

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Banyak penelitian yang mengkaji hubungan antara kadar kolesterol dan munculnya hipertensi, stroke, dan masalah vaskular lainnya. Salah satunya adalah penelitian Solikin dan Muradi (2020) yang menyimpulkan adanya korelasi antara kadar kolesterol darah dengan tingkat keparahan hipertensi pada para pasien hipertensi di Puskesmas Sungai Jingah pada tahun 2019. Nilai signifikansi yang didapatkan adalah 0,004, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi yang telah ditentukan, sebesar 0,1. Penelitian ini melibatkan 41 responden, dan hasilnya menunjukkan bahwa derajat hipertensi yang paling umum terjadi adalah derajat 2, dengan jumlah responden sebanyak 27 orang (65,85%), sedangkan kadar kolesterol yang paling umum adalah "batas tinggi", dengan jumlah responden sebanyak 23 orang (85,1%). Hal ini membuktikan adanya korelasi antara penambahan nilai tekanan darah dengan penambahan kadar kolesterol [16].

Demikian pula penelitian Theresia Jamini dkk. (2020) yang menyimpulkan adanya hubungan bermakna antara kadar kolesterol darah dan kejadian stroke berdasarkan uji statistik dengan nilai ρ sebesar 0,004 ($\rho < 0,05$). Hasil analisis bivariat dari penelitian dengan 62 sampel menunjukkan bahwa kejadian stroke non hemoragik (SNH) paling sering terjadi pada sampel dengan kadar kolesterol tinggi, yaitu sebanyak 26 sampel (42%). Kadar kolesterol total yang tinggi diidentifikasi sebagai salah satu faktor risiko penyebab terjadinya stroke iskemik. Tingginya kadar kolesterol keseluruhan mengakibatkan kondisi aterosklerosis, yang memicu timbulnya stroke iskemik atau stroke non hemoragik. Kadar kolesterol keseluruhan yang tinggi juga terdeteksi pada 19% dari total penderita stroke iskemik [17].

Dalam penelitian terbaru oleh Dede Sutarya (2021) telah berhasil dikembangkan sebuah sistem monitoring kadar asam urat, kolesterol, dan gula darah secara non-invasif menggunakan sensor tunggal, yaitu sensor Max30100. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk memproses data masukan dan keluaran. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD, dan data tersebut juga dikirimkan ke *web server* dengan bantuan ESP8266 sebagai

rekam medis pasien. Hasil pengujian sensor untuk kadar kolesterol menunjukkan persentase *error* sebesar 2,86%, dengan standar deviasi rata-rata sebesar 4,43% dan ketelitian pengukuran mencapai 97,13% [14].

Studi oleh Fitri Diani (2023) berhasil menggunakan sensor Max30100 untuk mengukur denyut jantung dan saturasi oksigen yang terhubung dengan tingkat kelelahan tubuh manusia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi pada kondisi normal mencapai 96,2%, dan pada kondisi dengan tingkat kelelahan fisik yang tinggi, mencapai 97,95%. Selanjutnya, untuk pengukuran terhadap lima naracoba, penelitian ini mencatat tingkat akurasi performansi sebesar 98,97% dan 97,42% untuk parameter saturasi oksigen dalam kondisi normal dan tingkat kelelahan fisik yang tinggi, masing-masing. Hasil tersebut terbilang cukup akurat karena melebihi nilai presentase sebesar 95%. Selain itu, pengukuran denyut jantung menggunakan sensor Max30100 menunjukkan nilai paling tinggi sebesar 98 BPM dan paling rendah sebesar 74 BPM, dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 3,72% [18].

Penelitian Tria Nurmar'atin (2021) berhasil mengembangkan sebuah prototipe alat yang menggunakan sensor DS-100A dan aplikasi *Blynk*. Teknologi ini memungkinkan tenaga kesehatan atau dokter untuk memonitoring kondisi pasien dari jarak jauh, yang merupakan sebuah kemudahan. Meskipun begitu, saat ini prototipe alat ini belum dapat dijadikan sebagai alat ukur standar karena memiliki tingkat akurasi sebesar 82,76%. Nilai tersebut berada di bawah batas minimum ketelitian alat kesehatan yang dapat digunakan untuk manusia, yaitu kurang dari atau sama dengan 95%. Walaupun begitu, alat ini memiliki potensi yang cukup tinggi untuk mengukur estimasi kadar kolesterol dalam darah [11].

Selanjutnya penelitian oleh Heni Sumarti dkk. (2022) berhasil mengembangkan sistem pemantauan untuk mengukur kadar kolesterol dan gula darah. Sistem ini menggunakan sensor Nellcor DS-100A dan didukung oleh aplikasi *Blynk*. Dalam pengujian alat, 20 sampel diuji secara acak dan dibandingkan dengan instrumen standar (*Autocheck 3-in-1*). Hasil penelitian menyebutkan bahwa akurasi rata-rata yang dimiliki prototipe sebesar 90,26% dalam mengukur kadar kolesterol dan 91,16% dalam mengukur gula darah. Ini menunjukkan adanya potensi yang besar dalam menentukan nilai estimasi pada kadar kolesterol dan gula

darah. Selain itu, pemantauan sistem dapat menampilkan data pada layar LCD di aplikasi *Blynk* dengan waktu rata-rata yang dibutuhkan hanya 1,07 detik [19].

Tabel 2.1 Rangkuman Keterkaitan dengan Peneliti Terdahulu

Peneliti	Metode	Keterangan
Solikin, Muradi (2020)	Memanfaatkan model pendekatan/rancangan <i>cross-sectional</i> . Teknik pengambilan sampel dengan <i>non-probability sampling</i> yang dianalisis menggunakan uji Sperman Rank (<i>Spearman's rho</i>).	Adanya hubungan kadar kolesterol dan tingkat keparahan hipertensi. Penderita hipertensi umumnya mempunyai kadar kolesterol darah yang tinggi. Tingginya kadar kolesterol akan menyebabkan aterosklerosis, yaitu penyempitan atau pengerasan pada pembuluh darah yang memicu timbulnya penyakit jantung dan stroke.
Theresia Jamini, Yunita, Yulyanti, Candra Kusuma Negara (2020)	Memanfaatkan pendekatan <i>cross sectional</i> atau jenis penelitian yang pengukuran variabel-variabelnya dilakukan dengan waktu sekali saja. Teknik pengambilan sampel menggunakan Teknik <i>purposive sampling</i> .	Adanya hubungan antara tingginya kadar kolesterol (hiperkolesterolemia) dengan kejadian stroke iskemik di RSUD Ulin Banjarmasin. Penyebabnya adalah karena hiperkolesterolemia mengakibatkan menumpuknya plak di pembuluh darah (aterosklerosis), dan mengganggu aliran darah menuju otak. Gangguan

		aliran darah ini kemudian menyebabkan terjadinya stroke.
Dede Sutarya (2021)	Menggunakan metode <i>non-invasive</i> yaitu <i>Photoplethysmography</i> (PPG) dimana untuk tiap puncak gelombang <i>Photoplethysmography</i> berhubungan dengan sekali detak jantung.	Sistem yang menggunakan sensor Max30100 menghasilkan tingkat ketelitian yang tinggi, mencapai 97,13% untuk mengukur kadar kolesterol. Selain itu, sistem ini melibatkan penggunaan <i>web server</i> dengan aplikasi <i>web phpMyAdmin</i> dan pengelolaan <i>database</i> menggunakan <i>MySQL</i> .
Fitri Diani (2023)	Memfaatkan metode <i>non-invasive</i> (PPG) dengan melibatkan 5 naracoba acak yang masing-masing memiliki keadaan fisik dari normal hingga kelelahan fisik yang tinggi.	Dalam penelitian ini, digunakan sensor Max30100 dengan tingkat akurasi yang sangat baik dan persentase kesalahan yang rendah. Sebagai mikrokontroler, dipilih NodeMCU ESP32 yang berperan sebagai pengendali untuk mengolah data yang diperoleh. Hasil pengolahan tersebut kemudian akan dikirimkan ke <i>website</i> .
Tria Nurmar'atin (2021)	Memfaatkan metode <i>non-invasive</i> (tanpa menusuk jari) yang menerapkan teknik <i>sampling</i> (<i>simple</i>	<i>Oxymeter</i> Sensor DS-100A digunakan untuk mengukur kadar kolesterol melalui metode penyerapan cahaya

	<i>random sampling</i>) sebagai teknik pengambilan sampel.	merah dan inframerah. Penelitian ini melibatkan penggunaan mikrokontroler ATmega328 sebagai pemroses data dan pengolah inputan, serta NodeMCU ESP 8266 sebagai modul Wi-Fi. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20 x 4 dan data dapat dipantau secara real-time melalui <i>Blynk Apps</i> berbasis IoT.
Heni Sumarti, Tria Nurmar'atin, Hamdan Hadi Kusuma, Istikomah, Irman Said Prastyo (2022)	Metode yang digunakan yaitu <i>non-invasive</i> dimana menggunakan 20 sampel acak dari rentang usia 20-60 tahun.	Kadar kolesterol dan gula darah diukur menggunakan sensor Nellcor DS-100A yang terhubung dengan teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT). Proses pengukuran melibatkan mikrokontroler Arduino Uno R3 untuk memproses data analog dan menampilkannya secara digital pada layar LCD 20 x 4. Selanjutnya, data yang terbentuk akan dikirim melalui modul NodeMCU 8266 ke aplikasi <i>Blynk</i> , sehingga dapat diakses secara langsung melalui perangkat <i>Android</i> .

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka pada penelitian kali ini akan dirancang sebuah *prototype* alat pendeteksi kadar

kolesterol menggunakan sensor Max30100 dengan mikrokontroler ESP32, yang dilengkapi *buzzer* sebagai penanda untuk setiap kategori kolesterol yang terukur dan LCD 20x4 untuk menampilkan data yang diperoleh. *Prototype* ini juga memanfaatkan RFID untuk mengidentifikasi *user*, serta memanfaatkan *Google Sheets* untuk menyimpan keseluruhan data. Jadi dalam penggunaannya, penulisan manual untuk setiap data yang ada tidak perlu lagi dilakukan. Sehingga tidak ada lagi limbah yang dihasilkan ketika melakukan pengukuran kadar kolesterol, baik itu limbah kertas, maupun limbah medis hasil pengecekan kadar kolesterol.

2.2 DASAR TEORI

Pada penelitian ini, beberapa kerangka teori telah difungsikan untuk pendukung dalam merancang Tugas Akhir.

2.2.1 Kolesterol

Kolesterol merupakan suatu jenis lipid kompleks yang sebagian besar, sekitar 80%, diproduksi di dalam tubuh oleh organ hati. Sisanya, sekitar 20%, berasal dari zat makanan yang dikonsumsi dari sumber hewani, seperti otak, daging, hati, dan kuning telur [20]. Kolesterol berperan penting dalam membentuk lapisan dinding di dalam sel, juga dikenal sebagai membran sel. Selain itu, kolesterol berperan dalam sintesis vitamin D, hormon seks (estrogen, progesteron, dan testosteron), hormon steroid (kortisol, aldosteron, dan androgen), serta berfungsi dalam fungsi normal otak dan sistem saraf [21]. Organ hati juga menggunakan kolesterol untuk membentuk asam empedu, yang membantu dalam proses pencernaan makanan [11]. Nilai kolesterol dapat bervariasi, dan informasinya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kategori Kadar Kolesterol [11]

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

Tubuh membutuhkan kolesterol agar sel-sel darah tetap sehat. Namun, jika kadar kolesterol dalam darah di atas normal, maka menyebabkan dampak negatif pada kesehatan tubuh seperti penyakit jantung dan masalah vaskular lainnya [21].

Pemeriksaan atau pemantauan kadar kolesterol dalam darah perlu dilakukan secara berkala, terutama pada orang dewasa. Seiring bertambahnya usia, aktivitas fisik dan massa tubuh cenderung menurun, sementara jaringan lemak dapat meningkat. Jika hasil pemeriksaan menunjukkan kadar kolesterol normal, pemantauan rutin setiap tahun akan cukup. Namun, jika kadar kolesterol seseorang cukup tinggi, pemantauan lanjutan akan dilakukan setiap tiga bulan [11].

Kolesterol memiliki sifat yang menyukai lemak, sehingga diperlukan lipoprotein sebagai pengangkutnya dalam darah. Dalam pengaturan klinis, lipoprotein dapat diidentifikasi untuk memperkirakan nilai kolesterol dalam darah. Lipoprotein memiliki dua komponen utama, yaitu inti lipid yang mengandung ester kolesterol dan trigliserida, serta membran luar yang bersifat hidrofilik, terdiri dari fosfolipid, apolipoprotein, dan kolesterol bebas. Molekul ini memungkinkan lipid berpindah ke seluruh tubuh melalui darah dan diangkut ke sel-sel yang memerlukannya [22]. Terdapat dua jenis lipoprotein yang berperan penting dalam mengatur kadar kolesterol, yaitu:

1. HDL (*High Density Lipoprotein*)

HDL (*High Density Lipoprotein*) atau sering dijuluki sebagai kolesterol baik merupakan jenis lipoprotein dengan kepadatan tinggi. HDL berperan dalam mengangkut kembali LDL (*Low Density Lipoprotein*) dari jaringan perifer ke hati, di mana LDL akan diuraikan dan dibuang sebagai asam empedu. Sebagai hasilnya, HDL dijuluki sebagai lipoprotein yang membersihkan kolesterol berlebih dari jaringan tubuh manusia. Kadar normal HDL dalam tubuh manusia adalah ≥ 60 mg/dl. Jika kadar HDL rendah, yaitu < 35 mg/dl untuk pria dan < 42 mg/dl untuk wanita, maka dianggap rendah.

HDL mengandung Apo-AI dan Apo-AII serta mengandung trigliserida dalam kisaran 5% - 10%. Setelah HDL berhasil mengangkut kolesterol ke hati, kolesterol tersebut akan diubah menjadi cairan empedu dan dikeluarkan melalui usus kecil. Sebagai hasilnya, cairan empedu tersebut akan dikeluarkan dari tubuh sebagai feses. Oleh karena itu, kadar HDL yang tinggi dalam darah

dilaporkan dapat mencegah penumpukan lemak dalam pembuluh darah karena kemampuannya dalam mengangkut kelebihan kolesterol. Selain itu, kolesterol yang diangkut oleh HDL ke hati juga berperan sebagai bahan baku dalam pembuatan hormon pada tubuh manusia[21].

2. LDL (*Low Density Lipoprotein*)

Kolesterol jahat, yang dikenal sebagai LDL (*Low Density Lipoprotein*), merupakan lipoprotein dengan densitas rendah yang memiliki fungsi untuk mengangkut kolesterol dari sel hati ke seluruh jaringan tubuh [23]. Kadar LDL yang normal (< 130 mg/dl) sangat menguntungkan bagi tubuh. Namun, jika kadar LDL melebihi batas normal, kolesterol akan lebih mudah menempel pada dinding pembuluh darah, menyebabkan pembentukan plak [21]. Plak ini akan bercampur dengan protein dan ditutupi oleh sel-sel otot serta kalsium [23]. Tidak hanya itu, endapan kolesterol tadi juga akan membuat lumen pembuluh darah menjadi lebih sempit dibandingkan dengan ukuran normal [21]. Kondisi tersebut akan menyebabkan terjadinya aterosklerosis [23]. Selain itu, kondisi tersebut juga dapat menaikkan tahanan perifer yang membuat tekanan darah seseorang meningkat serta menyebabkan timbulnya penyakit vaskular lainnya [21].

Nilai kolesterol melebihi normal berpotensi menimbulkan tumpukan lemak pada dinding pembuluh darah dan mengakibatkan penurunan elastisitas pembuluh darah yang dikenal sebagai aterosklerosis. Beberapa dampak akut dan kronis yang mungkin timbul meliputi:

1. Aterosklerosis di pembuluh darah otak

Hal ini dapat menimbulkan suatu penyakit serebrovaskular, seperti stroke. Stroke dibagi menjadi dua jenis, yaitu stroke infark (akibat terhambatnya aliran darah pada otak) dan stroke akibat pendarahan. Stroke infark terjadi karena adanya hambatan di pembuluh darah arteri otak, mengakibatkan kurangnya oksigen pada jaringan otak. Kadar kolesterol yang tinggi berhubungan erat dengan risiko stroke infark [11].

2. Aterosklerosis di pembuluh jantung koroner

Aterosklerosis ini dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular, seperti penyakit jantung koroner (PJK). Apabila pembuluh jantung koroner mengalami

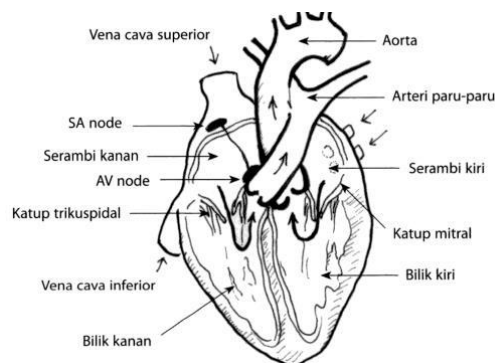
penyumbatan aliran darah, maka kondisi yang terjadi adalah berkurangnya jumlah oksigen pada pembuluh darah menuju jantung. Gejala ini disebut dengan angina pektosis, dimana pengidap jantung koroner akan merasakan nyeri di dada [11].

3. Aterosklerosis di pembuluh darah tungkai

Aterosklerosis ini menyebabkan penyakit arteri perifer. Kondisi ini sering terjadi pada pembuluh darah di kaki dan dapat menyebabkan nyeri, kram, bahkan berisiko mengakibatkan gangren (kematian jaringan) pada kaki. Penderita penyakit arteri perifer juga memiliki risiko yang lebih tinggi untuk mengalami serangan jantung [11].

2.2.2 Detak Jantung

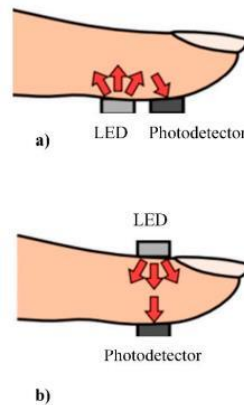
Jantung, organ vital dalam tubuh manusia, memiliki peran penting dalam menghasilkan muatan listrik dan bertindak sebagai pompa yang mendistribusikan darah ke semua bagian tubuh lewat pembuluh darah (arteri dan vena) dengan ritme kontraksi yang teratur [24]. Setiap kali jantung berkontraksi disebut sebagai satu detak jantung [25]. Pembuluh arteri memiliki gelombang yang dapat teraba apabila arteri melintasi tulang dekat permukaan kulit melalui pemompaan darah oleh jantung yang disebut dengan denyut nadi. Denyut nadi yang di lewati oleh arteri radialis terdapat pada bagian depan pergelangan tangan, arteri temporalis pada bagian atas tulang temporal, serta arteri dorsalis pedis pada bagian siku mata kaki. Sehingga untuk mengukur denyut jantung dapat dilakukan pada pembuluh darah arteri dengan menggunakan *Elektrokardiogram (EKG)*, *Photoplethysmography (PPG)*, *Phonocardiogram (PCG)*, maupun Auskultasi [24].



Gambar 2.1 Anatomi Organ Jantung [18]

Jantung, yang ditunjukkan gambar 2.1, bekerja tanpa henti dan terus menerus, namun dengan bertambahnya usia manusia, jantung akan mengalami penurunan fungsinya. Detak jantung normal pada manusia berkisar antara 60-100 denyut tiap menitnya (*beats per minute/BPM*). Secara spesifik, detak jantung normal saat istirahat pada bayi adalah 90-100 BPM, pada balita 100-130 BPM, pada anak-anak 90-100 BPM, dan pada remaja adalah 80-100 BPM [26]. Detak jantung yang normal penting untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Selain itu, tingkat oksigen darah yang normal juga membantu performa jantung. Jadi, tubuh tidak mudah lelah [27].

2.2.3 Photoplethysmography Signal (PPG Signal)



Gambar 2.2 (a) Mode Refleksi PPG, (b) Mode Transmisi PPG [18]

Photoplethysmography (PPG) merupakan metode *non-invasive* untuk mengecek detak jantung dan saturasi oksigen dengan cara mendeteksi volume aliran darah di dalam nadi yang letaknya sangat dekat dengan kulit. Terdapat dua metode pengecekan dalam teknik ini, *transmittance* mode dan *reflectance* mode. Pada mode transmisi, LED dan fotodiode diletakkan diantara jari seperti pada gambar 2.2 (b). Cahaya dari LED bersinar melalui jari dan masuk ke dalam fotodiode. Mode ini hanya berlaku untuk area jari kaki, telinga, dan jari tangan. Lalu untuk mode refleksi, fotodiode berada disamping LED seperti yang terlihat pada gambar 2.2 (a) dan mengukur cahaya pantulan dari jaringan pengguna. Sehingga memungkinkan pengukuran pada area tubuh yang lebih luas [28]. Untuk sensor Max30100 sendiri, menggunakan metode refleksi, dikarenakan LED merah, LED *infrared*, dan fotodiode dalam sensor terletak dalam satu baris (sejajar).

2.2.4 Internet Of Things (IoT)

IoT atau *Internet of Things* merupakan suatu gagasan untuk berbagai perangkat yang dapat terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. Dengan IoT, perangkat-perangkat ini dapat saling berkomunikasi dan bekerja sama dengan berbagai perangkat keras, dan pengolahan data melalui jaringan internet. Sehingga suatu hal dapat dikatakan bahwa IoT ketika terdapat penyambungan sesuatu (*things*) yang tidak dikendalikan manusia, ke internet [29].

IoT adalah konsep menghubungkan semua perangkat ke jaringan internet dan memungkinkan masing-masing perangkat IoT tersebut dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. IoT merupakan sebuah jaringan raksasa dari perangkat elektronik yang terhubung, semua yang terlibat mengumpulkan dan membagikan data tentang bagaimana suatu perangkat tersebut digunakan dan dimana lingkungan perangkat tersebut dioperasikan. Dengan melakukan itu, tiap perangkat akan belajar dari pengalaman yang didapat dari perangkat lain, layaknya manusia. IoT berusaha memperluas interdependensi pada manusia, contohnya berinteraksi, kolaborasi, dan kontribusi pada sesuatu [29].

2.2.5 Sensor Max30100

Sensor Max30100 adalah sebuah perangkat yang dapat mendeteksi kadar saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut jantung. Sensor ini dilengkapi dengan dua jenis LED (LED merah dan *infrared*) serta sebuah photodetektor dengan pemrosesan sinyal analog yang minim mengalami gangguan. Kedua LED tersebut memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dan mampu menembus pembuluh arteri di kulit [14]. Darah yang menyimpan oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh *infrared* yaitu sebesar 900 nm, sementara darah yang tidak menyimpan oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh LED merah yaitu sebesar 650 nm [30]. Informasi ini penting karena dapat membantu dalam pengukuran SpO₂ dan detak jantung secara non-invasif.

1. LED Merah

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan perangkat keras semikonduktor yang dapat mengubah energi listrik menjadi cahaya. Pemakaian LED telah meluas dalam kehidupan sehari-hari karena kemudahan penggunaannya dan

efisiensinya dalam mengkonsumsi energi listrik yang minim [30]. Dalam sensor Max30100, LED merah memiliki panjang gelombang 650 nm yang berperan dalam mendeteksi hemoglobin yang tidak mengikat oksigen [14]

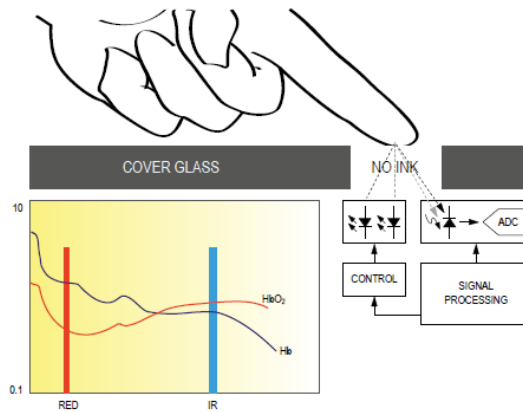
2. *Infrared*

Infrared adalah salah satu tipe LED yang mengeluarkan cahaya gelombang elektromagnetik dengan intensitas di bawah cahaya yang dapat terlihat oleh mata manusia. Itulah sebabnya mengapa cahaya *infrared* tidak terlihat oleh mata [30]. Dalam Sensor Max30100, LED *infrared* memiliki panjang gelombang sekitar 910 nm, yang memungkinkannya mendeteksi hemoglobin yang mengandung banyak oksigen [14].

3. Photodiode

Photodiode merupakan sensor cahaya yang menghasilkan tegangan dan arus listrik sebagai *outputnya*. Photodiode bekerja berdasarkan prinsip *photo conductive*, dimana Photodiode akan mengubah konduktansinya secara langsung saat menerima intensitas cahaya [30]. Dalam Sensor Max30100, photodiode digunakan untuk mengukur volume darah dengan cara memantulkan intensitas cahaya *infrared*. Intensitas cahaya ini dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh pemompaan darah oleh jantung [14].

Sensor Max30100 adalah perangkat terintegrasi yang menggunakan serial komunikasi I2C. Sensor ini menggunakan metode PPG *reflecture*, dimana letak dari LED merah, *infrared*, dan *photodiode* ditempatkan secara sejajar seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Pada saat membaca detak jantung, LED inframerah saja yang aktif. Namun pada saat membaca oksigen dalam darah, kedua LED akan aktif. Max30100 memiliki filter *low pass* yang terintegrasi dan berguna untuk mengurangi gangguan [30].



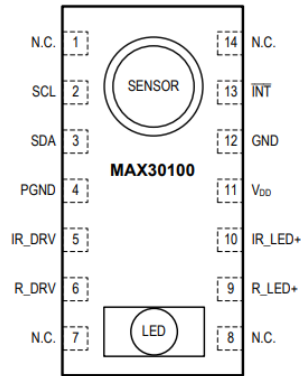
Gambar 2.3 Cara Kerja Sensor Max30100 [31]

Ilustrasi cara kerja Max30100 dapat dilihat dari gambar 2.3. LED merah memancarkan cahaya yang hanya diserap oleh hemoglobin, sementara cahaya *infrared* akan diserap oleh hemoglobin yang mengandung oksigen [31].



Gambar 2.4 Sensor Max30100 [30]

Sensor Max30100 pada gambar 2.4 memerlukan tegangan sekitar $\pm 3,3V$ (maksimum 5V) dan hanya mengonsumsi arus sekitar $0,7\mu A$ saat digunakan. Dalam kehidupan sehari-hari, sensor Max30100 berperan penting untuk membantu pemantauan kondisi tubuh saat berolahraga dan membantu dokter mengawasi pasien sebelum mendiagnosa penyakit [29]. Untuk mengetahui konfigurasi pin Max30100, silakan lihat tabel 2.3, sementara tampilan konfigurasi pin pada sensor Max30100 dapat ditemukan pada gambar 2.5.

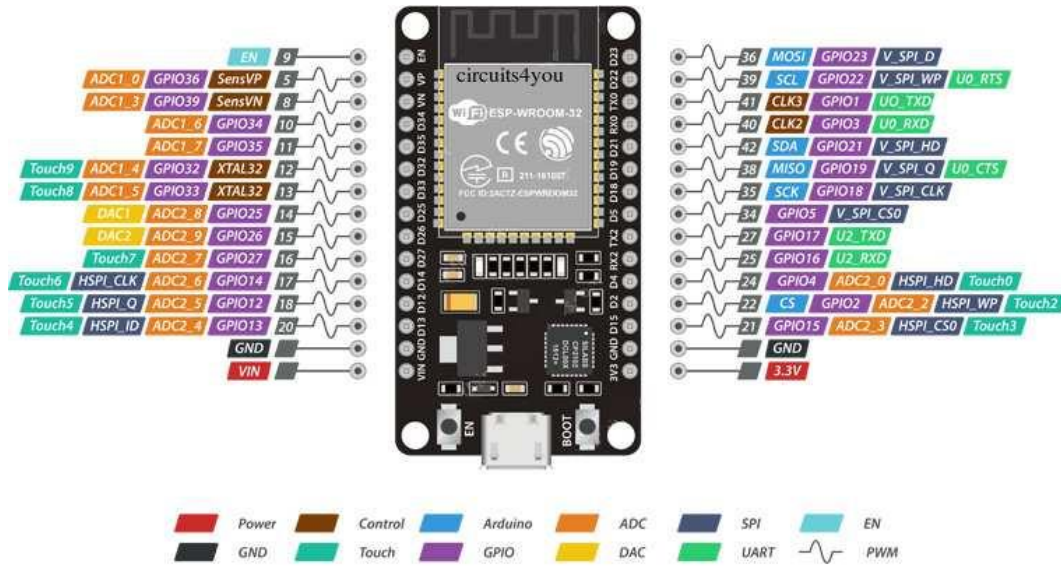


Gambar 2.5 Pin Konfigurasi Max30100 [18]

Tabel 2.3 Spesifikasi Pin Konfigurasi Max30100 [18]

Pin	Nama	Fungsi
1,7,8,14	N.C	Stabilitas mekanik dengan menyambungkan ke PCB pad
2	SCL	I2C Clock Masukan
3	SDA	I2C Clock Data, <i>Bidirectional</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>

2.2.6 ESP32



Gambar 2.6 Pin ESP32 [32]

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang diperkenalkan *Espressif System* sebagai penerus mikrokontroler ESP8266. Gambar 2.6 menunjukkan *pin out* dari ESP32, di mana *pin out* tersebut dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran untuk mengendalikan perangkat seperti RFID, lampu, LCD, bahkan motor DC [32]. Informasi lebih lanjut mengenai *pin out* ESP32 dapat ditemukan pada tabel 2.4. Perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain dipaparkan pada tabel 2.5 [31].

Tabel 2.4 Pin Out ESP32 [18]

15 kanal ADC	15 kanal dengan 12 bit SAR ADC rentang 0-1 Volt; 0-1,4 Volt; 0-2 Volt; atau 0-4 Volt
2 UART Interface	2 interface UART dengan kontrol aliran dan support IrDA
25 keluaran PWM	25 pin PWM berfungsi mengontrol kecepatan motor atau kecerahan LED
2 kanal DAC	2 DAC 8 bit untuk menghasilkan tegangan analog
SPI, I2C, dan I2S Interface	3 interface SPI dan 1 I2C untuk menyambungkan berbagai sensor dan peripheral, serta 2 antarmuka I2S guna menambahkan suara ke proyek

9 Touch Pads	9 GPIO
--------------	--------

Tabel 2.5 Perbedaan Mikrokontroler EPS32 dengan Mikrokontroler lain [32]

	Arduino Uno	NodeMCU (ESP8266)	ESP32
Tegangan	5 Volt	3,3 Volt	3,3 Volt
CPU	ATmega328 – 16MHz	Xtensa single core L106 – 60 MHz	Xtensa dual core LX6 – 160MHz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flash Memory	32kB	16MB	16MB
SRAM	2kB	160kB	512kB
GPIO Pin (ADC/DAC)	14 (6/-)	17 (1/-)	36 (18/2)
Bluetooth	-	-	Ada
WiFi	-	Ada	Ada
SPI/I2C/UART	1/1/1	2/1/2	4/2/2

Perbedaan utama yang menjadikan mikrokontroler ESP32 unggul dibanding dengan lain adalah memiliki lebih banyak *pin out* dan *pin analog*, kapasitas memori yang lebih besar, dilengkapi dengan *Bluetooth 4.0 low energy*, serta memiliki fitur WiFi yang memungkinkan implementasi *Internet of Things* (IoT) [32].

2.2.7 LCD 20x4

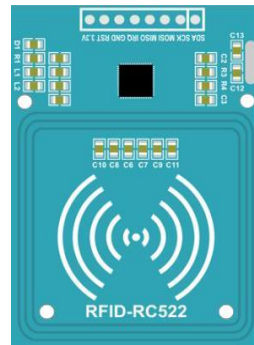


Gambar 2.7 LCD 20x4 [33]

Liquid Crystal Display atau LCD merupakan sebuah komponen elektronik yang sering digunakan dalam desain sistem dengan menggunakan mikrokontroler. Fungsi LCD adalah menampilkan teks atau menampilkan menu serta untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor pada aplikasi mikrokontroler. Gambar 2.7

menunjukkan LCD 20x4 dengan konfigurasi 20 karakter dan 4 baris, di mana setiap karakternya terbentuk oleh baris *pixel* [33].

2.2.8 RFID



Gambar 2.8 Sensor RFID [34]

Gambar 2.8 menampilkan sebuah Sensor RFID, sebuah teknologi nirkabel yang menggunakan label RFID (transponder) guna menyimpan dan mengambil data dari jarak yang ditentukan. Label RFID memuat *microchip* silicon dan antenna. Sensor RFID terdiri dari dua buah unit, yaitu unit penerima dan pemancar. Kedua unit ini terdiri dari RFID *card* yang memiliki struktur yang sederhana. Ketika RFID *card* diletakan mendekati penerima, maka RFID *card* akan menemukan dan mendeteksi sinyal elektromagnetik yang terhubung melalui sebuah diafragma gelombang elektromagnetik. Setelah itu, *receiver* akan diberi tegangan sebesar 5 Volt [34].

2.2.9 Software Arduino IDE

Perangkat lunak Arduino IDE atau *Integrated Development Environment* merupakan sebuah program yang memiliki peran untuk pembuatan, pembukaan, dan pengeditan program yang akan diunggah ke papan Arduino. Tujuannya untuk memudahkan *user* membuat berbagai program [11]. Program buatan *software* ini disebut dengan *sketch*. Sketch ditulis dalam editor teks dan disimpan dalam *file* dengan ekstensi .ino [35].



Gambar 2.9 Software Arduino IDE

Dalam gambar 2.9 dari software Arduino IDE, terdapat semacam *message box* hitam digunakan sebagai tempat menampilkan status seperti pesan *error*, *compile*, serta *upload* program. Di bagian bawah paling kanan, terdapat keterangan *board* yang terkonfigurasi beserta *COM ports* yang dipakai. Dalam *software* Arduino IDE terdapat menu *verify/compile* yang berfungsi untuk mengoreksi kesalahan dari *sketch* yang telah dibuat. Apabila tidak ada kesalahan pada *sketch*, maka *sintaks* yang telah dibuat dapat di *compile* ke dalam bahasa mesin. Selanjutnya, terdapat pula menu *upload* yang berfungsi mengirimkan program yang sudah dikompilasi ke *Arduino Board* [35].

2.2.10 Web Server

Server merupakan suatu tempat yang berisi beragam informasi dengan memberikan sebuah *service* atau layanan bagi para *client* yang terhubung dengannya. Terdapat berbagai jenis *server* dengan berbagai fungsi salah satunya *web server* yang digunakan untuk menyimpan data dalam sebuah *web* [36].

Web server merupakan *software* yang menjadi tulang belakang dari *world wide web* (www). *Web server* menunggu permintaan dari *client* yang menggunakan *browser* seperti *Internet Explorer*, *Netscape Navigator*, *Mozilla*, dan program *browser* lainnya. Ketika menerima permintaan dari *browser*, *web server* akan memproses permintaan tersebut dan kemudian memberikan hasil prosesnya dalam bentuk data yang diinginkan [36].

2.2.11 Buzzer

Buzzer yang ditunjukkan pada gambar 2.10 merupakan suatu komponen elektronika yang berperan mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Cara kerja *buzzer* serupa dengan *loudspeaker*, dimana *buzzer* juga memiliki kumparan yang terpasang pada diafragma. Ketika arus mengalir melalui kumparan, maka akan tercipta elektromagnet yang menarik atau mendorong kumparan ke dalam atau keluar, bergantung pada arah dan polaritas magnetnya [37].



Gambar 2.10 Simbol dan bentuk *buzzer* [37]

Terdapat dua kategori *buzzer*, yakni *buzzer* aktif dan *buzzer* pasif. *Buzzer* aktif memiliki kemampuan untuk menghasilkan suara ketika diberi sumber tegangan, sehingga dapat bekerja sendiri untuk mengeluarkan bunyi. Di sisi lain, *buzzer* pasif adalah jenis *buzzer* yang tidak dapat menghasilkan suara sendiri, sehingga membutuhkan pengontrol tambahan untuk mengatur tingkat tinggi rendahnya suara yang dihasilkan [38].