-invasive</i> yaitu <i>Photoplethysmography</i> (PPG) setiap gelombang nya mendeteksi perubahan volume darah dalam jaringan tubuh dengan menggunakan cahaya.	Dengan menggunakan sensor Max30102, sistem mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur kadar kolesterol, mencapai

	n Sensor GY-MAX 30100			97,13%. Selain itu, sistem ini mencakup penggunaan server web dengan aplikasi web phpMyAdmin dan pengelolaan database menggunakan MySQL.
2	Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah non-invasive	Indra Marhaendra Jaya	Menggunakan metode <i>non-invasive</i> yaitu <i>Photoplethysmography</i> (PPG) dan melibatkan metode regresi untuk mendapatkan koefisien regresi.	Dengan memanfaatkan sensor oxymeter yang mampu menghasilkan perubahan tegangan pada berbagai medium cairan dan mikrokontroler Atmega 8535 sebagai sistem minimum dalam pengontrolan nilai keluaran dalam bentuk data digital.
3	Karakterisasi Sensor MAX30102	Heni Sumarti, Tria	Metode non-invasif yaitu fotometri atau spektroskopi untuk	Dengan memanfaatkan sensor Nellcor

<p>Sebagai Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Photoplethysmograph</p>	<p>Nurmar'atin ,Hamdan Hadi Kusuma,Isti komah, Irman Sai Prastyo</p>	<p>mengukur tingkat kolesterol dan gula darah.</p>	<p>DS-100A penelitian tersebut menggunakan prinsip optik, seperti spektroskopi, untuk melakukan pengukuran. Proses pengukuran ini melibatkan penggunaan mikrokontroler Arduino Uno R3 untuk mengolah data analog dan menampilkan hasilnya secara digital pada layar LCD berukuran 20 x 4. Data yang telah diproses kemudian dikirim melalui modul NodeMCU 32 ke aplikasi <i>Blynk</i>. Dengan demikian, pengguna dapat</p>
--	--	--	--

				mengakses data secara langsung melalui perangkat Android mereka.
4	Gelang Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet of Things (IoT)	Fitri Dian	Metode pemantauan <i>non-invasif</i> yaitu <i>photoplethysmography</i> (PPG) untuk mengukur detak jantung dan saturasi oksigen pada tubuh manusia, terutama dalam konteks tingkat kelelahan fisik.	Hasil pengukuran sensor MAX30102 mencatat akurasi tinggi dalam mengukur detak jantung dan saturasi oksigen melebihi nilai persentase 95%, baik untuk parameter saturasi oksigen maupun detak jantung, seperti yang tercatat dalam penelitian tersebut.
5	Deteksi Kadar Kolesterol	Tria Nurmar'atin	Menggunakan teknik <i>non-invasif</i> tanpa perlu melakukan tusukan	Sensor oxymeter DS-100A

<p>Dalam Darah Secara Non-Invasive Menggunakan Sistem Telemedika Berbasis IOT</p>		<p>pada jari, penelitian ini menerapkan pendekatan sampling dengan metode (<i>simple random sampling</i>) untuk memilih sampel.</p>	<p>dimanfaatkan untuk mengukur kadar kolesterol dengan menggunakan teknik penyerapan cahaya merah dan inframerah. Penelitian ini melibatkan penggunaan mikrokontroler ATmega328 sebagai pengolah data dan pengelola input, sementara NodeMCU ESP 32 digunakan sebagai modul Wi-Fi. Hasil pengukuran disajikan pada layar LCD berukuran 20 x 4 dan data</p>
---	--	---	--

				dapat dipantau secara langsung melalui aplikasi <i>Blynk</i> berbasis IoT.
--	--	--	--	--

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, Maka pada penelitian kali ini akan dirancang sebuah alat pendeteksi kadar kolesterol menggunakan sensor menggunakan Max30102 dengan mikrokontroler Arduino Uno, yang dilengkapi oleh esp32 sebagai perangkat tambahan mikrokontroler Arduino Uno agar dapat terhubung langsung dengan wifi, Kemudian OLED LCD berfungsi untuk menampilkan data yang diperoleh. Lalu data yang sudah diolah oleh mikrokontroler akan dikirimkan oleh esp32 ke *Blynk* Platform dan akan tampil kedalam *Smartphone*.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Kolesterol dalam Darah

Kolesterol merupakan senyawa lemak atau sering di sebut juga lipid yang esensial dalam tubuh dan aliran darah manusia, senyawa lemak kompleks yang 80% dihasilkan dari dalam tubuh (organ hati) dan 20% sisanya dari luar tubuh (zat-zat makanan). Kolesterol berperan dalam pembaharuan sel dan hormon dalam tubuh. Selain dari hati, kolesterol juga didapat dari makanan yang masuk ke dalam tubuh. Selain itu, Kolesterol juga berfungsi sebagai bahan pembangun beberapa steroid penting, termasuk asam empedu, asam folat, hormon adrenal, estrogen, androgen, dan progesteron [12]. Secara alami, tubuh manusia memproduksi kadar kolesterol yang diperlukan untuk kebutuhan fisiologisnya.

Kolesterol dapat meningkat dalam tubuh sebagai hasil dari asupan makanan yang mengandung lemak hewani, seperti telur, daging, susu, dan keju. Metode pengukuran kolestrol dalam darah juga ada yang secara *invasive* dan *non-invasive*. Secara *invasive* dengan menggunakan test strip alat check darah portable easy touch. Dimana darah yang diambil dari tubuh diletakkan pada strip lalu

selanjutnya alat akan mengukur kadar kolesterol dalam beberapa menit dan hasil pengukuran akan terlihat pada layar alat pengukur, Sedangkan secara *non-invasive* menggunakan teknik spektroskopi inframerah dekat (NIRS) melalui air liur, Metode *Fotoplethysmography* (PPG), Metode Bioimpedansi, Metode Fotoakustik dan Metode Spektroskopi Raman. Yang dalam pengukurannya tidak memerlukan pengambilan sampel darah atau tindakan yang mengganggu kulit atau tubuh secara fisik [13]. Nilai kolestrol dapat bervariasi, Seperti pada table 2.2

Tabel 2.2 Kategori Kadar Kolesterol [6].

Kategori	Nilai (mg/dl)
Normal	< 200
Ambang Batas Tinggi	200 - 239
Tinggi	≥ 240

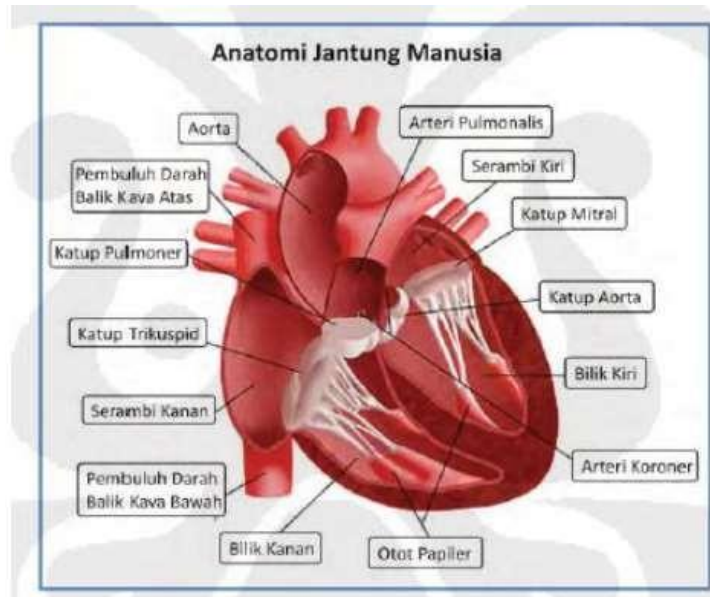
Berdasarkan tabel 2.2, kategorik kadar kolesterol total dalam darah (mg/dl) ke dalam tiga tingkatan risiko. Kategori Normal dengan nilai kurang dari 200 mg/dl, yang menunjukkan risiko rendah terhadap penyakit jantung. Kategori Ambang Batas Tinggi antara 200 - 239 mg/dl, yang mengindikasikan peningkatan risiko dan Kategori Tinggi dengan nilai 240 mg/dl atau lebih, yang menunjukkan risiko signifikan dan sering memerlukan intervensi medis atau perubahan gaya hidup.

2.2.2 Detak Jantung

Jantung merupakan organ vital pada tubuh manusia yang memiliki muatan listrik dan memiliki fungsi memompa darah ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah (arteri dan vena) dengan kontraksi jantung yang berulang dan berirama hingga menghasilkan detak jantung. Detak jantung adalah ritme atau pola denyutan yang terjadi saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh. Setiap detakan jantung dimulai dengan kontraksi otot jantung, yang menyebabkan darah dipompa keluar dari ventrikel dan dialirkan ke arteri utama, seperti aorta dan arteri pulmonalis. Detak jantung diatur oleh sistem listrik alami jantung yang disebut sistem konduksi jantung, di mana sinyal-sinyal listrik dikirim melalui jaringan otot jantung untuk mengoordinasikan kontraksi otot. Frekuensi detak jantung, atau berapa kali jantung berdetak per menit (BPM), dapat bervariasi berdasarkan aktivitas fisik, kondisi emosional, usia, dan kesehatan individu.

Dalam kondisi normal, detak jantung orang dewasa saat istirahat biasanya berkisar antara 60 hingga 100 BPM. Namun, atlet atau individu yang sangat fit mungkin memiliki detak jantung istirahat yang lebih rendah, di bawah 60 BPM, karena efisiensi jantung mereka yang lebih tinggi. Di sisi lain, detak jantung yang terlalu cepat (takikardia) atau terlalu lambat (bradikardia) bisa menjadi tanda adanya masalah kesehatan. Faktor-faktor seperti stres, dehidrasi, infeksi, atau gangguan jantung dapat memengaruhi ritme detak jantung, sehingga pemantauan detak jantung secara berkala menjadi penting untuk mendeteksi potensi masalah kardiovaskular sejak dini.

Pemantauan detak jantung dapat dilakukan dengan berbagai metode, dari palpasi manual pada titik-titik tertentu di tubuh, seperti pergelangan tangan atau leher, hingga menggunakan perangkat elektronik seperti monitor jantung, jam tangan pintar, atau sensor khusus seperti ECG dan PPG. Perangkat ini mengukur detak jantung dengan cara yang berbeda; misalnya, ECG mendeteksi sinyal listrik yang dihasilkan oleh jantung, sementara PPG menggunakan cahaya untuk mendeteksi perubahan volume darah. Data detak jantung yang dikumpulkan dapat memberikan wawasan penting tentang kondisi kesehatan jantung dan sistem kardiovaskular secara keseluruhan, membantu dalam diagnosis dan manajemen penyakit, serta dalam pemantauan kesehatan harian untuk gaya hidup yang lebih sehat. [11]. Detak nadi merupakan siklus yang berulang dari kontraksi dan relaksasi jantung yang memfasilitasi pergerakan darah ke seluruh tubuh. Denyut nadi yang melalui arteri radialis dapat dirasakan di bagian depan pergelangan tangan, arteri temporalis terletak di atas tulang temporal, sementara arteri dorsalis pedis terletak di siku kaki. Oleh karena itu, untuk mengukur detak jantung, dapat dilakukan melalui pembuluh darah arteri dengan menggunakan Elektrokardiogram (EKG), *Photoplethysmography* (PPG), *Phonocardiogram* (PCG), atau Auskultasi [14]. Pemeriksaan detak jantung juga merupakan pemeriksaan yang sangat membantu tenaga kesehatan untuk mendiagnosis kondisi kesehatan pasien.



Gambar 2.1 Anatomi Jantung [15]

Pada gambar 2.1 menunjukkan anatomi jantung yang merupakan organ vital dalam sistem peredaran darah. Jantung terdiri dari dua atrium dan dua ventrikel yang berfungsi sebagai pompa untuk mengatur aliran darah ke seluruh tubuh. Detak jantung normalnya adalah sekitar 60-100 detak per menit (*beats per minute/BPM*), dikendalikan oleh impuls listrik dari nodus sinoatrial di atrium kanan. Pentingnya keseimbangan elektrolit seperti kalium, natrium, dan kalsium juga memengaruhi kinerja jantung. Gambar jantung yang di tunjukkan pada gambar 2.1 juga mencakup pembuluh darah utama seperti aorta, vena kava, dan arteri pulmonalis yang terhubung langsung ke jantung. Ini memberikan gambaran lengkap tentang fungsi dan kinerja jantung serta hubungannya dengan peredaran darah dalam tubuh manusia [16].

2.2.3 Saturasi Oksigen Dalam Darah

Saturasi oksigen merupakan elemen penting dalam perawatan pasien. Oksigen diatur dengan ketat di dalam tubuh karena hipoksemia dapat menyebabkan banyak efek samping akut pada sistem organ individu. Ini termasuk otak, jantung, dan ginjal. Saturasi oksigen merupakan ukuran seberapa banyak hemoglobin yang saat ini terikat pada oksigen dibandingkan dengan seberapa banyak hemoglobin yang tidak terikat. Pada tingkat molekuler, hemoglobin terdiri dari empat subunit protein globular. Setiap subunit dikaitkan dengan gugus heme. Setiap molekul hemoglobin selanjutnya memiliki empat tempat pengikatan heme yang siap

mengikat oksigen. Oleh karena itu, selama pengangkutan oksigen dalam darah, hemoglobin mampu membawa hingga empat molekul oksigen.

Karena sifat kritis konsumsi oksigen jaringan dalam tubuh, penting untuk dapat memantau saturasi oksigen saat ini. Oksimeter denyut nadi dapat mengukur saturasi oksigen. Ini adalah perangkat noninvasif yang dipasang di atas jari seseorang. Ini mengukur panjang gelombang cahaya untuk menentukan rasio kadar hemoglobin teroksigenasi saat ini terhadap hemoglobin terdeoksigenasi. Penggunaan oksimetri denyut nadi telah menjadi standar perawatan dalam kedokteran. Ini sering dianggap sebagai tanda vital kelima. Oleh karena itu, praktisi medis harus memahami fungsi dan keterbatasan oksimetri nadi. Mereka juga harus memiliki pengetahuan dasar tentang saturasi oksigen. Adapun interpretasi hasil pengukuran kadar oksigen di dalam darah dengan oksimeter adalah saturasi oksigen normal: 95–100% dan saturasi oksigen rendah di bawah 95% [17].

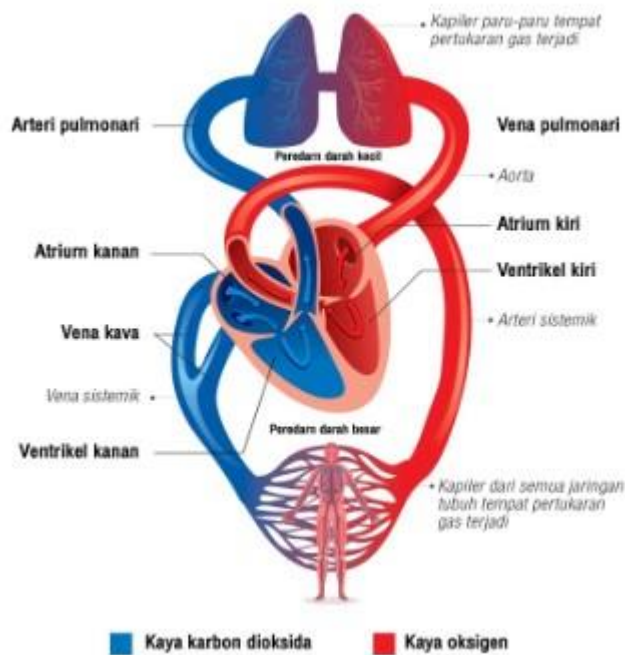
2.2.4 Pembuluh Darah

Pembuluh darah memainkan peran krusial dalam distribusi oksigen ke seluruh tubuh. Melalui arteri, darah yang kaya akan oksigen dari paru-paru dialirkan ke jaringan dan organ, sementara vena mengembalikan darah yang telah kehilangan sebagian besar oksigennya kembali ke jantung dan paru-paru untuk dioksigenasi ulang. Saturasi oksigen, yang merupakan persentase hemoglobin yang terikat dengan oksigen dalam darah, sangat bergantung pada efisiensi fungsi pembuluh darah ini.

Keseimbangan antara oksigen yang dibawa oleh hemoglobin dan distribusinya melalui pembuluh darah sangat penting untuk menjaga saturasi oksigen yang optimal. Jika pembuluh darah mengalami penyempitan atau penyumbatan, aliran darah akan terganggu, yang pada gilirannya dapat menurunkan saturasi oksigen. Kondisi ini bisa menyebabkan hipoksia, yaitu kekurangan oksigen di tingkat jaringan, yang berdampak negatif pada fungsi organ vital.

Selain itu, kelenturan dan kesehatan pembuluh darah juga mempengaruhi saturasi oksigen. Pembuluh darah yang elastis dan bebas dari plak akan memastikan distribusi oksigen yang efisien, sementara kondisi seperti aterosklerosis dapat menghambat aliran darah dan menurunkan saturasi oksigen. Oleh karena itu, menjaga kesehatan pembuluh darah melalui pola makan yang baik, olahraga teratur,

dan kontrol faktor risiko seperti tekanan darah tinggi sangat penting untuk memastikan saturasi oksigen yang optimal dalam tubuh[18].



Gambar 2.2 Pembuluh darah Manusia

Berdasarkan Gambar 2.2 pada sirkulasi darah kecil, darah yang kaya karbon dioksida (diwakili dengan warna biru) dari tubuh dialirkan ke atrium kanan melalui vena kava. Kemudian darah ini dipompa oleh ventrikel kanan ke arteri pulmonari menuju paru-paru. Di paru-paru, darah mengalami pertukaran gas, di mana karbon dioksida dilepaskan dan oksigen diserap. Setelah itu, darah yang kaya oksigen (diwakili dengan warna merah) kembali ke atrium kiri melalui vena pulmonari.

Sirkulasi darah besar dimulai ketika darah kaya oksigen dari atrium kiri dipompa oleh ventrikel kiri melalui aorta ke seluruh tubuh. Darah ini kemudian menyuplai oksigen dan nutrisi ke semua jaringan tubuh. Setelah itu, darah kembali ke jantung melalui vena sistemik sebagai darah kaya karbon dioksida, mengulangi siklusnya. Diagram ini dengan jelas menunjukkan jalur yang dilalui darah, serta perbedaan antara darah yang kaya karbon dioksida dan darah yang kaya oksigen dalam sistem sirkulasi manusia.

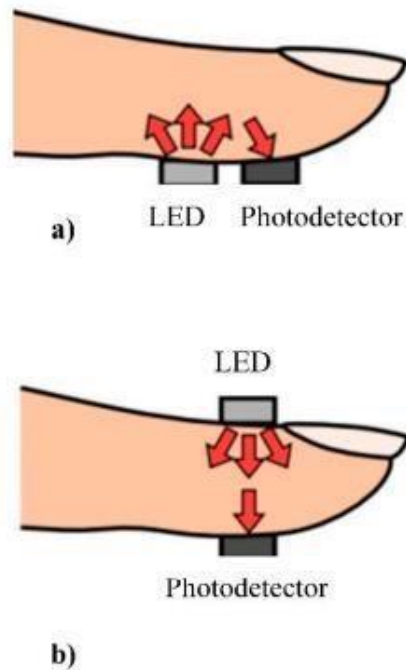
2.2.5 Photoplethysmography Signal (PPG Signal)

Photoplethysmography (PPG) adalah teknik atau metode *non-invasive* yang menggunakan perangkat optik untuk melakukan pengukuran dan biasanya digunakan untuk mengukur perubahan denyut nadi, saturasi oksigen, dan volume

darah. Dalam teknik ini, sumber cahaya dan fotodetektor ditempatkan saling berhadapan untuk mengamati perubahan gelombang nadi sistem *kardiovaskular*. *Photoplethysmography* (PPG) adalah metode optik non-invasif yang digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah di dalam pembuluh darah di dekat permukaan kulit. Sinyal PPG diperoleh dengan memancarkan cahaya, biasanya dari LED, ke jaringan tubuh dan kemudian mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan atau ditransmisikan kembali oleh sensor. Perubahan dalam intensitas cahaya yang terdeteksi ini berkorelasi dengan variasi dalam volume darah yang disebabkan oleh denyut jantung, yang memungkinkan PPG untuk digunakan dalam pemantauan detak jantung, saturasi oksigen dalam darah (SpO₂), serta parameter fisiologis lainnya.

Sinyal PPG terdiri dari dua komponen utama: komponen DC (Direct Current) yang mencerminkan aliran darah statis dan volume darah dasar dalam jaringan, serta komponen AC (Alternating Current) yang mencerminkan perubahan dinamis dalam volume darah yang dihasilkan oleh detak jantung. Komponen AC inilah yang umumnya digunakan untuk mengekstraksi informasi tentang detak jantung dan parameter kardiovaskular lainnya. PPG sangat sensitif terhadap perubahan volume darah, sehingga mampu mendeteksi variasi kecil yang dihasilkan oleh kontraksi dan relaksasi jantung. Namun, karena PPG menggunakan cahaya, sinyalnya dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal seperti gerakan tubuh, suhu kulit, dan kondisi lingkungan, sehingga diperlukan teknik pemrosesan sinyal yang canggih untuk memisahkan informasi yang berguna dari gangguan.

Keunggulan utama PPG terletak pada kesederhanaannya dan kemampuannya untuk digunakan dalam perangkat yang portabel atau wearable, seperti smartwatches dan fitness trackers, yang membuatnya sangat populer dalam aplikasi pemantauan kesehatan sehari-hari. Selain pemantauan detak jantung, PPG juga digunakan untuk mengukur saturasi oksigen (SpO₂) dengan menggabungkan sinyal yang diperoleh dari dua panjang gelombang cahaya yang berbeda, merah dan inframerah. Data dari sinyal PPG dapat dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi pola yang berkaitan dengan kesehatan kardiovaskular, memberikan informasi berharga untuk manajemen kesehatan pribadi, serta deteksi dini dari gangguan kardiovaskular. [19].



Gambar 2.3 Mode Refleksi PPG, (b) Mode Transmisi

Pada gambar 2.3 melakukan pengukuran berbasis optik digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah serta perubahan cahaya yang diserap oleh darah. Metode ini memanfaatkan dua LED dengan warna merah dan inframerah, serta sebuah fotodiode. Fotodiode ini berguna untuk mengukur intensitas cahaya yang berkaitan dengan perubahan volume darah dan cahaya. Penjelasan mengenai PPG dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi dari *Photoplethysmography Signal* (PPG Signal)

Spesifikasi	Deskripsi
Panjang Gelombang	Spektrum merah dan inframerah (misalnya, 660nm dan 940nm)
Tingkat Sampel	Biasanya puluhan hingga ratusan Hz
Amplitudo Sinyal	Bervariasi berdasarkan faktor seperti kekuatan LED dan sifat jaringan
Pemrosesan Sinyal	Penyaringan, koreksi dasar, penghapusan artefak
Kebisingan	Artefak gerakan, cahaya sekitar, interferensi listrik
Output	Gelombang fotoplethysmogram, detak jantung, saturasi oksigen

Aplikasi	Diagnostik medis, pelacakan kebugaran, pemantauan kesehatan yang dapat dipakai
Desain Sensor	Sensor ujung jari, perangkat dipakai di pergelangan tangan, plester dipakai
Kalibrasi	Penting untuk ketepatan, mungkin melibatkan standar referensi
Integrasi	Diintegrasikan ke dalam perangkat yang dipakai atau sistem pemantauan medis

Berdasarkan tabel 2.3, sistem pengukuran sinyal optik menggunakan spektrum merah dan inframerah dengan tingkat sampel hingga ratusan Hz, di mana amplitudo sinyal bervariasi sesuai kekuatan LED dan jaringan. Pemrosesan sinyal mencakup penyaringan dan penghapusan artefak, sementara kebisingan dapat berasal dari gerakan, cahaya sekitar, dan interferensi listrik. Outputnya berupa gelombang fotoplethysmogram, detak jantung, dan saturasi oksigen, yang digunakan dalam aplikasi medis dan pemantauan kesehatan. Desain sensor biasanya berupa perangkat yang dipakai di ujung jari atau pergelangan tangan, dan kalibrasi penting untuk menjaga akurasi. Integrasi memungkinkan perangkat ini digunakan dalam berbagai sistem pemantauan medis.

2.2.6 Internet Of Things (IoT)

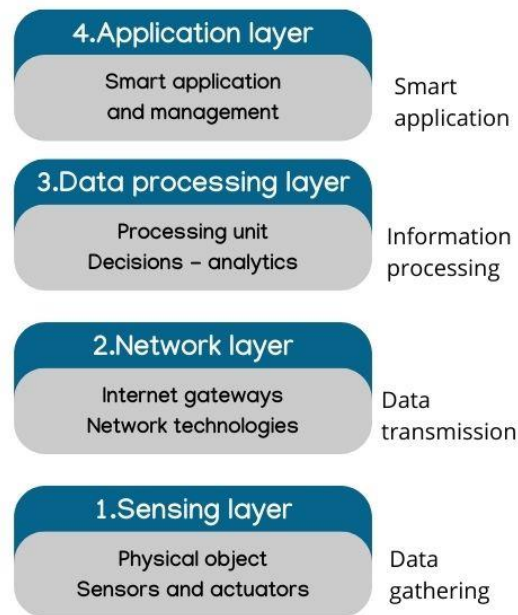
IoT (*Internet of Things*) merupakan konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. IoT mengacu pada teknologi yang terhubung melalui jaringan sensor nirkabel yang mencakup berbagai elemen seperti sensor, aktuator, GPS, dan perangkat seluler. Perangkat seluler atau koneksi WLAN digunakan untuk komunikasi dan transfer data. Oleh karena itu, IoT dapat diartikan sebagai Oleh karena itu, IoT dapat diartikan sebagai sistem global yang menghubungkan berbagai benda fisik dan virtual menggunakan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan layanan inovatif [20]. Adapun 3 sistem dasar dari IoT yaitu :

1. Hardware/fisik (Things)
2. Koneksi Internet

3. Cloud Data Center, Yang merupakan tempat untuk menyimpan atau menjalankan aplikasinya.

Internet of Things bertujuan untuk menawarkan aplikasi dan layanan baru yang menghubungkan dunia fisik dan virtual, di mana komunikasi *Machine-to-Machine* (M2M) merupakan komunikasi dasar yang memungkinkan interaksi antara Things dan aplikasi di *cloud*. Hingga dapat dipahami bahwa *Internet of Things* (IoT) menciptakan kesempatan bagi objek-objek di sekitar kita untuk berinteraksi melalui jaringan, seperti internet. Ini memungkinkan komunikasi antara berbagai perangkat dan aplikasi tanpa terkait dengan batasan fisik. [21].

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep di mana berbagai perangkat dapat terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet untuk memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara otomatis. *Internet of Things* (IoT) adalah jaringan objek atau perangkat fisik, seperti perangkat pintar, peralatan yang dapat dikenakan, kendaraan, dan bangunan, yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak perangkat, dan kemungkinan konektivitas jaringan untuk mengumpulkan dan bertukar data. Tujuan IoT adalah menciptakan sistem perangkat terhubung yang dapat mengotomatiskan proses, mengoptimalkan kinerja, dan memberikan layanan dan pengalaman baru. Arsitektur IoT adalah cara perangkat IoT terhubung, berkomunikasi, dan bekerja sama untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Arsitektur IoT dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Arsitektur IoT

Berdasarkan Gambar 2.4, *IoT Device* terdiri dari perangkat seperti sensor, aktuator, dan perangkat yang dapat terhubung ke internet lainnya. Perangkat ini dapat berkomunikasi dengan jaringan dan layanan melalui protokol komunikasi yang ditentukan oleh lapisan jaringan. Kekuatannya terletak pada kemampuannya melengkapi sensor, mengumpulkan data, dan mentransfernya melalui jaringan. Pada lapisan ini berfungsi perangkat yang mengumpulkan data dengan sensor yang dikirimkan ke aplikasi, maupun mengontrol lingkungan melalui aktuator yang di control melalui aplikasi.

IoT Network terdiri dari perangkat jaringan dan teknologi yang memungkinkan perangkat berkomunikasi dengan internet. Beberapa protokol jaringan yang digunakan di IoT termasuk WiFi, Bluetooth, ZigBee, dan LoRaWAN. Beberapa jaringan tersebut tidak dapat terkoneksi langsung ke internet sehingga memerlukan perangkat IoT yang bernama *Gateway*. *IoT Gateway* berfungsi menyediakan konektivitas antara perangkat *IoT* dan koneksi internet. Selain itu perangkat tersebut juga memungkinkan pemrosesan dan pemfilteran data, mengurangi volume data yang perlu dikirim ke cloud untuk pemrosesan dan penyimpanan terperinci.

IoT Platform terdiri dari perangkat lunak dan layanan yang mengelola data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dan menyediakan berbagai layanan seperti perangkat manajemen, manajemen data, analisis data, dan integrasi dengan layanan

cloud. Streaming pemroses data memastikan bahwa data ditransfer dengan lancar secara efektif dari sumber *input* ke sumber yang dituju tanpa kehilangan atau kerusakan data. *IoT Platform* juga memainkan peran penting dalam pemilihan protokol pengiriman data yang digunakan oleh perangkat IoT.

IoT Application terdiri dari aplikasi dan layanan yang digunakan untuk memproses dan menganalisis data dari perangkat IoT. Aplikasi ini dapat mencakup berbagai bidang seperti manufaktur, pertanian, kesehatan, transportasi dan lain sebagainya. *IoT Application* juga lapisan yang langsung mempunyai relai dengan *user*. Dengan demikian *user* dapat memantau, mengontrol, dan mengotomatisasi perangkat IoT.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN

Pada Laporan Skripsi di sini akan dijelaskan beberapa tahapan cara kerja dari alat yang akan digunakan.

3.1.1. Perangkat Keras

3.1.1.1 Arduino UNO

Mikrokontroler merupakan sebuah sirkuit terpadu (*chip*) yang memiliki kemampuan untuk mengendalikan berbagai komponen elektronik, sensor, ataupun modul WiFi. Contoh mikrokontroler yang umum digunakan adalah AVR dan Arduino. Mikrokontroler memerlukan program untuk menjalankan fungsinya dalam mengendalikan suatu sistem. Bahasa pemrograman yang sering dipakai untuk mikrokontroler adalah bahasa C.

Mikrokontroler memiliki beberapa komponen penting, seperti CPU, memori, *port Input/Output (I/O)*, timer, komunikasi serial dan paralel, serta ADC (*Analog-to-Digital Converter*). Saat ini, mikrokontroler banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti robotika, sistem keamanan, dan peralatan medis [4]. Gambar fisik Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan tabel spesifikasi Arduino dapat dilihat pada tabel 3.1.



Gambar 3.1 Arduino UNO

Tabel 3.1 Spesifikasi dari Arduino Uno

Spesifikasi	Deskripsi
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Kerja	5V
Tegangan Input	7-12V (rekomendasi)
Pin I/O Digital	14 (6 PWM)
Pin Input Analog	6
Arus DC per Pin	20 mA
Arus DC Pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (0.5 KB untuk bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan Clock	16 MHz
Dimensi	68.6 mm x 53.4 mm
Berat	25 g

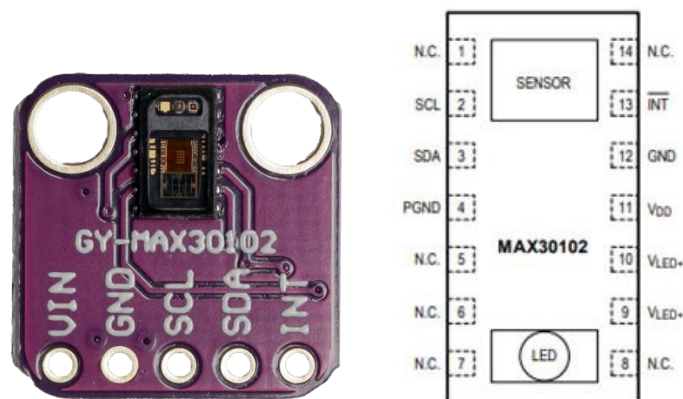
Berdasarkan tabel 3.1, Arduino uno memiliki spesifikasi chip ATmega328P dengan 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM) dan 6 pin input analog. Papan ini memiliki kecepatan clock 16 MHz, memori flash sebesar 32 KB, SRAM sebesar 2 KB, dan EEPROM sebesar 1 KB. Ditenagai melalui koneksi USB atau sumber daya eksternal dengan tegangan 7-12V, Arduino Uno mendukung berbagai protokol komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C, menjadikannya pilihan populer untuk proyek elektronik dan pemrograman.

3.1.1.2 Sensor MAX30102

Karakterisasi sensor diperlukan untuk mengevaluasi sensitivitas sensor MAX30102. Pengujian dilakukan dengan variasi jarak sensor terhadap tegangan keluaran menggunakan voltmeter yang terhubung dengan Esp32. Sensor MAX30102 terdiri dari dua LED dan satu fotodetektor yang terpasang sejajar. Fotodetektor berperan dalam menangkap intensitas cahaya dari sinar LED dan mengubahnya menjadi tegangan listrik. Tegangan tersebut kemudian diolah oleh Esp32. Sensor MAX30102 menggunakan komunikasi serial I2C yang merupakan

jenis komunikasi serial open drain. Pada kondisi sinyal rendah, tegangan menghasilkan nol volt, sedangkan pada kondisi sinyal tinggi, sinyal akan floating [22].

MAX30102 merupakan sebuah sensor yang mengintegrasikan pengukuran kadar oksigen dan detak jantung secara kontinu. Sensor ini terdiri dari dua LED (Infrared dan Merah), Fotodetektor yang dioptimalkan secara optik, dan prosesor sinyal analog dengan tingkat kebisingan yang rendah untuk mendeteksi oksimetri nadi dan denyut jantung. Gambar fisik Sensor MAX30102 dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sensor MAX30102

Berdasarkan gambar 3.2, sensor MAX30102 beroperasi pada tegangan antara 1.8V dan 3.3V dan dapat dinonaktifkan melalui perangkat lunak. Dalam penggunaannya, sensor ini dapat digunakan sebagai alat pemantauan harian, dalam perangkat kebugaran, atau untuk tujuan medis. Sensor MAX30102 adalah modul sensor optik yang dirancang untuk aplikasi pemantauan kesehatan, khususnya dalam pengukuran detak jantung dan tingkat oksigen dalam darah (SpO₂). Sensor ini menggunakan teknologi fotoplethismografi (PPG), yang memanfaatkan cahaya untuk mendeteksi perubahan volume darah di dalam pembuluh darah. MAX30102 dilengkapi dengan dua LED (Light Emitting Diode) – satu berwarna merah dan satu inframerah – serta fotodetektor yang sensitif. LED ini memancarkan cahaya melalui kulit, dan fotodetektor mendeteksi intensitas cahaya yang dipantulkan kembali, yang kemudian diolah untuk menghitung detak jantung dan tingkat oksigen dalam darah.

MAX30102 menonjol dengan kemampuannya dalam pengukuran yang akurat dan respons cepat, meskipun dalam kondisi cahaya sekitar yang bervariasi. Sensor ini memiliki sistem pengurang gangguan sinyal yang canggih, yang memastikan bahwa pengukuran tidak terganggu oleh gerakan atau kondisi lingkungan. Dengan resolusi ADC (Analog to Digital Converter) sebesar 18-bit, sensor ini mampu menghasilkan data dengan ketelitian tinggi. Selain itu, MAX30102 memiliki kemampuan untuk menyesuaikan intensitas LED secara otomatis, yang membantu dalam mengoptimalkan konsumsi daya serta kualitas pengukuran. Sensor ini juga mendukung pengambilan data secara terus-menerus atau dalam interval yang dapat disesuaikan, menjadikannya fleksibel untuk berbagai jenis aplikasi pemantauan.

Dari sisi integrasi, MAX30102 dirancang dengan antarmuka I2C, yang membuatnya mudah dihubungkan dengan berbagai mikrokontroler dan modul pemrosesan data lainnya. Sensor ini juga dirancang untuk efisiensi daya, dengan konsumsi daya yang sangat rendah saat beroperasi, yang menjadikannya ideal untuk perangkat wearable dan aplikasi yang bergantung pada daya baterai. Ukuran modul yang kecil dan kemampuannya untuk bekerja dalam berbagai kondisi suhu (dari -40°C hingga +85°C) membuatnya sangat cocok untuk aplikasi portabel dan lingkungan yang menuntut. Dengan semua fitur dan spesifikasinya, MAX30102 menjadi pilihan yang populer dalam pengembangan perangkat kesehatan yang modern, baik untuk kebutuhan hobi maupun aplikasi medis profesional[23]. Tabel spesifikasi sensor MAX dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Pin Konfigurasi Max30102

Pin	Nama	Fungsi
1,7,8,14	N.C	Stabilitas mekanik dengan menyambungkan ke PCB pad
2	SCL	I2C <i>Clock</i> Masukan
3	SDA	I2C <i>Clock Data, Biredirectional</i>
4	PGND	<i>Ground</i> atau pentanahan
5	IR_DRV	IR LED Katoda & Titik Koneksi Driver LED
6	R_DRV	Katoda LED Merah & Titik Koneksi Driver LED
9	R_LED+	Catu Daya LED Merah

10	IR_LED+	Catu Daya LED IR
11	V _{DD}	Masukan Catu Daya Analog
12	GND	Analog Pentanahan
13	INT	<i>Interrupt Active-Low</i>

Berdasarkan tabel 3.2, Pin MAX30102 memiliki fungsi spesifik. Pin 1, 7, 8, dan 14 (N.C) digunakan untuk stabilitas mekanik dengan menyambungkannya ke PCB pad. Pin 2 (SCL) dan Pin 3 (SDA) berfungsi untuk masukan clock dan data I2C yang bersifat bidirectional. Pin 4 (PGND) digunakan sebagai ground atau pentanahan. Pin 5 (IR_DRV) dan Pin 6 (R_DRV) menghubungkan katoda LED IR dan merah ke titik koneksi driver LED. Pin 9 (R_LED+) dan Pin 10 (IR_LED+) menyediakan catu daya untuk LED merah dan IR. Pin 11 (V_{DD}) merupakan masukan catu daya analog, sedangkan Pin 12 (GND) adalah untuk pentanahan analog. Pin 13 (INT) digunakan untuk interrupt yang aktif rendah (active-low). Spesifikasi sensor MAX 30102 dapat dilihat opada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi dari Sensor MAX30102

Spesifikasi	Deskripsi
Jenis Sensor	Deteksi Detak Jantung dan Oksigen Darah
Teknologi Sensing	Optik (Fotoplethysmography)
Sumber Cahaya	LED Merah (660nm) dan Inframerah (940nm)
Rentang Pemantauan	30 bpm - 250 bpm (detak jantung), 70% - 100% (saturasi oksigen)
Antarmuka	I2C (Inter-Integrated Circuit)
Tegangan Kerja	1.8V - 3.3V
Penggunaan Daya	<1mA (aktif), <1μA (standby)
Output	Data mentah, deteksi denyut jantung, dan saturasi oksigen
Resolusi	16-bit ADC untuk detak jantung dan saturasi oksigen
Dimensi	14mm x 14mm x 3mm

Berdasarkan tabel 3.3, Sensor MAX30102 perangkat yang mampu mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen darah menggunakan teknologi sensing optik Fotoplethysmography (PPG). Sumber cahaya yang digunakan adalah LED merah pada panjang gelombang 660nm dan inframerah pada 940nm, dengan rentang pemantauan 30 bpm hingga 250 bpm untuk detak jantung dan 70% hingga 100% untuk saturasi oksigen. Sensor ini beroperasi pada tegangan kerja 1.8V hingga 3.3V dan menggunakan antarmuka I2C untuk komunikasi data. Dengan konsumsi daya rendah, di bawah 1mA saat aktif dan kurang dari 1 μ A saat standby, sensor ini menghasilkan output berupa data mentah, serta hasil deteksi denyut jantung dan saturasi oksigen, dengan resolusi 16-bit ADC. Dimensinya kompak, yaitu 14mm x 14mm x 3mm, sehingga cocok untuk aplikasi perangkat wearable dan medis.

3.1.1.3 Node MCU Esp32

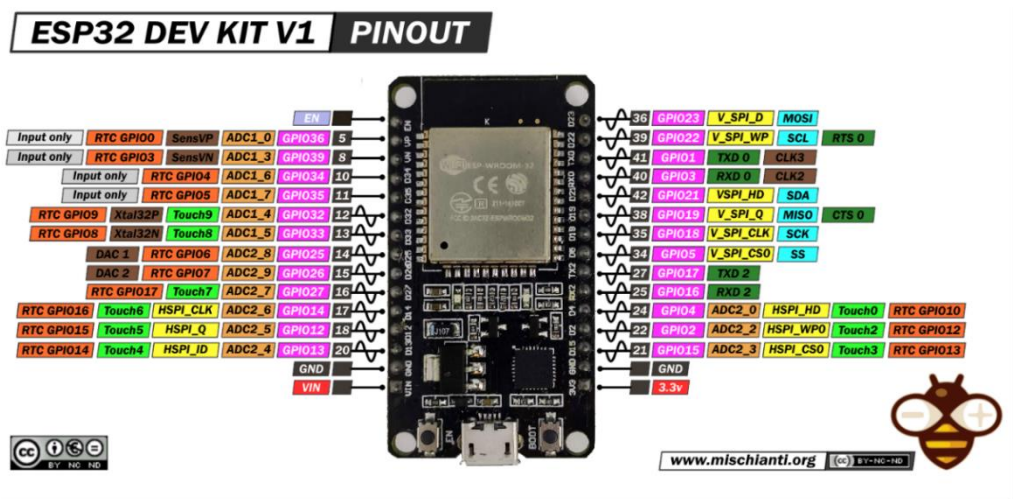
Modul ESP32 merupakan sebuah chip yang telah terintegrasi dengan protokol TCP/IP. Saat ini, dengan berkembangnya teknologi menuju era industri 4.0, ESP32 menyediakan jaringan WiFi yang dapat terhubung dengan perangkat lainnya. Kebutuhan industri saat ini memperhatikan pentingnya modul WiFi ESP32 dalam pengembangan sistem atau inovasi mikrokontroler berbasis IoT (*Internet of Things*) yang dapat diakses melalui komunikasi serial 802.11 b/g/n. ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan dan penyimpanan yang terintegrasi dengan sensor, aplikasi *smartphone*, atau web. Dengan kehadiran Modul ESP32, kini perangkat dapat terhubung secara nirkabel melalui komunikasi serial (UART RX/TX) [4].

Modul ESP32 merupakan firmware interaktif yang berbasis LUA untuk Espressif ESP32 wifi SoC. Selain dapat diprogram dengan bahasa LUA, NodeMCU juga dapat diprogram menggunakan bahasa C melalui Arduino IDE. NodeMCU menggunakan sistem file SPIFFS (Serial Peripheral Interface Flash File System) yang berbasis pada modul flash. ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, yang dikenal sebagai salah satu pilihan populer dalam pengembangan proyek IoT (*Internet of Things*) karena fitur-fitur canggihnya. ESP32 dilengkapi dengan dual-core atau single-core Tensilica Xtensa LX6 microprocessor yang memiliki clock speed hingga 240 MHz, yang

memberikan kinerja yang jauh lebih tinggi dibandingkan pendahulunya, ESP8266. Mikrokontroler ini juga memiliki memori SRAM sebesar 520 KB dan tambahan 448 KB ROM, yang memungkinkannya untuk menjalankan aplikasi yang lebih kompleks dan menyimpan lebih banyak data selama operasi. Selain itu, ESP32 memiliki opsi untuk menambahkan memori eksternal seperti flash atau PSRAM hingga 4 MB, yang semakin memperluas kemampuannya.

Salah satu fitur utama dari ESP32 adalah kemampuan konektivitasnya yang sangat unggul. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2, termasuk BLE (Bluetooth Low Energy), yang membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan konektivitas nirkabel ganda. Fitur ini memungkinkan ESP32 untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari smart home, pelacakan kesehatan, hingga sistem otomatisasi industri. Selain itu, ESP32 juga mendukung sejumlah protokol komunikasi seperti SPI, I2C, UART, dan CAN, serta dilengkapi dengan 34 pin GPIO (General Purpose Input Output) yang bisa dikonfigurasi untuk berbagai fungsi input dan output, termasuk PWM, ADC (Analog to Digital Converter), DAC (Digital to Analog Converter), dan touch sensor.

Dalam hal efisiensi daya, ESP32 dirancang untuk mendukung berbagai mode daya rendah, yang memungkinkan perangkat untuk tetap aktif dengan konsumsi daya yang minimal. Ini termasuk mode deep sleep yang dapat menurunkan konsumsi daya hingga beberapa mikroampere, yang sangat penting untuk aplikasi yang memerlukan operasi jangka panjang dengan daya baterai. Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan sejumlah fitur keamanan seperti enkripsi AES, SHA-2, RSA, dan HMAC, yang memastikan data yang ditransfer melalui jaringan tetap aman dari ancaman siber. Dengan kombinasi spesifikasi yang kuat, kemampuan konektivitas yang luas, efisiensi daya, dan fitur keamanan, ESP32 menjadi pilihan yang sangat serbaguna dan andal dalam pengembangan perangkat IoT modern. [24]. Informasi pin ekspansi pada NodeMCU esp32 dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 ESP32 NodeMCU

Berdasarkan gambar 3.3, pin ekspansi pada ESP32 NodeMCU merupakan antarmuka yang memungkinkan pengguna untuk menambah fungsionalitas melalui modul tambahan atau sensor eksternal. ESP32 NodeMCU memiliki pin digital dan analog yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat seperti sensor, motor, atau modul komunikasi. Beberapa pin ini juga mendukung fitur seperti PWM, I2C, SPI, dan UART, yang memudahkan integrasi dengan komponen lain. Pin ekspansi ini berperan penting dalam proyek IoT karena memberikan fleksibilitas dalam menambahkan berbagai jenis input dan output sesuai kebutuhan aplikasi.

3.1.1.4 LCD OLED

OLED (*Organic Light Emitting Diode*) adalah teknologi tampilan layar di mana setiap piksel memancarkan cahaya sendiri ketika dialiri arus listrik, tidak memerlukan lampu latar seperti LCD. Spesifikasi utama OLED meliputi kontras yang sangat tinggi, sudut pandang luas, respons waktu cepat, dan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan teknologi tampilan lainnya. OLED dapat menghasilkan warna hitam sejati karena piksel dapat benar-benar mati, dan memiliki kemampuan fleksibilitas untuk digunakan pada layar yang melengkung atau dapat digulung. Resolusi, ukuran, dan kecerahan layar OLED bervariasi sesuai dengan aplikasi dan produsen, dengan resolusi umum seperti 128x64 piksel pada modul kecil hingga 4K atau lebih pada televisi dan monitor besar. Gambar fisik OLED LCD dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 OLED LCD

Berdasarkan gambar 3.4, menunjukkan sebuah modul OLED display yang memiliki empat pin untuk koneksi. Pin-pin tersebut terdiri dari GND (Ground) yang berfungsi sebagai referensi tegangan negatif, VCC yang menyediakan tegangan positif untuk daya modul, SCL (Serial Clock Line) yang digunakan sebagai jalur sinkronisasi dalam komunikasi I2C, dan SDA (Serial Data Line) yang digunakan untuk mentransfer data antara mikrokontroler dan layar OLED. Pin-pin ini memungkinkan modul OLED untuk menerima daya dan berkomunikasi dengan mikrokontroler, sehingga data dapat ditampilkan pada layar secara efisien.

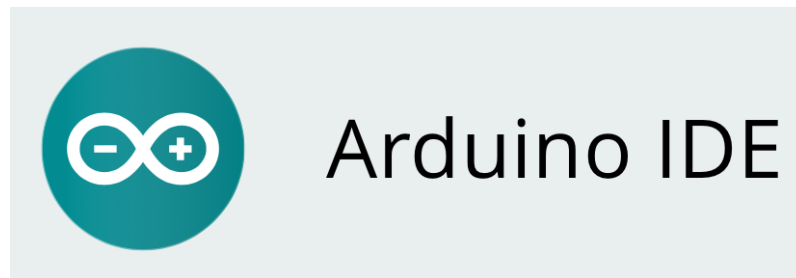
3.1.2. Perangkat Lunak

3.1.2.1 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk memudahkan pengembangan dan pemrograman papan mikrokontroler Arduino. IDE ini menyediakan lingkungan pengeditan teks yang intuitif untuk menulis kode dalam bahasa pemrograman Arduino, yang mirip dengan C/C++. Fitur utama termasuk penyorotan sintaks, indentasi otomatis, dan kemampuan untuk mengelola berbagai sketsa (proyek). Dengan antarmuka pengguna yang sederhana, Arduino IDE memungkinkan pengguna dari berbagai tingkat keahlian, mulai dari pemula hingga profesional, untuk membuat, mengedit, dan memeriksa kesalahan pada kode mereka dengan mudah.

Selain itu, Arduino IDE memungkinkan pengunggahan kode yang ditulis ke papan Arduino melalui koneksi USB dengan hanya beberapa klik. Fitur unggulan

lainnya termasuk Serial Monitor, yang memungkinkan komunikasi serial antara komputer dan papan Arduino, memudahkan pengujian dan debugging. IDE ini juga mendukung berbagai pustaka (libraries) yang memperluas fungsionalitas perangkat keras Arduino, seperti pengendalian sensor, motor, dan modul tambahan lainnya. Tersedia untuk berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux, Arduino IDE dapat diunduh secara gratis dari situs resmi Arduino, menjadikannya alat yang sangat populer dan mudah diakses untuk pengembangan proyek elektronik interaktif. Gambar software arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Arduino IDE

3.1.2.2 Blynk

Blynk adalah platform IoT (Internet of Things) yang memudahkan pengembangan proyek IoT dengan memberikan solusi yang komprehensif untuk menghubungkan perangkat keras dengan aplikasi mobile atau web. Platform ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan berbagai perangkat melalui jaringan internet, yang sangat berguna dalam pengembangan sistem otomatisasi, pengumpulan data, dan kontrol jarak jauh. *Blynk* mendukung berbagai perangkat mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, dan Raspberry Pi, yang memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator untuk menciptakan sistem yang dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar.

Salah satu fitur unggulan *Blynk* adalah antarmuka aplikasi mobile yang intuitif, yang memungkinkan pengguna untuk dengan mudah membuat dashboard kustom sesuai kebutuhan mereka. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat mengontrol perangkat IoT mereka dari mana saja, kapan saja, dengan mengakses berbagai widget seperti tombol, slider, grafik, dan indikator. *Blynk* juga menyediakan *Blynk* Server, yang berfungsi sebagai perantara antara aplikasi dan perangkat keras, memastikan komunikasi yang aman dan andal. *Blynk* menawarkan server cloud

yang dapat digunakan secara gratis, namun bagi pengguna yang memerlukan kontrol lebih besar, *Blynk* juga memungkinkan pengaturan server pribadi.

Di sisi perangkat keras, *Blynk* menyediakan *Blynk Library*, sebuah perpustakaan kode yang memudahkan integrasi perangkat keras dengan platform *Blynk*. Pengguna hanya perlu mengimpor library ini ke dalam proyek mereka dan melakukan beberapa konfigurasi dasar untuk mulai menghubungkan perangkat mereka ke *Blynk Server*. Dengan kemampuan ini, pengguna dapat menciptakan berbagai proyek IoT yang kompleks tanpa perlu menguasai pemrograman yang mendalam. Baik untuk hobi maupun aplikasi profesional, *Blynk* menawarkan solusi yang fleksibel dan skalabel untuk memenuhi berbagai kebutuhan dalam dunia IoT. Platform ini menyediakan layanan cloud untuk menghubungkan perangkat keras dengan aplikasi mobile menggunakan protokol komunikasi seperti Wi-Fi, Bluetooth, atau Ethernet. Ilustrasi platform *Blynk* dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Blynk* Platform [30]

Pengguna juga bisa menggunakan *Blynk* sebagai platform perangkat lunak yang memungkinkan mereka untuk membuat aplikasi ponsel yang terhubung dengan berbagai perangkat seperti mikrokontroler Arduino, Raspberry Pi. Platform ini menyediakan berbagai fitur dan widget yang memungkinkan pengguna untuk membuat antarmuka pengguna yang disesuaikan untuk mengontrol dan memantau perangkat mereka dengan mudah. *Blynk* juga menyediakan berbagai layanan dan integrasi seperti notifikasi push, sinkronisasi data, dan lainnya untuk memperluas fungsionalitas aplikasi IoT. Dengan *Blynk*, pengguna dapat dengan mudah mengakses dan mengelola perangkat IoT mereka dari mana pun, memberikan fleksibilitas dan kenyamanan dalam mengontrol sistem IoT. Fitur platform *blynk* dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Spesifikasi Platform *Blynk*

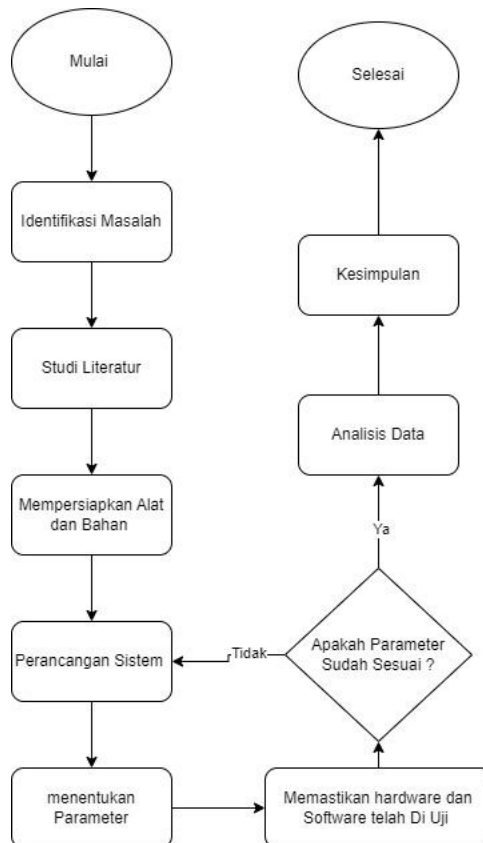
Fitur	Deskripsi
Kompatibilitas Perangkat	Arduino, Raspberry Pi, ESP32, ESP32, dll.
Aplikasi Seluler	Tersedia untuk iOS dan Android, memungkinkan pembuatan UI dan pengendalian perangkat.
Komunikasi	Menggunakan protokol komunikasi cloud untuk menghubungkan perangkat dengan aplikasi seluler.
Widget dan UI Customization	Berbagai widget untuk membuat UI, serta kemungkinan menyesuaikan tata letak dan desain.
Integrasi Cloud	Memungkinkan integrasi dengan IFTTT, Google Sheets, Twitter, dll.
Keamanan	Dilengkapi dengan enkripsi data dan mekanisme otentikasi yang aman.
Kemudahan Penggunaan	Dirancang untuk mudah digunakan dan dikonfigurasi.
Komunitas dan Dokumentasi	Komunitas pengguna aktif dan dokumentasi kaya.

3.2 ALUR PENELITIAN

Untuk menghasilkan proses perancangan yang sesuai dengan alur penelitian, penelitian ini memiliki beberapa tahapan: mencari literatur, merancang sistem yang akan dibuat, termasuk perancangan *hardware* dan *software*, melakukan pengujian dengan parameter yang digunakan, dan membuat hasil pengujian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang mengukur kadar kolesterol darah secara akurat dan non-invasif secara real-time melalui platform *Blynk* yang terhubung langsung ke *Internet of Things* (IoT), serta untuk mengambil kesimpulan tentang kinerja dan hasilnya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alat ukur kolesterol *non-invasive* yang nantinya akan

menampilkan hasil pengukuran kadar kolesterolnya di LCD dan di platform *Blynk*. Hasil penelitian ini yang nantinya diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam memantau kadar kolesterol darah secara real-time dan mengintegrasikan data tersebut ke dalam sistem kesehatan digital, sehingga dapat membantu dalam pengelolaan kesehatan dan pencegahan penyakit terkait kolesterol berbasis IoT. Alur penelitian tersebut digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Flowchart Alur Penelitian

Berdasarkan gambar 3.7, pada penelitian ini memiliki alur tahapan yang diawali dengan mengidentifikasi permasalahan yang melatarbelakangi pembuatan tugas akhir ini. Dari permasalahan yang ada, maka dicari solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut yaitu dengan merancang alat monitoring kadar kolesterol darah. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, diperlukan studi literatur sebagai acuan referensi dan mendapatkan informasi. Kemudian beberapa referensi tadi akan dikaji dan dibuat pertimbangan dalam menentukan alat yang akan digunakan untuk mendeteksi kadar kolesterol nantinya, yang dimana dalam penelitian ini menggunakan pendeteksi alat kolesterol dalam darah dengan

memanfaatkan sensor Max30102 yang didesain dan di hubungkan ke platform *Blynk*.

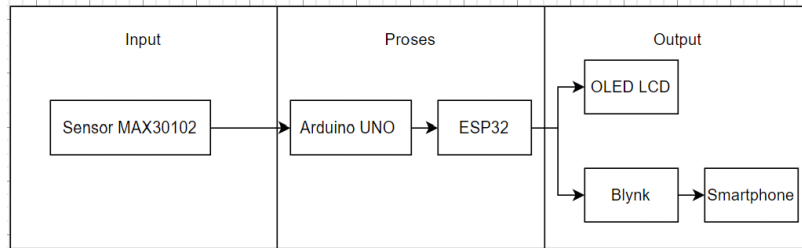
Selanjutnya menyiapkan alat dan bahan yang tadi telah dipilih, lalu alat dan bahan tersebut dikaji untuk mendapatkan spesifikasinya agar mempermudah perancangan. Tahap berikutnya yaitu merancang hardware (perangkat keras) dan software (perangkat lunak). Perancangan hardware yang terdiri dari sensor utama yaitu Max30102 yang dipadukan dengan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah data, lalu data akan dikirimkan ke ESP 32 melalui input 'tx rx', kemudian dari ESP 32 data tersebut diambil dan dikirimkan ke Platform *Blynk* menggunakan 'API' dan secara bersamaan akan muncul tampilan output juga di LCD.

Setelah perancangan seluruh sistem dibuat, tahap berikutnya yaitu melakukan pengujian sistem. Pengujian sistem pada penelitian kali ini adalah dengan hanya melibatkan penderita kolesterol dengan rentan usia Dewasa – Lansia selanjutnya akan dikaji dan dikaitkan dengan uji akurasi alat serta akan di bandingkan dengan alat pembanding pengukuran invasive yaitu Easy Touch GCU Meter *Device*. Jika proses pengujian alat rancangan telah dinyatakan berhasil, maka akan dilakukan proses analisis. Namun, jika proses pengujian alat rancangan belum berhasil dan masih didapati hal yang tidak sesuai, maka akan kembali ke tahapan perancangan sistem dan meneliti kembali kesalahannya dimana. Proses ini akan terus dilakukan sampai mendapatkan hasil yang diinginkan.

Tahap selanjutnya adalah mengambil data hasil pengujian yang berhasil, kemudian akan di analisis untuk mengetahui presentase error yang di peroleh dan dari hasil presentase error tadi akan mengetahui berapa akurasi alat yang dirancang. Kemudian analisis tersebut akan dijadikan kesimpulan apakah alat itu nantinya layak di jadikan sebagai alat pendeteksi kadar kolesterol atau tidak. Pada akhir penelitian akan di berikan saran juga oleh peneliti agar peneliti selanjutnya dapat mengembangkan sistem dan agar lebih memperhatikan point penting yang mungkin akan di cantumkan di saran nantinya.

3.3 PERANCANGAN SISTEM

Ilustrasi dari diagram blok pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.8.



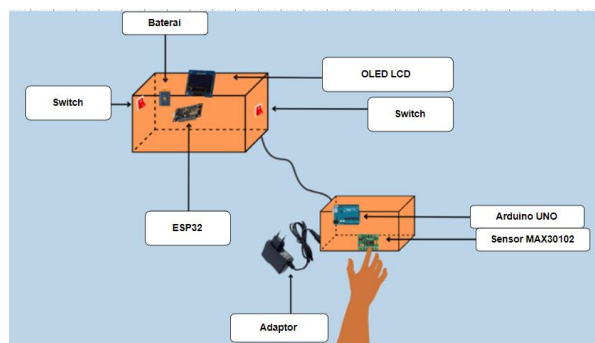
Gambar 3.8 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.8, dijelaskan bahwa input daripada sistem pengukuran kadar kolestrol menggunakan sensor Max30102 setelah itu akan diproses oleh mikrokontroler arduino uno yang sudah dilengkapi oleh ESP32. Selanjutnya, data yang sudah diolah oleh mikrokontroler akan dikirimkan oleh ESP32 ke *Blynk* Platform dan akan tampil kedalam Smartphone dan OLED LCD.

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras

3.3.1.1 Ilustrasi Perangkat

Perangkat sensor terdiri dari 2 bagian antara lain *Device 1* dan *Device 2*. *Device 1* meliputi perangkat yang berfungsi untuk sensor. Sedangkan *Device 2* berfungsi untuk mengirimkan informasi pada aplikasi *Blynk* via Wi-Fi. Ilustrasi engkap dapat dilihat pada Gambar 3.9.

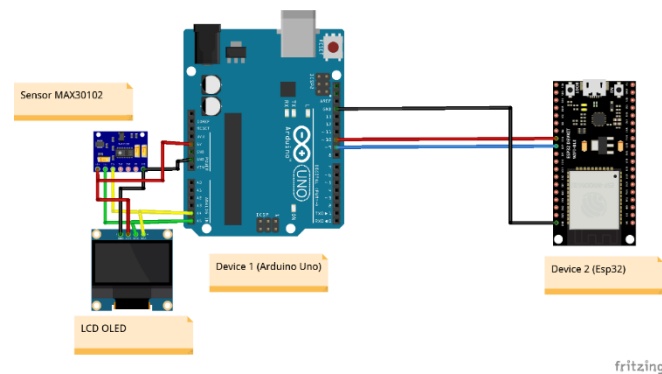


Gambar 3.9 Sistem Perangkat Keras

Pada gambar 3.9 diatas merupakan serangkaian bentuk gambaran *prototype* yang akan diimplementasikan. Dari skema diatas, dimana sensor Max30102 akan dihubungkan dengan Arduino Uno , lalu data yang telah didapatkan oleh Arduino Uno akan dikirimkan ke ESP32 untuk diproses serta dikirimkan kedalam *Blynk* Platform dan akan ditampilkan ke dalam sebuah *Smartphone* dan OLED I2C. Serta, kebutuhan daya untuk menghidupkan sebuah OLED LCD dan ESP32 dibutuhkan daya sekitar 9 Volt.

3.3.1.2 Wiring Diagram

Koneksi antar perangkat dapat diilustrasikan menggunakan *wiring diagram* yang dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Wiring Diagram

Berdasarkan Gambar 3.10 , diketahui bahwa perangkat terdiri dari 2 *Device* , *Device* pertama terdiri dari Arduino UNO , OLED LCD, dan Sensor MAX30102. *Device* 2 hanya terdiri dari ESP32 yang dikoneksikan dengan Arduino UNO melalui komunikasi UART. Koneksi antar pin pada perangkat dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Koneksi pin antar perangkat

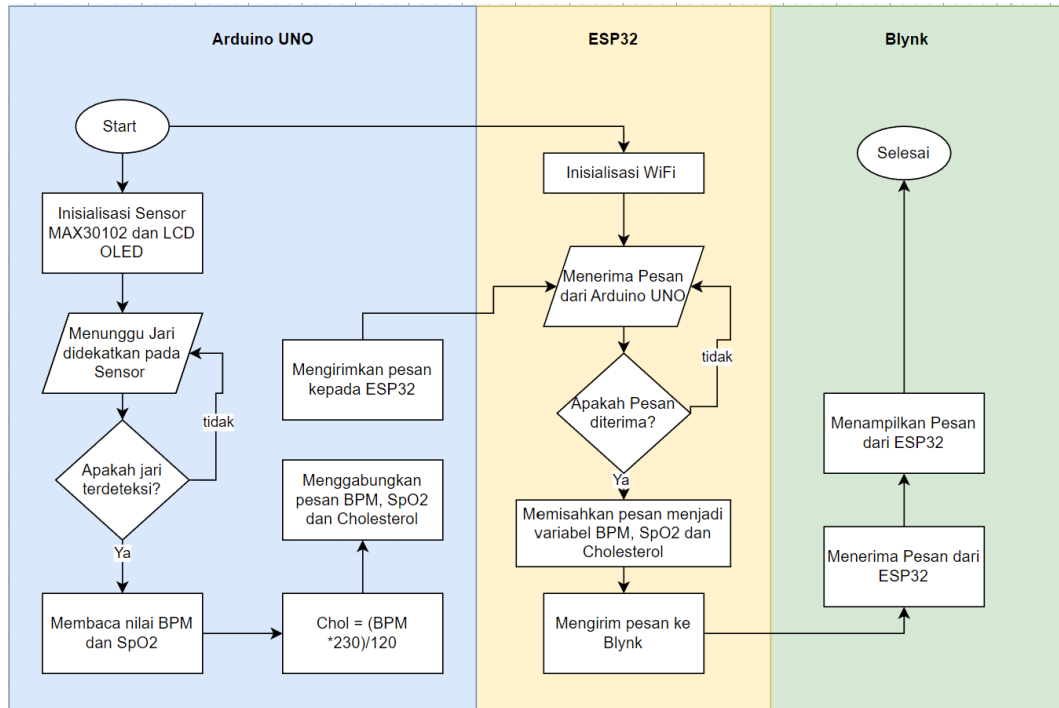
OLED LCD	Sensor MAX30102	Arduino UNO	ESP32
VIN	VIN	5V	-
GND	GND	GND	GND
SDA	SDA	A4	-
SCL	SCL	A5	-
		D10	D16
		D9	D17

Tabel 3.5 menunjukkan koneksi antara OLED LCD, sensor MAX30102, Arduino UNO, dan ESP32. OLED LCD dan sensor MAX30102 dihubungkan ke pin VIN dan GND untuk tegangan dan ground. Pada Arduino UNO, komunikasi I2C antara OLED LCD dan sensor menggunakan pin A4 (SDA) dan A5 (SCL), sementara pin digital D9 dan D10 digunakan untuk sinyal lainnya. Pada ESP32, pin GND, D16, dan D17 terhubung, tetapi tidak ada koneksi SDA dan SCL yang

ditunjukkan, yang berarti ESP32 mungkin memerlukan konfigurasi tambahan untuk komunikasi I2C.

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alur pada perancangan perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Flowchart perangkat lunak

Pada gambar 3.11 ini menjelaskan diagram alur dari perencanaan Perangkat Lunak yang di buat pada sistem ini. Bagian pertama dimulai dengan Arduino UNO yang menginisialisasi sensor MAX30102 untuk membaca data detak jantung (BPM) dan oksigen dalam darah (SpO2), serta LCD OLED untuk menampilkan informasi tersebut. Sistem ini menunggu pengguna meletakkan jarinya pada sensor. Setelah jari terdeteksi, sensor membaca nilai BPM dan SpO2, lalu menghitung nilai kolesterol berdasarkan rumus yang diberikan. Data-data tersebut kemudian digabungkan menjadi satu pesan yang dikirimkan ke ESP32. Untuk membaca nilai kolesterol dengan nilai BPM seperti pada persamaan 1. Persamaan yang diberikan menunjukkan antara detak jantung per menit (BPM) dan kadar kolesterol, di mana kolesterol dihitung dengan membandingkan nilai BPM dengan nilai referensi 120 BPM, kemudian mengalikannya dengan 230 mg/dl. Jika BPM sama dengan 120, maka kadar kolesterol yang dihasilkan adalah 230 mg/dl.

$$\text{Kolesterol} = \frac{\text{Nilai BPM}}{120 \text{ BPM}} \times 230 \text{ mg/dl} \quad (1)$$

Selanjutnya, bagian ESP32 menginisialisasi koneksi WiFi untuk berkomunikasi dengan platform *Blynk*. ESP32 menerima pesan dari Arduino UNO dan memeriksa apakah pesan tersebut telah diterima. Jika pesan diterima, ESP32 memisahkan pesan menjadi variabel individu untuk BPM, SpO2, dan kolesterol. Setelah itu, variabel-variabel ini dikirimkan ke aplikasi *Blynk* untuk ditampilkan. Bagian ini memastikan bahwa data yang dikirimkan oleh Arduino UNO dapat diproses dan dikirimkan secara nirkabel ke aplikasi *Blynk*.

Bagian terakhir adalah *Blynk*, yang menerima dan menampilkan pesan yang dikirimkan oleh ESP32. *Blynk* menampilkan data BPM, SpO2, dan kolesterol kepada pengguna. Setelah data ditampilkan, proses berakhir. Diagram alir ini menunjukkan alur data dari sensor hingga aplikasi, dengan masing-masing komponen memainkan peran penting dalam sistem monitoring kesehatan yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kesehatannya secara real-time melalui aplikasi *Blynk*.

3.4 PENGUJIAN SISTEM

3.4.1 Pengujian Akurasi Sensor MAX30102

Pengujian sensor Max30102 dilakukan dengan pengujian akurasi alat. Dalam pengujian ini, dilakukan pengambilan 10 sampel untuk mengukur kadar kolesterol dalam darah. Pengambilan sampel dilakukan dengan dua cara. Pertama, dilakukan pengambilan sampel darah sebanyak sekali dengan menggunakan alat ukur *invasive (ACCU-Check Instan)*. Kedua, dilakukan pengambilan sampel sebanyak 10 kali dengan menempelkan ujung jari telunjuk pada sensor alat ukur *non-invasive* untuk mengukur kadar kolesterolnya. Nilai persentase kesalahan alat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2), dengan nilai rata-rata persentase kesalahan alat yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3), dan menghitung akurasi alat menggunakan persamaan (4).

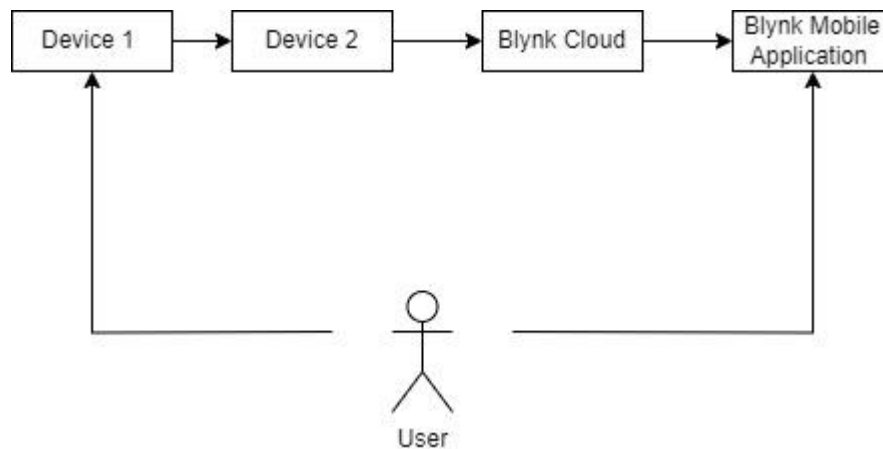
$$\text{Error}(\%) = \frac{|\text{Nilai Sensor Invasive} - \text{Nilai Sensor Non Invasive}|}{\text{Nilai Sensor Invasive}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Rata Rata Error(\%)} = \frac{\sum \text{Error}}{\text{Jumlah Data}} \quad (3)$$

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{Error(\%)} \quad (4)$$

3.4.2 Validasi *End to End*

Ilustrasi validasi *End to End* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Skenario Validasi Nilai Parameter *End to End*

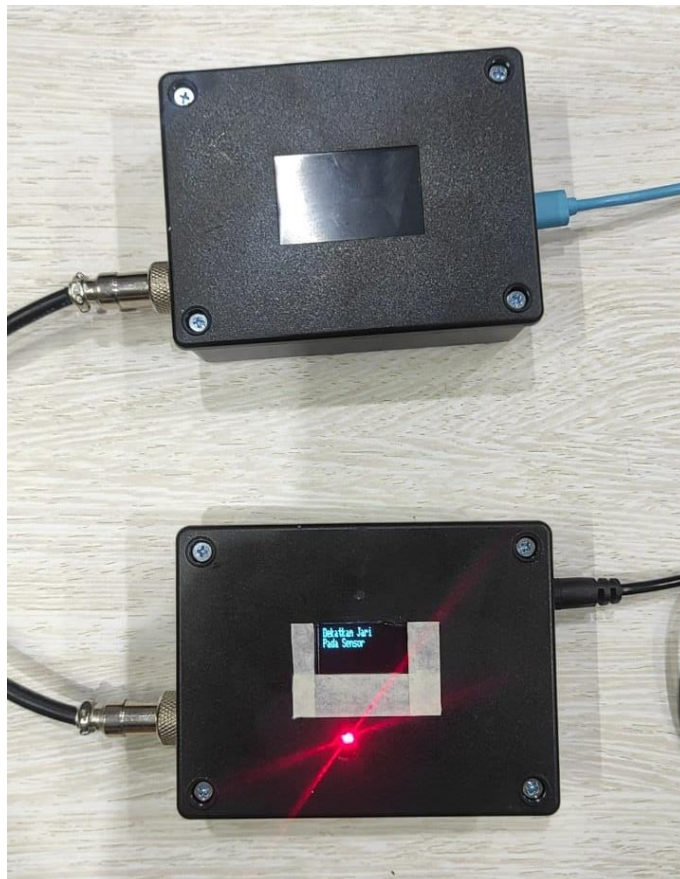
Validasi *End to End* dilakukan dengan cara melakukan validasi nilai yang terdapat pada sensor yang dapat dilihat pada LCD OLED, dan divalidasi dengan nilai yang ditampilkan pada aplikasi *Blynk*. Validasi dilakukan sebanyak 100 sample, dimana alat dinyatakan valid ketika semua nilai yang di kirim dari *device* 1 sesuai dengan nilai yang tertampil pada aplikasi *Blynk*.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini ada beberapa perancangan diantaranya hasil perancangan perangkat keras. Hasil perancangan perangkat dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

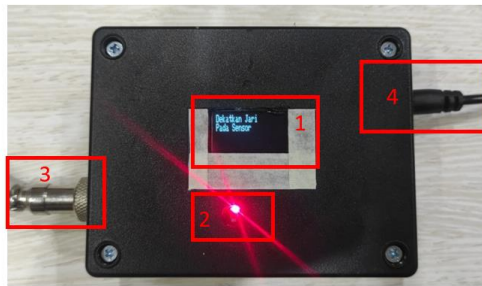
Gambar 4.1 merupakan hasil perancangan perangkat yang digunakan untuk Melakukan pengukuran kadar kolesterol *non-invasive* dengan Sensor MAX30102 berbasis Arduino Uno dan Esp32 pada aplikasi *Blynk*.

4.1.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

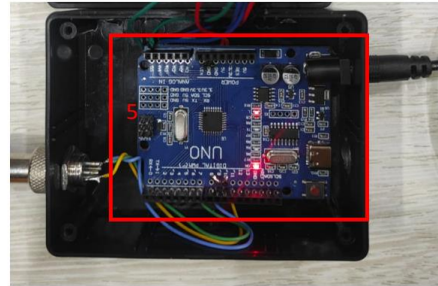
Berikut merupakan hasil instalasi pada perancangan perangkat keras sesuai dengan diagram pada metode penelitian

4.1.1.1 Hasil Perancangan *Device 1*

Hasil perancangan *Device 1* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Box tertutup



Box Terbuka

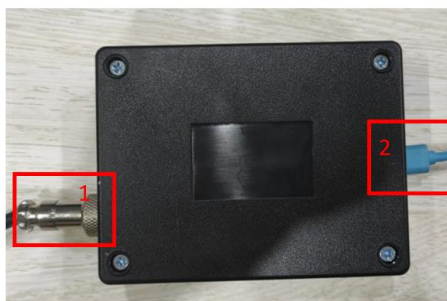
Gambar 4.2 Hasil Perancangan *Device 1* (Arduino UNO)

Pada Gambar 4.2 terdapat 5 perangkat pada *Device 1* antara lain :

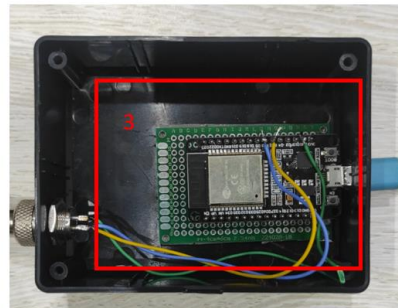
1. OLED LCD
2. Sensor MAX30102
3. Konektor (Komunikasi UART ke ESP32)
4. Input Adaptor
5. Arduino UNO

4.1.1.2 Hasil Perancangan *Device 2*

Hasil perancangan *Device 2* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Box tertutup



Box Terbuka

Gambar 4.3 Hasil Perancangan *Device 2* (ESP32)

Pada Gambar 4.3 terdapat 3 perangkat pada *Device 2* antara lain :

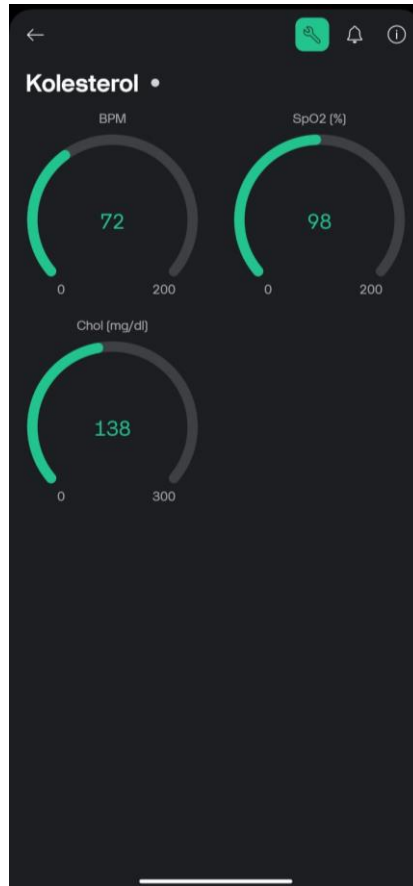
1. Konektor (Komunikasi UART dari Arduino UNO)
2. Input Adaptor USB Micro
3. ESP32

4.1.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Berikut merupakan hasil instalasi pada perancangan perangkat lunak sesuai dengan diagram pada metode penelitian

4.1.2.1 Dashboard Aplikasi *Blynk* pada Smartphone

Hasil perancangan dashboard pada aplikasi *Blynk* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4.4 Tampilan Aplikasi *Blynk* pada Smartphone

Berdasarkan gambar 4.4 diketahui tampilan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* menampilkan 3 data yaitu BPM, SpO2, dan *Cholesterol*. Data tersebut data dari sensor yang diterima oleh *Blynk Cloud* dan ditampilkan dalam bentuk *User Interface Gauge*.

4.2 HASIL PENGUJIAN SISTEM

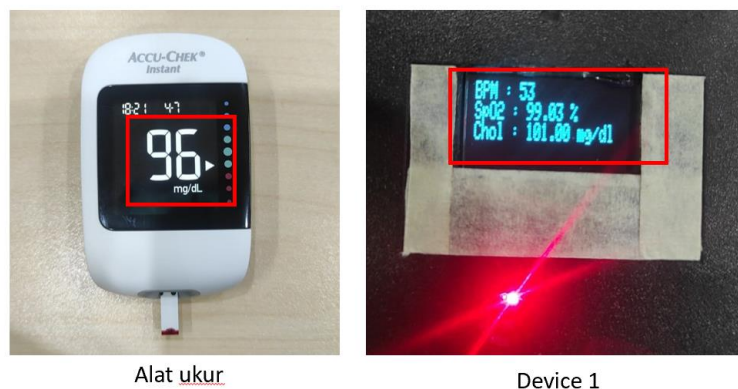
4.2.1 Hasil Pengujian akurasi Sensor MAX30102

Pengujian Akurasi Sensor MAX30102 dilakukan dengan membandingkan pengukuran kadar kolesterol yang dihasilkan dari pengukuran *Device 1* dengan nilai kadar kolesterol yang dihasilkan oleh alat konvensional *ACCU Check Instan* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Accu Check Instant

ACCU Check Instant adalah alat cek kolesterol yang dirancang untuk penggunaan di rumah. Alat ini menggunakan teknologi fotometri reflektansi untuk akurasi pengukuran kolesterol dalam darah. Hasil pengukuran dapat diperoleh dalam waktu sekitar 3 menit, dan alat ini memiliki kapasitas memori untuk menyimpan hingga 100 hasil pengukuran lengkap dengan tanggal dan waktu. Pengambilan sampel darah yang diperlukan sangat sedikit, hanya sekitar 0,6 mikroliter, memudahkan pengguna dalam proses pengujian. ACCU Check Instant mampu mengukur rentang kolesterol total mulai dari 0 hingga 20 mmol/L (0-800 mg/dL), menjadikannya pilihan yang praktis dan efisien untuk memantau kadar kolesterol secara mandiri. Pada tahap ini dilakukan pengukuran menggunakan ACCU Check Instant pada 10 sample orang (setiap orang 1 kali pengukuran) dan dibandingkan dengan hasil pengukuran pada *Device 1* (Setiap orang 10 kali pengukuran). Hasil pengukuran pada 1 sample orang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.1.



Gambar 4.6 Sample Pengukuran Kadar Kolesterol

Berdasarkan Gambar 4.6, diketahui bahwa hasil pengukuran alat ukur mendapatkan nilai 96 mg/dl dan hasil pengukuran *Device 1* mendapatkan nilai 101.00 mg/dl . berdasarkan itu maka nilai error pengukuran dapat diketahui menggunakan persamaan 2 seperti pada kalkulasi 1 dan hasilnya pada tabel 4.1.

$$\text{Error}(\%) = \frac{|\text{Nilai Sensor Invasive} - \text{Nilai Sensor Non Invasive}|}{\text{Nilai Sensor Invasive}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Error}(\%) = \frac{|96 - 101|}{96} \times 100$$

$$\text{Error}(\%) = \frac{|96 - 101|}{96} \times 100$$

$$\text{Error} = 5,2 \%$$

Tabel 4.1 Hasil sample pengukuran 1 Orang

Sample 1			
No	Alat ukur (mg/dl)	<i>Device 1</i> (mg/dl)	Error
1	96	101	5,2%
2		93	3,1%
3		98	2,1%
4		110	14,6%
5		105	9,4%
6		97	1,0%
7		103	7,3%
8		95	1,0%
9		93	3,1%
10		107	11,5%
Rata Rata Error			5,8%

Berdasarkan tabel 4.1, nilai rata rata error pada 10 sample pengukuran *Device 1*, dibanding dengan pengukuran alat ukur pada Sample 1 orang mendapatkan nilai Error sebesar 5,8%. Hasil data pengukuran error dan akurasi dari 10 sample orang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rata Rata Error dan Akurasi

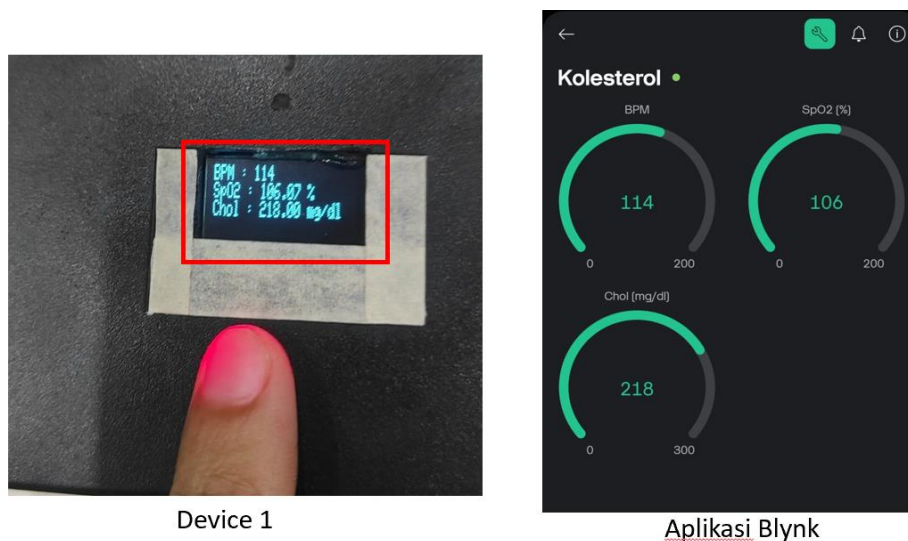
Sample	Nilai Alat Ukur (mg/dl)	Tingkat Kolesterol	Rata Rata Error	Rata Rata Akurasi
1	96	Normal	5,8%	94,2%
2	127	Normal	4,2%	95,8%
3	196	Normal	3,9%	96,1%
4	240	Tinggi	4,2%	95,8%

5	146	Normal	4,5%	95,5%
6	178	Normal	5,8%	94,2%
7	155	Normal	4,5%	95,5%
8	201	Tinggi	2,9%	97,1%
9	210	Tinggi	3,5%	96,5%
10	142	Normal	5,8%	94,2%
Rata Rata			4,5%	95,5%

Berdasarkan Tabel 4.2 , Dari hasil pengukuran 10 sample orang , dan setiap sample orang dilakukan 10 kali pengukuran pada *Device 1*. Dari analisis tersebut, ditemukan bahwa pengukuran terbagi menjadi dua kategori berdasarkan tingkat kolesterol yaitu Normal dan Tinggi. Rata-rata error pengukuran keseluruhan adalah sebesar 4,5%, dengan rata-rata akurasi mencapai 95,5%. Lebih lanjut, untuk sampel-sampel dengan tingkat kolesterol "Normal" sebanyak 3 sample (nilai di bawah 200 mg/dl), rata-rata error pengukuran adalah 4,7% dengan akurasi 95,3%. Sementara itu, untuk sampel-sampel dengan tingkat kolesterol "Tinggi" (nilai 200 mg/dl atau lebih), rata-rata error yakni 3,5% dengan akurasi yang sedikit lebih tinggi mencapai 96,5%.

4.2.2 Hasil Validasi Nilai *End to End*

Validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil nilai pembacaan pada pada *Display Device 1* dengan nilai yang tertampil pada *smartphone* aplikasi *Blynk* dengan jumlah sample data sebanyak 100 data. Sample validasi data dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Sample Validasi *End to End*

Berdasarkan gambar 4.7 , validasi dilakukan dengan memastikan nilai pada hasil pengukuran *device 1* dengan nilai pada aplikasi *Blynk* sesuai. Hasil pengujian validasi *End to End* dilakukan sebanyak 100 sample dengan hasil singkat yang dapat dilihat pada tabel 4.3 dan hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.3 Hasil Validasi *End to End*

Sample	<i>Device 1</i>			<i>Blynk</i>			Hasil Validasi
	BPM	SpO2	Chol	BPM	SpO2	Chol	
1	114	106	218	114	106	218	Sesuai
2	88	103	169	88	103	169	Sesuai
3	54	102	104	54	102	104	Sesuai
4	60	107	115	60	107	115	Sesuai
.....
.....
99	56	93	107	56	93	107	Sesuai
100	73	100	140	73	100	140	Sesuai

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa hasil validasi dengan 100 sample , didapatkan hasil nilai 100% sesuai, sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat *Device 1* berhasil mengirimkan data pada aplikasi *Blynk* dengan baik.

BAB 5

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengukuran secara keseluruhan menunjukkan rata-rata error sebesar 4,5%, dengan akurasi mencapai 95,5%, menandakan perangkat memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengukuran kolesterol.
2. Pada sampel dengan tingkat kolesterol Normal dengan jumlah sample 3 (di bawah 200 mg/dl), rata-rata error pengukuran adalah 4,7% dengan akurasi 95,3%. Sebaliknya, pada sampel dengan tingkat kolesterol Tinggi (200 mg/dl atau lebih), rata-rata error lebih rendah yaitu 3,5% dengan akurasi lebih tinggi mencapai 96,5%.
3. Hasil validasi dengan 100 sampel menunjukkan bahwa nilai 100% sesuai dengan pengukuran yang diharapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat *Device 1* berhasil mengirimkan data ke aplikasi *Blynk* dengan baik, menunjukkan kehandalan dan konsistensi perangkat dalam proses pengiriman data.

5.2 SARAN

Dari penelitian analisa dan pengujian terhadap keseluruhan alat masih terdapat beberapa kekurangan yang dapat dilakukan penelitian lebih lanjut. Berikut merupakan saran yang telah dibuat oleh penulis :

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan lagi dari penelitian ini seperti penambahan kualitas layanan maupun keamanan pada pengiriman data.
2. Untuk penelitian lebih lanjut dapat menambahkan beberapa sensor yang berhubungan dengan pengukuran Kesehatan.
3. Lebih baik jika perbandingan kualitas layanan ditambahkan protokol lain seperti HTTP, COAP, ICMP, dan lainnya agar dapat membandingkan lebih mendetail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Prastiwi, I. G. A. A. Swastini, Putu, and I. G. Sudarmanto, “Gambaran kolesterol total pada lansia di Puskesmas I Denpasar Selatan,” *Meditory J. Med. Lab.*, vol. 9, no. 2, pp. 68–77, 2021, doi: 10.33992/m.v9i2.1526.
- [2] H. D. Morika, S. S. Anggraini, F. Fernando, and R. Sandra, “Pengaruh Pemberian Jus Tomat Terhadap Kadar Kolesterol,” *J. Kesehat. Sainatika Meditory*, vol. 2, no. 2, pp. 113–120, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.syedzasaintika.ac.id>
- [3] F. Herawati and R. R. Juslim, “Penyakit Kardiovaskular: Seri Pengobatan Rasional,” *Graha Ilmu*, pp. 1–2, 2018.
- [4] D. Sutarya, “Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolestrol dan Asam Urat secara Non Invasive menggunakan Sensor GY-MAX 30100,” *J. JOULE*, vol. Vol 1, no. 25–34, pp. 1907–2546, 2021.
- [5] I. Marhaendrajaya, E. Hidayanto, Z. Arifin, and H. Sutanto, “Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah non-invasive,” *Youngster Phys. J.*, vol. 6, no. 3, pp. 290–295, 2017.
- [6] T. Nurmar’atin, *Deteksi Kadar Kolesterol Dalam Darah Secara Non-Invasive Menggunakan Sistem Telemedika Berbasis IOT*. 2021.
- [7] Gunawan Fajar, “Sistem Pemantauan detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah berbasis IoT dengan menggunakan sensor MAX30102,” pp. 1–45, 2023.
- [8] K. T. Lailatul Mufidah, “RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR KADAR KOLESTEROL DALAM DARAH NON-INVASIVE MENGGUNAKAN SENSOR OXIMETER DS-100A BERBASIS MIKROKONTROLER NODE MCU ESP 8266,” vol. 7, no. 3, p. 6, 2021.
- [9] B. Harianto *et al.*, “ANALISIS PENGGUNAAN SENSOR MAX30100 PADA SISTEM,” vol. 2021, no. SemanTECH, pp. 238–245, 2021.
- [10] O. T. Waani, “Gambaran kadar kolesterol total darah pada pekerja kantor,” vol. 4, pp. 0–5, 2016.
- [11] D. E. Savitri, “Gelang Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia

- Berbasis Internet of Things (IoT),” *UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, pp. 1–87, 2020.
- [12] A. Z. dan D. Yusri, “Gambaran Kadar Kolesterol Total Pada Penderita Hipertensi Peserta Program Prolanis Di Puskesmas Krobokan Semarang,” *J. Ilmu Pendidik.*, vol. 7, no. 2, pp. 809–820, 2020.
- [13] B. N. Iman, R. Rafikasitha, and K. Kemalasari, “Perancangan dan Implementasi Alat Pendeteksi Dini Penyakit Jantung Koroner,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 18, no. 4, pp. 216–224, 2022, doi: 10.17529/jre.v18i4.27240.
- [14] M. Muthmainnah and D. B. Tabriawan, “Prototipe Alat Ukur Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 dan Blynk,” *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 7, no. 3, pp. 163–176, 2022, doi: 10.14421/jiska.2022.7.3.163-176.
- [15] P. Karina and A. H. Thohari, “Perancangan Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulse Sensor Berbasis Raspberry,” *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 2, no. 2, pp. 57–61, 2018, doi: 10.30871/jaic.v2i2.920.
- [16] A. K. Wahyudi, Y. J. Kairupan, and Y. C. Masengi, “Alat Peraga Jantung Manusia Berbasis Augmented Reality dengan Menggunakan Teknik 3D Object Tracking,” *CogITo Smart J.*, vol. 4, no. 1, pp. 46–59, 2018, doi: 10.31154/cogito.v4i1.101.46-59.
- [17] A. Andriani and R. Hartono, “Saturasi Oksigen Dengan Pulse Oxymetri Dalam 24 jam Pada Pasien Dewasa Terpasang ventilator di Ruang ICU RS. Panti Wilasa Citarum Semarang,” *Jendela Nursing journal-JNJ Volume 2 Nomor 1*, vol. 2, no. 1, pp. 258–263, 2019. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/243373-saturasi-oksigen-dengan-pulse-oximetry-d-d46bdd55.pdf>
- [18] E. R. Suryadin, E. Sutjiredjeki, I. Chandra, and J. Riadi, “Sistem Prediksi Usia Pembuluh Darah Melalui Pengukuran Sinyal Photoplethymograph dan Elektrokardiografi,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 10, no. 1, pp. 186–192, 2019.
- [19] B. I. Anwar and R. Patmasari, “Perancangan Dan Implementasi Alat Pengukur Kadar Glukosa Dalam Darah Secara Non-Invasive Berbasis

- Arduino Design and Implementation Non-Invasive Measuring Device of Glucose Level in Blood Based on Arduino,” *Elektro, Fak. Tek. Bandung, Univ. Telkom*, vol. 3, no. 3, pp. 4665–4668, 2016.
- [20] I. Technology and E. Journals, “Survey of Future Internet of Thing,” vol. 5, pp. 25–36, 2020.
- [21] N. Hidayati *et al.*, “Prototype smart home dengan modul nodemcu esp8266 berbasis internet of things (iot)”.
- [22] D. Rahmawarni, “Sistem Monitoring Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30100 Via Telegram Berbasis IoT,” vol. 10, no. 3, pp. 377–383, 2021.
- [23] M. Muthmainnah, Deni Bako Tabriawan, and Imam Tazi, “Karakterisasi Sensor MAX30102 Sebagai Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Photoplethysmograph,” *J. Pendidik. Mipa*, vol. 12, no. 3, pp. 726–731, 2022, doi: 10.37630/jpm.v12i3.655.
- [24] S. Nasional and U. M. Sidoarjo, “Arduino Promini-based Helmet Temperature Measuring Helmet with MLX90614-DCI Sensor Helm Pengukur Suhu Badan Berbasis Arduino Promini Dengan Sensor,” vol. 1, no. 1, 2021.

LAMPIRAN

1. Program Arduino UNO

```
#include <MAX3010x.h>
#include "filters.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 32 // OLED display height, in pixels
#define OLED_RESET 4 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset
pin)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT,
&Wire, OLED_RESET);
String pesan = "";
SoftwareSerial ESP(9, 10); // Rx, Tx

//Konfigurasi Sensor Oxymeter
MAX30105 sensor;
const auto kSamplingRate = sensor.SAMPLING_RATE_400SPS;
const float kSamplingFrequency = 400.0;
const unsigned long kFingerThreshold = 20000;
const unsigned int kFingerCooldownMs = 500;
const float kEdgeThreshold = -2000.0;
const float kLowPassCutoff = 5.0;
const float kHighPassCutoff = 0.5;
const int kSampleThreshold = 5;

LowPassFilter low_pass_filter_red(kLowPassCutoff,
kSamplingFrequency);
```

```
LowPassFilter low_pass_filter_ir(kLowPassCutoff, kSamplingFrequency);
HighPassFilter high_pass_filter(kHighPassCutoff, kSamplingFrequency);
Differentiator differentiator(kSamplingFrequency);
```

```
MinMaxAvgStatistic stat_red;
MinMaxAvgStatistic stat_ir;
```

```
float kSpO2_A = 1.5958422;
float kSpO2_B = -34.6596622;
float kSpO2_C = 112.6898759;
long last_heartbeat = 0;
long finger_timestamp = 0;
bool finger_detected = false;
float last_diff = NAN;
bool crossed = false;
long crossed_time = 0;
float current_value_red;
float current_value_ir;
int sampletest = 10;
int stat_ox = 0;
int avgbpm = 0;
float avgspo2 = 0;
float kol;
```

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  ESP.begin(115200);
  Serial.println("Sensor initialized");
  if (sensor.begin() && sensor.setSamplingRate(kSamplingRate)) {
    Serial.println("Sensor initialized");
  }
  else {
```

```

    Serial.println("Sensor not found");
    while (1);
}
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Address
0x3C for 128x32
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;) // Don't proceed, loop forever
    }
}

void loop() {
    if (stat_ox < sampletest)
    {
        oxy();
    }
    else if (stat_ox < sampletest + 1)
    {
        oxy_done();
    }
}

void baca_jari()
{
    auto sample = sensor.readSample(1000);
    current_value_red = sample.red;
    current_value_ir = sample.ir;
    if (sample.red > kFingerThreshold) {
        if (millis() - finger_timestamp > kFingerCooldownMs) {
            finger_detected = true;
        }
    }
    else {

```

```

// Reset values if the finger is removed
differentiator.reset();
low_pass_filter_red.reset();
low_pass_filter_ir.reset();
high_pass_filter.reset();
stat_red.reset();
stat_ir.reset();

finger_detected = false;
finger_timestamp = millis();
}
}

void oxy()
{
  baca_jari();
  while (!finger_detected )
  {
    Serial.println("Membaca Heartbeat");
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);      // Normal 1:1 pixel scale
    display.setTextColor(WHITE); // Draw white text
    display.setCursor(0, 0);     // Start at top-left corner
    display.println("Dekatkan Jari");
    display.println("Pada Sensor");
    display.display();
    delay(500);
    baca_jari();
  }
  if (finger_detected && (stat_ox < sampletest))
  {
    current_value_red = low_pass_filter_red.process(current_value_red);

```

```

current_value_ir = low_pass_filter_ir.process(current_value_ir);

// Statistics for pulse oximetry
stat_red.process(current_value_red);
stat_ir.process(current_value_ir);

// Heart beat detection using value for red LED
float current_value = high_pass_filter.process(current_value_red);
float current_diff = differentiator.process(current_value);

// Valid values?
if (!isnan(current_diff) && !isnan(last_diff)) {

    // Detect Heartbeat - Zero-Crossing
    if (last_diff > 0 && current_diff < 0) {
        crossed = true;
        crossed_time = millis();
    }

    if (current_diff > 0) {
        crossed = false;
    }

    // Detect Heartbeat - Falling Edge Threshold
    if (crossed && current_diff < kEdgeThreshold) {
        if (last_heartbeat != 0 && crossed_time - last_heartbeat > 300) {
            // Show Results
            int bpm = 60000 / (crossed_time - last_heartbeat);
            float rred = (stat_red.maximum() - stat_red.minimum()) /
stat_red.average();
            float rir = (stat_ir.maximum() - stat_ir.minimum()) /
stat_ir.average();

```

```

float r = rred / rir;
float spo2 = kSpO2_A * r * r + kSpO2_B * r + kSpO2_C;

if (bpm > 50 && bpm < 250) {
  if (spo2 > 100)
  {
    spo2 = 100;
  }
  Serial.print("HR : ");
  Serial.print(bpm);
  Serial.print(" || SpO2: ");
  Serial.println(spo2);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);      // Normal 1:1 pixel scale
  display.setTextColor(WHITE); // Draw white text
  display.setCursor(0, 0);     // Start at top-left corner
  display.print("BPM : ");
  display.println(bpm);

  display.setTextColor(WHITE); // Draw white text
  display.print("SpO2 : ");
  display.println(spo2);
  display.display();
  avgbpm = avgbpm + bpm;
  avgspo2 = avgspo2 + spo2;
  stat_ox++;
}
stat_red.reset();
stat_ir.reset();
}

crossed = false;

```

```

        last_heartbeat = crossed_time;
    }
}
last_diff = current_diff;
}
}

void oxy_done()
{
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(2);          // Normal 1:1 pixel scale
    display.setTextColor(WHITE);    // Draw white text
    display.setCursor(0, 0);        // Start at top-left corner
    display.print("Selesai!");
    display.display();
    delay(1500);
    avgbpm = avgbpm / sampletest;
    avgspo2 = avgspo2 / sampletest;
    kol = (avgbpm * 230) / 120;
    Serial.println(avgbpm);
    Serial.println(avgspo2);
    Serial.println(kol);
    pesan = String(avgbpm) + ";" + String(avgspo2) + ";" + String(kol);
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);          // Normal 1:1 pixel scale
    display.setTextColor(WHITE);    // Draw white text
    display.setCursor(0, 0);        // Start at top-left corner
    display.print("BPM : ");
    display.println(avgbpm);
    display.setTextColor(WHITE);    // Draw white text
    display.print("SpO2 : ");
    display.print(avgspo2);
}

```



```

display.println(" %");
display.setTextColor(WHITE);    // Draw white text
display.print("Chol : ");
display.print(kol);
display.println(" mg/dl");
display.display();
stat_ox = 0;;
delay(5000);
ESP.println(pesan);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);        // Normal 1:1 pixel scale
display.setTextColor(WHITE);   // Draw white text
display.setCursor(0, 0);       // Start at top-left corner
display.println("Data Terkirim");
display.display();
delay(5000);
}

```

2. Program ESP32

```

#define BLYNK_PRINT Serial
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6espKadVn"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Kolesterol"

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "XDS5g2Jaxx0OeRJVrEg5bZq08jNt4MUE";//Paste auth
token you copied

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.

```

```

char ssid[] = "RIM KBB";//Enter your wifi name
char pass[] = "rimkbb23";// Enter wifi password

String inputString = ""; // a string to hold incoming data
bool stringComplete = false; // whether the string is complete

void setup() {
  // Initialize hardware serial ports
  Serial.begin(115200); // Serial monitor
  Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, 16, 17); // UART2 with RX on
  GPIO16 and TX on GPIO17

  // Blynk connection
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  inputString.reserve(200); // reserve 200 bytes for the inputString
}

void loop() {
  // Run Blynk
  Blynk.run();
  // Check if the string is complete
  serialEvent2();
  if (stringComplete) {
    // Parse the input string
    int avgbpm, avgspo2, kol;
    parseData(inputString, avgbpm, avgspo2, kol);

    // Print the parsed values
    Serial.println(avgbpm);
    Serial.println(avgspo2);
    Serial.println(kol);
  }
}

```

```

// Send data to Blynk
Blynk.virtualWrite(V0, avgbpm); // V0 adalah virtual pin untuk avgbpm
Blynk.virtualWrite(V1, avgspo2); // V1 adalah virtual pin untuk avgspo2
Blynk.virtualWrite(V2, kol); // V2 adalah virtual pin untuk kol

// Clear the string
inputString = "";
stringComplete = false;
}
}

void serialEvent2()
{
while (Serial2.available()) {
// get the new byte:
char inChar = (char)Serial2.read();
// add it to the inputString:
inputString += inChar;
// if the incoming character is a newline, set a flag so the main loop can
// do something about it:
if (inChar == '\n') {
stringComplete = true;
}
}
}

void parseData(String data, int &avgbpm, int &avgspo2, int &kol) {
int commaIndex1 = data.indexOf(';');
int commaIndex2 = data.lastIndexOf(';');

avgbpm = data.substring(0, commaIndex1).toInt();

```

```

avgspo2 = data.substring(commaIndex1 + 1, commaIndex2).toInt();
kol = data.substring(commaIndex2 + 1).toInt();
}

```

3. Hasil Pengukuran Error

Sample 1			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	96	101	5,2%
2		93	3,1%
3		98	2,1%
4		110	14,6%
5		105	9,4%
6		97	1,0%
7		103	7,3%
8		95	1,0%
9		93	3,1%
10		107	11,5%
Rata Rata Error			5,8%

Sample 2			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	127	128	0,8%
2		116	8,7%
3		125	1,6%
4		128	0,8%
5		117	7,9%
6		129	1,6%
7		125	1,6%
8		117	7,9%
9		117	7,9%
10		123	3,1%
Rata Rata Error			4,2%

Sample 3			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	196	183	6,6%
2		185	5,6%
3		202	3,1%
4		185	5,6%
5		189	3,6%
6		197	0,5%
7		201	2,6%
8		210	7,1%
9		196	0,0%

10		188	4,1%
Rata Rata Error			3,9%

Sample 4			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	240	231	3,8%
2		235	2,1%
3		240	0,0%
4		250	4,2%
5		220	8,3%
6		229	4,6%
7		221	7,9%
8		245	2,1%
9		239	0,4%
10		260	8,3%
Rata Rata Error			4,2%

Sample 5			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	146	155	6,2%
2		151	3,4%
3		140	4,1%
4		139	4,8%
5		153	4,8%
6		151	3,4%
7		143	2,1%
8		153	4,8%
9		140	4,1%
10		136	6,8%
Rata Rata Error			4,5%

Sample 6			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	178	185	3,9%
2		167	6,2%
3		163	8,4%
4		173	2,8%
5		185	3,9%
6		182	2,2%
7		164	7,9%
8		162	9,0%
9		162	9,0%

10		170	4,5%
Rata Rata Error			5,8%

Sample 7			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	155	159	2,6%
2		148	4,5%
3		156	0,6%
4		147	5,2%
5		141	9,0%
6		150	3,2%
7		158	1,9%
8		140	9,7%
9		148	4,5%
10		149	3,9%
Rata Rata Error			4,5%

Sample 8			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	201	212	5,5%
2		202	0,5%
3		206	2,5%
4		194	3,5%
5		197	2,0%
6		206	2,5%
7		199	1,0%
8		197	2,0%
9		209	4,0%
10		212	5,5%
Rata Rata Error			2,9%

Sample 9			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	210	211	0,5%
2		209	0,5%
3		214	1,9%
4		194	7,6%
5		202	3,8%
6		201	4,3%
7		217	3,3%
8		196	6,7%
9		197	6,2%

10		209	0,5%
Rata Rata Error			3,5%

Sample 10			
No	Alat ukur (mg/dl)	Device 1 (mg/dl)	Error
1	142	101	5,2%
2		93	3,1%
3		98	2,1%
4		110	14,6%
5		105	9,4%
6		97	1,0%
7		103	7,3%
8		95	1,0%
9		93	3,1%
10		107	11,5%
Rata Rata Error			5,8%

4. Hasil Validasi *End to End*

Sample	Device 1			Blynk			Hasil Validasi
	BPM	SpO2	Chol	BPM	SpO2	Chol	
1	114	106	218	114	106	218	Sesuai
2	88	103	169	88	103	169	Sesuai
3	54	102	104	54	102	104	Sesuai
4	60	107	115	60	107	115	Sesuai
5	82	98	157	82	98	157	Sesuai
6	85	98	163	85	98	163	Sesuai
7	112	99	215	112	99	215	Sesuai
8	67	107	128	67	107	128	Sesuai
9	53	91	102	53	91	102	Sesuai
10	98	96	188	98	96	188	Sesuai
11	66	93	127	66	93	127	Sesuai
12	78	106	150	78	106	150	Sesuai
13	114	109	219	114	109	219	Sesuai
14	72	108	138	72	108	138	Sesuai
15	66	101	127	66	101	127	Sesuai
16	82	98	157	82	98	157	Sesuai
17	110	93	211	110	93	211	Sesuai
18	88	108	169	88	108	169	Sesuai
19	58	104	111	58	104	111	Sesuai
20	89	93	171	89	93	171	Sesuai
21	50	94	96	50	94	96	Sesuai
22	53	101	102	53	101	102	Sesuai
23	89	91	171	89	91	171	Sesuai
24	109	91	209	109	91	209	Sesuai
25	67	92	128	67	92	128	Sesuai
26	54	110	104	54	110	104	Sesuai
27	56	92	107	56	92	107	Sesuai
28	58	109	111	58	109	111	Sesuai
29	114	107	219	114	107	219	Sesuai
30	76	102	146	76	102	146	Sesuai
31	76	105	146	76	105	146	Sesuai
32	55	105	105	55	105	105	Sesuai
33	89	107	171	89	107	171	Sesuai
34	78	105	150	78	105	150	Sesuai
35	98	95	188	98	95	188	Sesuai
36	117	104	224	117	104	224	Sesuai
37	53	104	102	53	104	102	Sesuai
38	102	96	196	102	96	196	Sesuai
39	98	92	188	98	92	188	Sesuai
40	60	93	115	60	93	115	Sesuai
41	50	110	96	50	110	96	Sesuai
42	97	106	186	97	106	186	Sesuai
43	119	97	228	119	97	228	Sesuai

44	57	99	109	57	99	109	Sesuai
45	97	107	186	97	107	186	Sesuai
46	91	97	174	91	97	174	Sesuai
47	116	104	222	116	104	222	Sesuai
48	52	93	100	52	93	100	Sesuai
49	95	105	182	95	105	182	Sesuai
50	57	99	109	57	99	109	Sesuai
51	55	97	105	55	97	105	Sesuai
52	73	98	140	73	98	140	Sesuai
53	84	110	161	84	110	161	Sesuai
54	116	94	222	116	94	222	Sesuai
55	76	98	146	76	98	146	Sesuai
56	119	92	228	119	92	228	Sesuai
57	63	96	121	63	96	121	Sesuai
58	85	102	163	85	102	163	Sesuai
59	115	107	220	115	107	220	Sesuai
60	54	108	104	54	108	104	Sesuai
61	109	110	209	109	110	209	Sesuai
62	82	107	157	82	107	157	Sesuai
63	111	91	213	111	91	213	Sesuai
64	84	107	161	84	107	161	Sesuai
65	76	105	146	76	105	146	Sesuai
66	70	103	134	70	103	134	Sesuai
67	77	101	148	77	101	148	Sesuai
68	80	101	153	80	101	153	Sesuai
69	95	102	182	95	102	182	Sesuai
70	79	109	151	79	109	151	Sesuai
71	97	94	186	97	94	186	Sesuai
72	52	91	100	52	91	100	Sesuai
73	102	94	196	102	94	196	Sesuai
74	88	102	169	88	102	169	Sesuai
75	81	97	155	81	97	155	Sesuai
76	114	105	219	114	105	219	Sesuai
77	84	103	161	84	103	161	Sesuai
78	81	109	155	81	109	155	Sesuai
79	77	94	148	77	94	148	Sesuai
80	96	101	184	96	101	184	Sesuai
81	120	94	230	120	94	230	Sesuai
82	98	96	188	98	96	188	Sesuai
83	85	95	163	85	95	163	Sesuai
84	52	109	100	52	109	100	Sesuai
85	111	102	213	111	102	213	Sesuai
86	109	108	209	109	108	209	Sesuai
87	104	105	199	104	105	199	Sesuai
88	85	93	163	85	93	163	Sesuai

89	99	100	190	99	100	190	Sesuai
90	116	104	222	116	104	222	Sesuai
91	100	109	192	100	109	192	Sesuai
92	107	104	205	107	104	205	Sesuai
93	63	91	121	63	91	121	Sesuai
94	106	103	203	106	103	203	Sesuai
95	65	99	125	65	99	125	Sesuai
96	68	92	130	68	92	130	Sesuai
97	70	95	134	70	95	134	Sesuai
98	79	91	151	79	91	151	Sesuai
99	56	93	107	56	93	107	Sesuai
100	73	100	140	73	100	140	Sesuai