

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya (*State of the Art*)

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis melakukan studi literatur yaitu mencari referensi penelitian sebelumnya termasuk beberapa jurnal yang berhubungan dengan penelitian. Adapun perbandingan penelitian ini berfungsi untuk menganalisis dan memperkaya bahasan dalam penulisan tugas akhir, serta membedakan penelitian dari penelitian sebelumnya. Berikut beberapa jurnal yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan tugas akhir.

Tabel 2. 1 *State of the Art*

Penulis	Tahun	Judul	Aplikasi	Hasil Penelitian
Tara, Kusum Sarkar, Ajay Krishno Khan, Muhammad Abdul Goffar Mou, Jannatul Robaiat[11]	2018	<i>Detection of cardiac disorder using MATLAB based graphical user interface (GUI)</i>	MATLAB	Menghasilkan analisis sinyal EKG dari <i>database</i> MIT-BIH yang menerapkan <i>bandpass filter</i> , dengan empat subjek yaitu ritme sinus normal, fibrilasi atrium, aritmia ventrikel, dan aritmia.
Priyanka Mayapur[12]	2018	<i>Classification of Arrhythmia from ECG Signals using MATLAB</i>	MATLAB	Menghasilkan analisis sinyal EKG <i>Lead-II</i> dari <i>database</i> MIT-BIH, AHA, ESC, UCI

Penulis	Tahun	Judul	Aplikasi	Hasil Penelitian
				meliputi klasifikasi EKG abnormal dan aritmia
Das, Anuja Behera, Shreetam Panda, Tusharkant [6]	2020	<i>IDENTIFICATION OF TACHYCARDIA AND BRADYCARDIA HEART DISORDERS USING WAVELET TRANSFORM BASED QRS DETECTION</i>	MATLAB	Menghasilkan perhitungan detak jantung dari sinyal EKG secara <i>real time</i> dari MIT-BIH yang menerapkan Transformasi Wavelet untuk deteksi puncak-R.
Ehnes, Mahmoud Abatis, Panos Schlindwein, Fernando S.[13]	2020	<i>A portable electrocardiogram for real-time monitoring of cardiac signals</i>	MATLAB dan LabVIEW	Menghasilkan sinyal EKG secara <i>real-time</i> yang bebas <i>noise</i> dan distorsi yang menerapkan <i>filtering circuit</i> dengan menggunakan amplifier INA128 120dB, level antara 1 dan 10.000.
Hariri, Ria Hakim,Lutfi Lestari,	2020	Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan	Arduino IDE	Menghasilkan alat untuk montoring denyut jantung

Penulis	Tahun	Judul	Aplikasi	Hasil Penelitian
Riska Fita [14]		Sensor AD8232		berbasis IoT (<i>Internet of Things</i>) dengan persentase <i>error</i> 1,21%.
Sihombing, Poltak Barus, Yose E. Sembiring, Sajadin Zamzami, Elviwati M. [15]	2020	<i>The Development of Heart Rate Detection Using Arduino Microcontroller and Android</i>	Arduino IDE	Menghasilkan sistem deteksi serangan jantung dengan menggunakan <i>pulse sensor</i> dengan dua kondisi deteksi yaitu normal dan abnormal.

2.2 Elektrokardiogram (EKG)

Elektrokardiogram (EKG) adalah pemeriksaan kesehatan yang bertujuan untuk mengukur dan merekam aktivitas listrik jantung manusia. Tes ini membutuhkan mesin pendeteksi yang disebut elektrokardiograf, yang berfungsi untuk menerjemahkan impuls listrik menjadi sebuah grafik yang ditampilkan dalam layar [16].

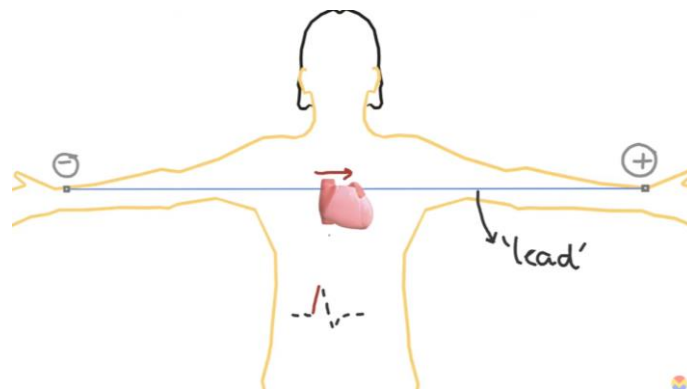


Gambar 2. 1 Elektroda EKG

(Sumber: <https://www.realme.fr/3656-electrode-ecg-3m-red-dot-2660-5.html>)

Sinyal EKG diperoleh dengan menempelkan elektroda pada tubuh [9]. Elektroda sebagian besar terbuat dari perak yang merupakan konduktor listrik

yang sangat baik dan cukup sensitif untuk menangkap voltase perubahan dan arah gerakan arus di dalam jantung. EKG merekam aktivitas bioelektrik jantung dengan sepasang elektroda, yaitu satu elektroda positif (anode) dan satu elektroda negatif (katode). Ketika meletakkan dua elektroda pada titik yang berbeda pada tubuh, maka akan menciptakan sirkuit imajiner. Hubungan ini difasilitasi tubuh antara dua elektroda yang disebut *lead* [17].



Gambar 2. 2 Lead

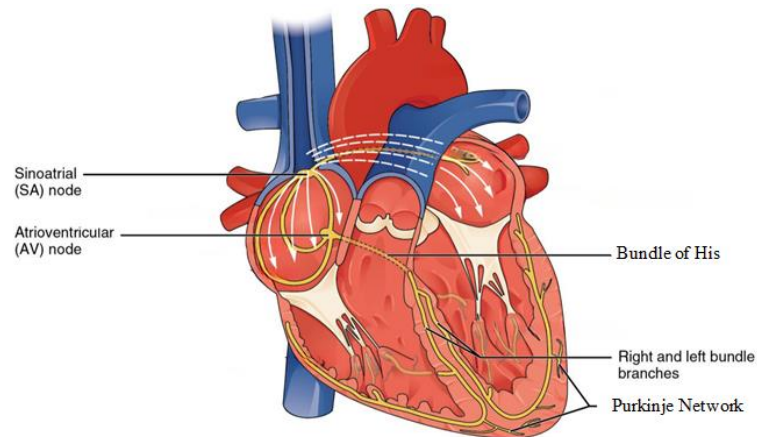
(Sumber: <https://youtu.be/C35Lq2vntzU>)

Tujuan utama dari EKG adalah untuk melihat aktivitas jantung, dan juga untuk melihat struktur dan fungsi jantung. Pemeriksaan elektrokardiogram umumnya tidak membutuhkan waktu yang lama. Biasanya, tes ini hanya berlangsung selama 5 sampai 8 menit. Pasien akan diminta untuk berbaring di kasur. Namun, sebelumnya mereka harus melepaskan pakaian bagian atas dan berbagai aksesoris seperti kalung. Setelah berbaring, maka perawat mulai menempelkan elektroda di bagian dada, tungkai, dan lengan pasien. Sebaiknya mungkin jangan banyak bergerak ataupun berbicara pada saat ini. Kabel dari elektroda ini akan tersambung ke mesin EKG dan merekam seluruh aktivitas kelistrikan jantung. Kemudian, hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk grafik di layar peninjau. Kemudian dokter akan menginterpretasikan hasil pemeriksaan dan kemudian dicetak ke kertas [16].

2.2.1 Sistem Kelistrikan Jantung

Jantung adalah organ dengan ukuran sebesar kepala tangan yang tugasnya memompa dan mendistribusikan darah beroksigen ke seluruh tubuh [4]. Fungsi

utama jantung adalah memompa darah ke seluruh tubuh. Kontraksi sel otot jantung terjadi oleh adanya potensial aksi yang dihantarkan sepanjang membran sel otot jantung. Jantung akan berkontraksi secara ritmik, akibat adanya impuls listrik yang dibangkitkan oleh jantung sendiri yang disebut *autorhythmicity*. Sifat ini dimiliki oleh sel khusus otot jantung [18].



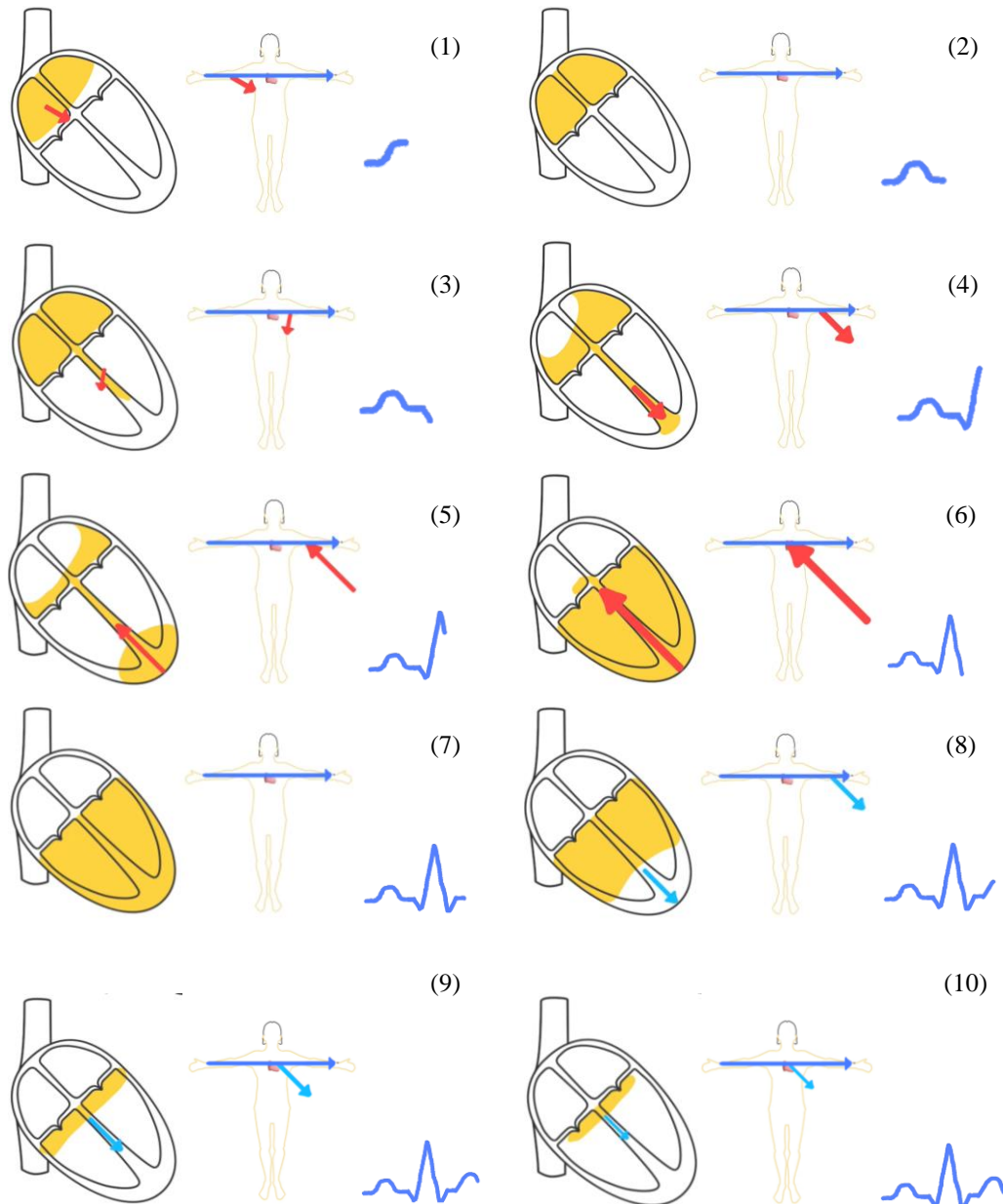
Gambar 2. 3 Sel-Sel Konduksi Jantung

(Sumber: <https://www.greelane.com/id/sains-teknologi-matematika/ilmu/heart-nodes-anatomy/>)

Sel-sel jantung yang mampu mengalami otoritmitas yaitu :

1. Nodus sinoatrium / *Sinoatrial Node* (SA Node), daerah kecil khusus di dinding atrium kanan dekat lubang vena kava superior.
2. Nodus atrioventrikel / *Atrioventricular Node* (AV Node), sebuah berkas kecil sel-sel otot jantung khusus di dasar atrium kanan dekat septum, tepat di atas pertautan atrium dan ventrikel.
3. Berkas His / (*Bundle of His*), suatu jaras sel-sel khusus yang berasal dari nodus AV dan masuk ke septum antar ventrikel, tempat berkas tersebut bercabang membentuk berkas kanan dan kiri yang berjalan ke bawah melalui seputum, melingkari ujung bilik ventrikel dan kembali ke atrium di sepanjang dinding luar.
4. *Left Bundle Branch* (LBB) and *Right Bundle Branch* (RBB), merupakan percabangan dari *Bundle of His* ke kiri dan ke kanan.
5. Serabut Purkinje / *Purkinje Network*, serat-serat halus yang berjalan dari berkas His dan menyebar ke seluruh miokardium ventrikel seperti ranting-ranting pohon [18].

Sistem akan dimulai dari SA Node yang spontan mengeluarkan impuls, kemudian impuls ini akan menyebar ke semua sel otot atrium yang menyebabkan sel otot atrium berdepolarisasi dan berkontraksi (1).



Gambar 2. 4 Sistem Kelistrikan Jantung
(Sumber: <https://youtu.be/C35Lq2vntzU>)

Setelah seluruh sel atrium terangsang dan berkontraksi, impuls akan diteruskan ke ventrikel hanya melalui AV Node dan tidak ada jalan lain karena antara atrium dan ventrikel dibatasi oleh jaringan fibrous yang normalnya tidak bisa dilewati impuls kecuali ada kelainan. Di AV Node, impuls akan ditahan

sebentar untuk memberikan kesempatan kepada kedua ventrikel untuk mengisi darah sebelum berkontraksi (2).

Setelah kedua impuls di AV node, impuls akan diteruskan ke *Bundle of His* dan cabangnya yaitu *Left Bundle Branch* (cabang *Bundle of His* sebelah kiri) yang akan merangsang sel-sel otot ventrikel kiri dan ke *Right Bundle Branch* (cabang *Bundle of His* sebelah kanan) yang akan merangsang sel-sel otot ventrikel kanan (3).

Saat impuls menuju atrium ada gerakan positif pada jejak dimana vektor sejajar dengan vektor arus (4). Ada sedikit gerakan negatif karena sisi kanan *bundle* depolarisasi sebelum sisi kiri sehingga besarnya menghadap ke arah menjauh dari *lead* maka memiliki defleksi positif dan kemudian defleksi negatif sebagai arus menyebar melalui ventrikel (5) (6). Kemudian vektor arus kembali ke garis dasarnya (7).

Tahap berikutnya dari siklus adalah repolarisasi, repolarisasi adalah proses setiap sel kembali ke potensi membran istirahatnya. yaitu sebagai penyebaran arus negatif. Karena depolarisasi sebagai proses bagian sel menjadi *less negative*, jadi repolarisasi adalah bagian dalam sel menjadi lebih *more negative*. Sehingga meskipun gelombang repolarisasi bergerak ke arah berlawanan vektor arus diartikan sebagai defleksi positif pada EKG. (8) (9) (10) Ketika arus menuju ke kutub positif dari *lead*, itu adalah defleksi positif pembacaan EKG. Defleksi ini menunjukkan jumlah jaringan jantung yang mengalami depolarisasi pada saat pengukuran [17].

2.2.2 Cara Pemasangan Elektroda EKG

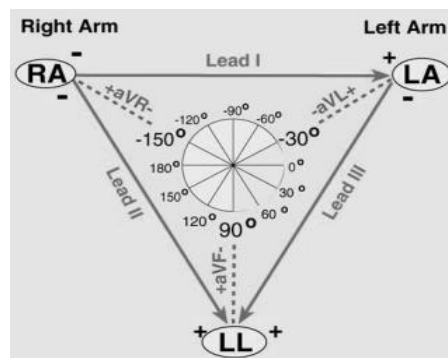
Terdapat tiga teknik yang digunakan dalam elektrokardiografi meliputi :

1. *Standart clinical ECG*, menggunakan teknik 10 elektroda dengan 12 *lead* yang ditempatkan pada titik - titik tubuh tertentu. Teknik ini digunakan untuk menganalisa pasien.
2. *Vectorcardiogram*, menggunakan tiga elektroda yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini menggunakan pemodelan potensial

tubuh vektor tiga dimensi dengan menggunakan sandapan baku bipolar (*Einthoven*). Dari sini akan dihasilkan gambar grafis dari eksitasi jantung.

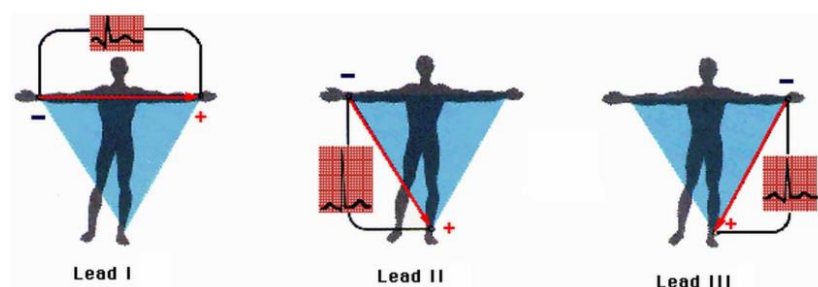
3. *Monitoring ECG*, teknik ini menggunakan 1 atau 2 elektroda yang ditempatkan pada titik - titik tubuh tertentu. Teknik ini digunakan untuk memonitor pasien dalam jangka panjang [19].

Ada banyak pilihan untuk penempatan posisi elektroda. Posisi sandapan EKG (*lead ECG*) berpengaruh terhadap arah aliran listrik yang akan memberikan gambaran EKG yang khas. Ketika aliran listrik menjauhi *lead*, maka gambaran sinyal yang dihasilkan adalah defleksi negatif (ke bawah). Jika aliran listrik arahnya menuju *lead*, maka gambaran sinyal EKG yang dihasilkan adalah defleksi positif (runcing ke atas) [10]. Dalam penelitian ini akan menggunakan metode *Einthoven's Triangle* dengan penempatan *lead* dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 5 Metode *Einthoven's Triangle*

(Sumber: https://www.researchgate.net/figure/11-Augmented-Limb-Lead-Placement-2413-Precordial-Leads_fig3_320076417)



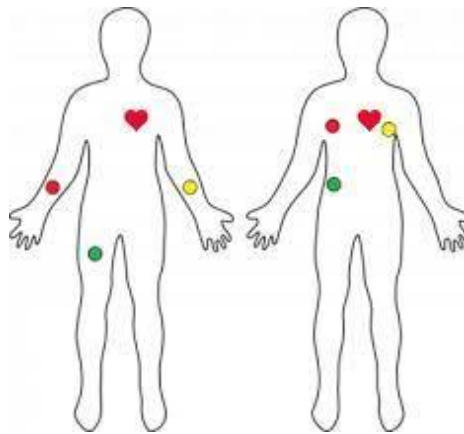
Gambar 2. 6 Penempatan *Lead Ekstremitas*

(Sumber: https://www.researchgate.net/figure/11-Augmented-Limb-Lead-Placement-2413-Precordial-Leads_fig3_320076417)

Lead I, *II* dan *III* disebut *lead* ekstremitas karena elektroda yang sesuai ditempatkan pada tungkai pasien. Mereka membentuk dasar yang dikenal sebagai *Einthoven's triangle* [20].

1. *Lead I* : merekam beda potensial antara tangan kanan (RA) dengan tangan kiri (LA), dengan tangan kanan bermuatan (-) dan tangan kiri bermuatan (+).
2. *Lead II* : merekam beda potensial antara tangan kanan (RA) dengan kaki kiri (LF), dengan tangan kanan bermuatan (-) dan kaki kiri bermuatan (+).
3. *Lead III* : merekam beda potensial antara tangan kiri (LA) dengan kaki kiri (LF), dengan tangan kiri bermuatan (-) dan kaki kiri bermuatan (+) [21].

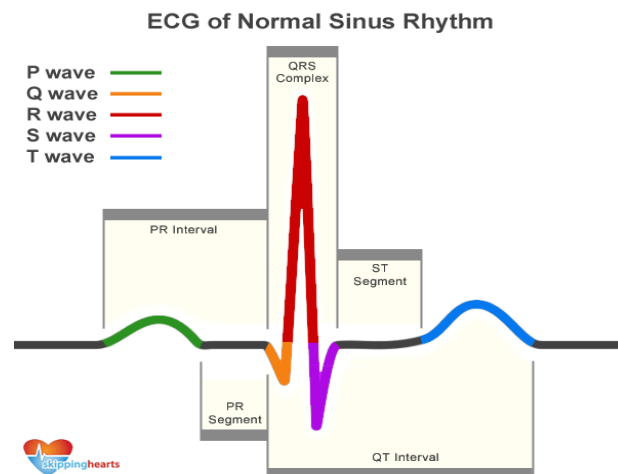
Gambar 2.7 dibawah ini merupakan penempatan posisi elektroda dari sensor AD8232.



Gambar 2. 7 Penempatan Elektroda Sensor AD8232

(Sumber: <https://www.sinauprogramming.com/2021/02/sistem-pemantauan-sinyal-jantung-ad8232.html>)

2.2.3 Gelombang Sinyal EKG Normal



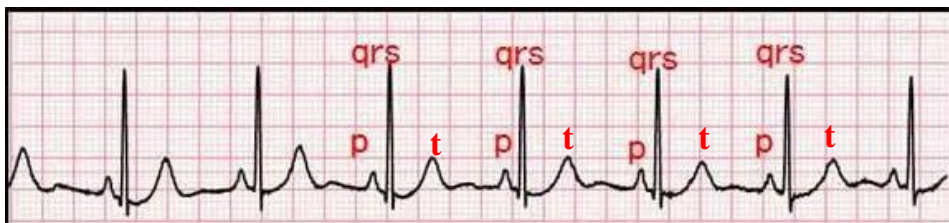
(Sumber: http://3.bp.blogspot.com/-f0I22EnpThg/VFIbrUD-dwI/AAAAAAAAADFA/VocHeueVI0I/s1600/ecg_normal_sinus_rhythm.gif)

Tabel 2. 2 Komponen Dasar Gambaran Sinyal EKG Normal

Defleksi	Deskripsi
Gelombang P	Gelombang yang umumnya berukuran kecil dan merupakan hasil depolarisasi atrium kanan dan kiri. Amplitudo normal dari gelombang P < 0,3 mV, durasi normal 40 - 110 ms.
Interval PR	Garis isoelektrik yang menghubungkan gelombang P ke awal kompleks QRS yang biasanya panjangnya 120-200 ms. Pada pencatatan EKG, ini berhubungan dengan 3-5 kotak kecil [19]. Menggambarkan aktivitas listrik dari atrium ke ventrikel.
Gelombang Kompleks QRS	Suatu kelompok gelombang yang merupakan hasil depolarisasi ventrikel kanan dan kiri. Gelombang kompleks QRS pada umumnya terdiri dari gelombang Q yang merupakan gelombang ke bawah (defleksi negatif) yang pertama dengan amplitudo 25% dari gelombang R. Gelombang R yang merupakan gelombang ke atas (defleksi positif) yang pertama dengan amplitudo 1,6 – 3 mV, dan gelombang S yang merupakan gelombang ke bawah (defleksi negatif) pertama setelah gelombang R dengan amplitudo 0,1–

Defleksi	Deskripsi
	0,5 mV. Kompleks QRS yang normal berdurasi 60 - 100 ms yang ditunjukkan dengan 3 kotak kecil atau kurang, namun setiap ketidak normalan konduksi bisa lebih panjang, dan menyebabkan perluasan kompleks QRS [10].
Gelombang ST	Garis isoelektrik yang menghubungkan kompleks QRS dan gelombang T. Pengukuran waktu antara depolarisasi ventrikel dan awal repolarisasi ventrikel yang berdurasi 50– 150 ms.
Gelombang T	Potensial repolarisasi ventrikel kanan dan kiri. Gelombang T merupakan lengkung positif setelah Kompleks QRS yang mempresentasikan repolarisasi ventrikel dengan amplitudo 0,1 – 0,5 mV.
Interval QT	Pengukuran waktu dari awal QRS sampai akhir gelombang T yang mempresentasikan aktivitas ventrikel yang berdurasi 350 – 440 ms.

Sinyal diatas merupakan sinyal yang muncul ketika jantung berkontraksi. Jika lima komponen dasar diatas ada dalam sebuah gambaran EKG, artinya kemungkinan besar aktivitas listrik jantung pasien tersebut **NORMAL** [9].



Gambar 2. 9 Gambaran EKG Normal Pada Kertas Standar
(Sumber: <https://dokterpost.com/tentang-membaca-ekg-dasar-banget/>)

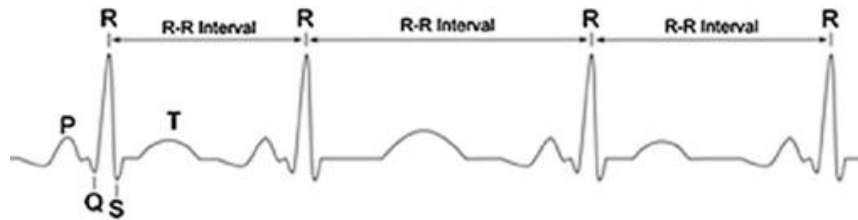
Detak jantung dapat dihitung dengan menggunakan frekuensi sampling (f_s) dibagi waktu interval puncak gelombang R-R (t_{R-R}), kemudian dikali dengan 60 (detik atau waktu dalam satu menit) dan akan menghasilkan detak jantung dalam *beats per minute* (BPM) atau detak/menit [22].

$$\text{Detak Jantung} = \frac{f_s}{t_{R-R}} \times 60 \text{ s} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

f_s : frekuensi sampling (*beat*)

t_{R-R} : waktu interval puncak gelombang R-R (s)



Gambar 2. 10 Interval Puncak R-R

(Sumber: https://www.researchgate.net/publication/291339225_Heart-Based_Biometrics_and_Possible_Use_of_Heart_Rate_Variability_in_Biometric_Recognition_Systems)

2.2.4 Aritmia

Gangguan irama jantung atau aritmia merupakan komplikasi yang sering terjadi pada infark miokardium. Aritmia atau disritmia adalah perubahan pada frekuensi dan irama jantung yang disebabkan oleh konduksi elektrolit abnormal atau otomatis [23]. Aritmia jantung (*heart arrhythmia*) menyebabkan detak jantung menjadi terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur. Berdasarkan usianya, detak jantung normal berada pada kisaran berikut:

1. Dewasa : 60-100 kali dalam satu menit.
2. Anak-anak usia 1-12 tahun : 80-110 kali dalam satu menit.
3. Bayi (kurang dari 1 tahun) : 100-160 kali dalam satu menit [24].

Seseorang yang memiliki jantung sehat juga berpotensi terkena aritmia jika berada dalam kondisi sebagai berikut :

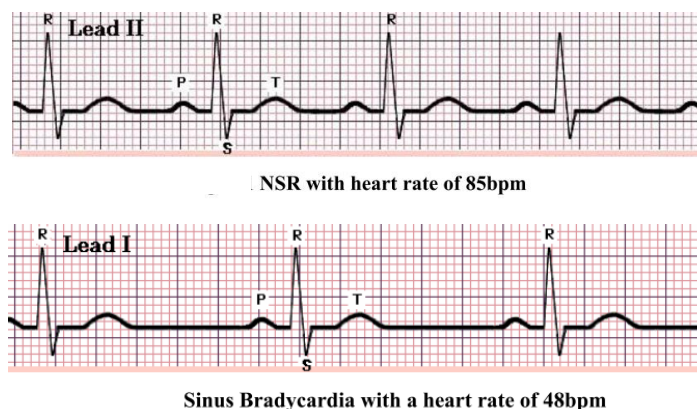
1. Penyalahgunaan alkohol.
2. Diabetes.
3. Konsumsi kafein berlebihan.
4. Penyakit jantung.
5. Hipertensi.
6. Gangguan hormonal (contoh: hipertiroid).
7. Tegang atau stres emosional.

8. Jaringan parut di jantung menjadi pemicu serangan jantung.
9. Merokok.
10. Mengonsumsi obat-obatan [1].

Kebanyakan kasus gangguan detak jantung sering timbul tanpa gejala apapun, sehingga membuat seseorang tak sadar jika dirinya terkena aritmia. Aritmia jantung umumnya tidak berbahaya. Namun, jika detak jantung sudah mulai terasa tidak biasa, maka bisa berakibat fatal hingga menyebabkan kematian mendadak [25]. Berdasarkan jumlah detak jantung aritmia terbagi dua bagian yaitu:

1. Sinus Bradikardia

Sinus bradikardia adalah kondisi ketika jantung berdetak sangat lambat yaitu kurang dari 60 kali per menit [7]. Melambatnya detak jantung umumnya merupakan hal yang normal, banyak orang yang sehat dengan detak jantung 50-60 kali per menit saat beristirahat, khususnya atlet atau orang yang biasa berolahraga. Namun, jika disertai gejala pusing atau sesak napas, detak jantung yang melambat bisa menjadi tanda adanya gangguan pada aktivitas listrik jantung [25]. **Gambar 2.11** menunjukkan perbedaan bentuk sinyal EKG dari irama normal dan bradikardia.



Gambar 2. 11 Hasil EKG Sinus Bradikardia

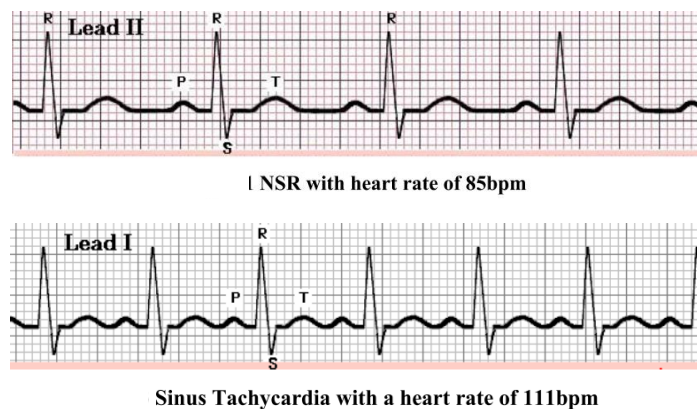
(Sumber: *OPEN HEART : ECG Based Cardiac Disease Analysis & Diagnosis System By Department of Electrical Engineering Pakistan Institute of Engineering and Applied Sciences*)

Bila jantung berdenyut sangat lambat, maka jumlah darah yang mengalir di dalam sirkulasi menjadi berkurang, sehingga kebutuhan tubuh tidak terpenuhi. Hal ini akan menimbulkan gejala seperti mudah lelah, sesak,

pusing bahkan sampai pingsan. Yang berbahaya, bila jumlah darah yang menuju otak menjadi berkurang bahkan minimal sehingga terjadi pingsan atau perasaan melayang. Pada keadaan yang lebih parah dapat menyebabkan *stroke* hingga kematian [26].

2. Sinus Takikardia

Sinus takikardia adalah keadaan ketika detak jantung melebihi 100 kali per menit [7]. Angka ini bervariasi sesuai usia, karena detak jantung orang yang lebih muda secara alami lebih cepat daripada detak jantung orang yang lebih tua [20]. Kondisi percepatan detak jantung tersebut sebenarnya normal terjadi saat seseorang sedang berolahraga, atau sebagai respon tubuh terhadap stres, trauma, serta penyakit [27].



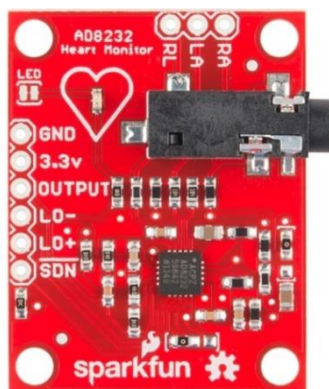
Gambar 2. 12 Hasil EKG Sinus Takikardia

(Sumber: *OPEN HEART : ECG Based Cardiac Disease Analysis & Diagnosis System*
By Department of Electrical Engineering Pakistan Institute of Engineering and Applied Sciences)

Takikardia dapat dikatakan abnormal ketika serambi atau bilik jantung berdetak lebih cepat, walaupun saat sedang beristirahat. bila jantung berdenyut terlalu cepat maka jantung akan mengalami kelelahan dan akan menimbulkan gejala-gejala berdebar yang biasanya disertai perasaan takut karena debaran jantung yang begitu cepat (sampai lebih dari 200 kali permenit). Pada keadaan yang ekstrim dimana bilik jantung berdenyut sangat cepat dan tidak terkendali, maka terjadi kegagalan sirkulasi darah yang bila dilakukan pertolongan cepat dengan kejut listrik (*DC shock*) dapat mengakibatkan kematian [28].

2.3 Sensor EKG AD8232

Sensor AD8232 merupakan sebuah blok pengkondisian sinyal yang mampu mengekstrak, menyaring dan memperkuat sinyal biopotensial jantung yang sangat bising. Sensor ini mendapatkan input sinyal biopotensial melalui elektroda-elektroda yang ditempatkan pada bagian tubuh tertentu berdasarkan metode *Einthoven's Triangle*.

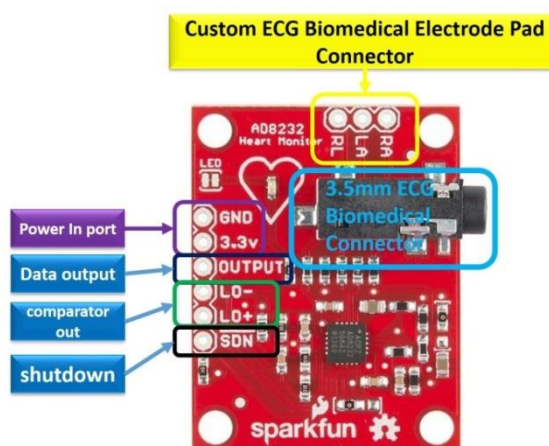


Gambar 2. 13 Sensor AD8232

(Sumber : <https://theorycircuit.com/heart-rate-monitor-ad8232-interface-arduino/>)

Sensor AD8232 memiliki konfigurasi pin sebagai berikut :

1. Pin input daya (3.3V, GND)
2. Pin konektor elektroda (RA, LA, RL, jack *female* 3,5 mm)
3. Pin keluaran data (OUTPUT)
4. Pin keluaran deteksi *lead* (LO-, LO+)
5. Pin kontrol *shutdown* (~ SDN)



Gambar 2. 14 Konfigurasi Pin Sensor AD8232

(Sumber : <https://microcontrollerslab.com/ad8232-ecg-module-pinout-interfacing-with-arduino-applicationsfeatures>)

2.3.1 Prinsip Kerja Modul Sensor AD8232

Sensor AD8232 didasarkan teknik EKG tiga *lead*, yaitu menggunakan elektroda kuning dengan kutub positif, elektroda berwarna merah dengan kutub negatif dan elektroda berwarna hijau sebagai ground dengan luaran pembacaan sinyal analog. Elektroda mendapatkan sinyal-sinyal biolistrik berdasarkan prinsip kontak antara ion metal dengan metal yang bersesuaian menghasilkan potensial listrik yang disebut potensial elektroda. Potensial elektroda dihasilkan karena adanya peredaan laju perpindahan ion masuk dan keluar metal.

2.3.2 Spesifikasi Sensor AD8232

Berikut ini beberapa spesifikasi dari sensor AD8232:

1. Tegangan operasi : 2.5 VDC – 3.3 VDC
2. Arus pengoperasian : 170 μ A.
3. *Range temperature* : 0°C hingga 70°C
4. *Working temperature* : - 40°C hingga 85°C
5. Dimensi *module* : 3.5 cm x 3 cm.
6. *Common-mode rejection ratio* : 80 dB pada 60 Hz.
7. Pelepasan elektrostatis untuk tubuh manusia : 8 kV.
8. Sinyal keluaran analog yang mudah dibaca dengan mikrokontroler.
9. Indikator pada *module* menunjukkan ritme detak jantung manusia.
10. EKG konvensional cukup banyak *noise*, *module* ini bertindak sebagai penguat operasional untuk mengekstraksi sinyal yang jelas selama interval PR dan QT detak jantung.
11. Mendeteksi *lead* mana yang terhubung atau terputus.
12. Memiliki pin *shutdown* yang dapat digunakan dalam mode hemat energi.

2.4 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang memiliki 14 pin input/output digital (enam di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), enam input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB,

colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol reset [29]. Istilah *Uno* berarti "satu" dalam bahasa Italia dan dipilih untuk menandai perilsan perangkat lunak IDE 1.0 Arduino.



Gambar 2. 15 Arduino Uno R3

(Sumber: <https://dayatarduino.blogspot.com/2015/01/pengertian-arduino-uno.html>)

Jenis Arduino ini adalah *board* arduino versi ketiga yang dirilis pada tahun 2011. Keuntungan utama dari *board* ini adalah jika pengguna melakukan kesalahan, pengguna Arduino Uno R3 dapat mengubah mikrokontroler pada *board* tersebut. Fitur utama dari board ini terutama meliputi, tersedia dalam DIP (*Dual-Inline-Package*), dapat dilepas dan mikrokontroler ATmega328P.

2.4.1 Prinsip Kerja Arduino Uno R3



Gambar 2. 16 Diagram Blok Proses Kerja Arduino

(Sumber: <https://dayatarduino.blogspot.com/2015/01/pengertian-arduino-uno.html>)

Berdasarkan diagram blok diatas, berikut ini adalah penjelasan dari prinsip kerja dari Arduino :

1. Pembacaan Data Oleh Komponen Input

Hal pertama yang berlangsung adalah komponen input yang dihubungkan ke Arduino akan melakukan pembacaan atau pengukuran data yang jadi pemicu. Misalnya berupa jarak, cahaya, getaran, atau suara.

2. Data Dikirim Ke Pin Input Arduino

Pin input adalah perantara yang menghubungkan antara Arduino dan komponen input. Jadi, data yang didapatkan dari pengukuran dan pembacaan komponen input akan dikirim ke pin input Arduino.

3. Data Masuk Ke Mikrokontroler (Inti Arduino)

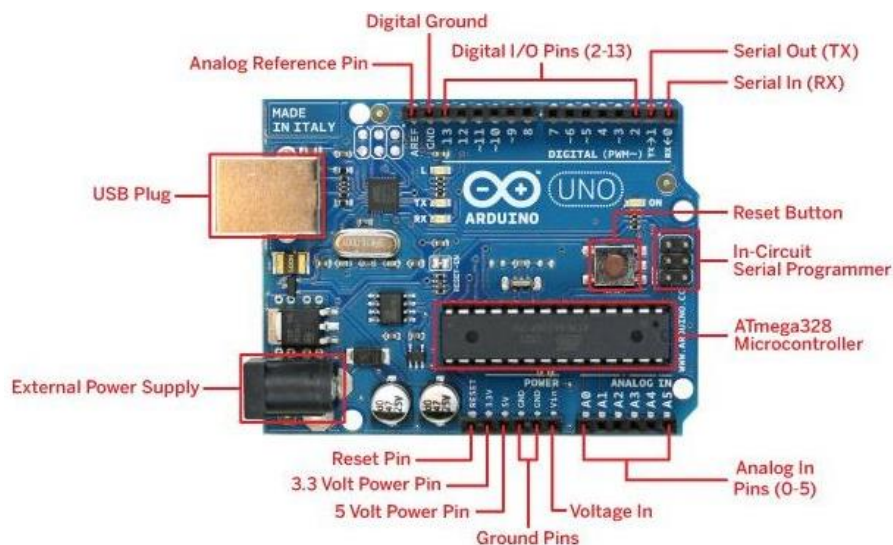
Data yang ada pada pin input Arduino akan dibawa ke mikrokontroler atau inti Arduino untuk masuk ke tahapan berikutnya, yaitu tahap pemrosesan data. Data yang masuk ke mikrokontroler akan diproses berdasarkan perintah atau program yang diberikan. Dalam tahapan ini, diberikan instruksi atau perintah yang akan dijalankan perangkat output nantinya. Untuk memberikan perintah pada mikrokontroler Arduino, menggunakan bahasa pemrograman C dan melalui *Software* Arduino IDE.

4. Data Dikirim Ke Pin Output Arduino

Setelah data diproses, maka selanjutnya data akan dikirim ke pin output Arduino. Layaknya pin input, pin output Arduino juga berperan sebagai perantara yang menghubungkan antara Arduino dan perangkat output. Rata-rata Arduino memiliki 14 pin yang dapat digunakan sebagai pin input maupun pin output.

5. Data Disalurkan Ke Komponen Output

Data yang ada pada pin output Arduino, selanjutnya akan disalurkan ke komponen output. Jadi, semua instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler akan langsung dijalankan oleh komponen output seperti relay, lampu LED, buzzer, dan sebagainya.



Gambar 2. 17 Pin Diagram Arduino Uno R3

(Sumber: <https://www.elprocus.com/what-is-arduino-uno-r3-pin-diagram-specification-and-applications/>)

Arduino Uno R3 terdiri dari 14 digit pin I/O (Input/Output). Dari pin ini, 6 pin dapat dimanfaatkan sebagai output PWM. Arduino Uno R3 juga terdiri dari enam input analog, pin power dan pin lainnya yang mendukung cara kerja Arduino Uno R3.

1.4.2 Spesifikasi Arduino Uno R3

Berikut ini beberapa spesifikasi dari Arduino Uno R3:

1. Mikrokontroler : ATmega328P
2. *Clock speed* : 16MHz
3. Konektor USB : USB-B
4. Tegangan operasi : +5V
5. Tegangan input : +7V sampai +12V
6. Tegangan output : +5V dan +3.3V
7. Arus DC per pin I/O : 20 mA
8. Arus DC untuk Pin 3.3V : 50 mA
9. *Flash memory* : 32 KB
10. SRAM : 2KB
11. EEPROM : 1KB
12. Pin I/O Digital : 14

- 13. Pin I/O Digital PWM : 6
- 14. Pin Input Analog : 6
- 15. Ukuran *board* : 74.9×53.3mm

2.5 MATLAB

MATLAB merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman, analisis, serta komputasi teknis dan matematis berbasis matriks. MATLAB adalah singkatan dari *Matrix Laboratory* karena mampu menyelesaikan masalah perhitungan dalam bentuk matriks. MATLAB versi pertama dirilis pada tahun 1970 oleh Cleve Moler. Pada awalnya, MATLAB didesain untuk menyelesaikan masalah-masalah persamaan aljabar linear. Seiring berjalannya waktu, program ini terus mengalami perkembangan dari segi fungsi dan performa komputasi [30].



Gambar 2. 18 Logo MATLAB

(Sumber: <https://research.computing.yale.edu/event/deep-learning-workflows-matlab>)

MATLAB menggunakan *high-level matrix / array language* yang bisa mengolah berbagai program atau fungsi yang kompleks [31]. Bahasa pemrograman yang kini dikembangkan oleh MathWorks Inc. menggabungkan proses pemrograman, komputasi, dan visualisasi melalui lingkungan kerja yang mudah digunakan. MATLAB juga memiliki keunggulan umum lainnya, seperti analisis dan eksplorasi data, pengembangan algoritma, pemodelan dan simulasi, visualisasi plot dalam bentuk 2D dan 3D, hingga pengembangan aplikasi antar muka grafis.

2.5.1 Fungsi Software MATLAB

1. Menyelesaikan Masalah *Engineering*

Karena matematika merupakan bagian penting dari teknik, MATLAB dapat sangat membantu dalam memecahkan berbagai masalah yang dihadapi oleh para insinyur. Karena MATLAB dapat menangani bilangan dan model kompleks, jadi dapat merancang, menguji, dan mengembangkan solusi lebih cepat.

2. Mengolah Permasalahan Aljabar Linear

Aljabar linier tidak hanya diperlukan untuk menyelesaikan masalah di sekolah. Di tempat kerja, aljabar linier digunakan untuk menghitung tingkat pengembalian investasi (ROI). Selain itu juga berguna dalam beberapa kasus berikut :

- a) Perkiraan penjualan perusahaan.
- b) Kontrol inventaris.
- c) Buat rencana keuangan.
- d) Membuat keputusan bisnis yang baik.

Tentu saja angka yang diproses biasanya besar, jadi menggunakan MATLAB membuat prosesnya sangat berguna.

3. Analisis Numerik

Analisis numerik adalah bagian dari ilmu statistik dan sering membantu membuat keputusan dalam berbagai disiplin ilmu teknik seperti arsitektur, teknik sipil, dan bahkan teknik industri. MATLAB menyederhanakan pemrosesan data.

4. Mengolah Data Riset

MATLAB adalah program yang dapat digunakan untuk memvalidasi hasil penelitian dengan menggunakan berbagai metode. Serta juga dapat memvisualisasikan hasil penelitian.

5. Simulasi

MATLAB memungkinkan untuk membuat model atau algoritma untuk memecahkan masalah. Program ini dapat menguji keberhasilan suatu model atau algoritma dengan mensimulasikan hasil akhir.

2.5.2 Sistem Software MATLAB

Terdapat lima bagian sistem dalam *software* MATLAB, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *MATLAB Language*

MATLAB menggunakan bahasa matriks/array tingkat tinggi yang dapat menangani program dan fungsi yang kompleks.

2. *Working Environment*

MATLAB *working environment* adalah kumpulan *tools* dan fasilitas yang tersedia untuk bekerja di platform ini. Dengan *tools* dan fasilitas tersebut, pengguna bisa mengelola variabel yang digunakan serta mengimpor dan mengeksport data.

3. Sistem Grafis

Sistem grafis MATLAB adalah bagian yang digunakan untuk mengolah gambar, memvisualisasikan data, membuat animasi, dan menampilkan grafik.

4. *Mathematical Function Library*

MATLAB memiliki kumpulan algoritma komputasi, dari yang sederhana hingga yang sangat kompleks. Semua ini dapat dilakukan dengan kecepatan tinggi selama perangkat keras mendukungnya.

5. *Application Program Interface (API)*

API di MATLAB adalah fitur yang menyediakan akses bagi pengguna untuk menulis program C dan Fortran.

2.5.3 Dasar-Dasar Pengoperasian MATLAB

MATLAB dapat dioperasikan pada sistem operasi Windows, Linux, maupun macOS. Selain itu, MATLAB juga bisa dihubungkan dengan aplikasi atau bahasa pemrograman eksternal lainnya, seperti C, Java, .NET, dan Microsoft Excel. Dalam MATLAB tersedia pula kotak kakas (toolbox) yang dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi khusus, seperti pengolahan sinyal, sistem kontrol, logika fuzzy, jaringan saraf tiruan, optimasi, pengolahan citra digital, bioinformatika, simulasi, dan berbagai teknologi lainnya.

Di dalam MATLAB terdapat dua bagian penting yaitu *MATLAB editor* dan *simulink*. *MATLAB editor* berfungsi untuk menuliskan *listing* program, sedangkan *simulink* berfungsi untuk melakukan simulasi menggunakan diagram blok. Dengan menggunakan *simulink* yang merupakan kesatuan dalam program, kita dapat melakukan suatu pemodelan sistem kontrol atau suatu *plant* yang akan diatur. Hal itu dapat didesain dengan menggunakan blok-blok yang telah tersedia serta *setting* parameter-parameter akan menjadi lebih mudah. Blok-blok *simulink* juga dapat dibentuk dari persamaan matematika dengan menggunakan blok *transfer function* sehingga kita dapat menuliskan persamaan dalam blok tersebut sesuai dengan parameter yang akan dicari.

2.6 Pulse Oximeter

Oximeter adalah alat yang digunakan untuk memeriksa seberapa baik jantung memompa oksigen ke seluruh tubuh dan seberapa baik paru-paru dapat melakukan pertukaran gas di dalam tubuh.



Gambar 2. 19 *Finger Pulse Oximeter*

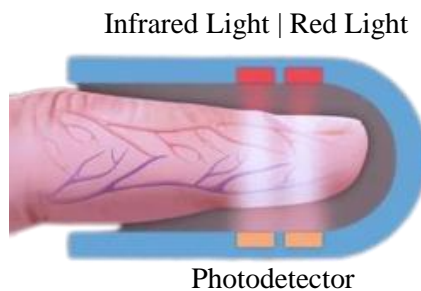
(Sumber: <https://productnation.co/ph/27558/best-pulse-oximeter-philippines/>)

Beberapa dokter menggunakan alat ini untuk menilai keamanan aktivitas fisik pada orang dengan masalah kardiovaskular, pernapasan, atau mungkin menyarankan penggunaannya saat berolahraga [32].

2.6.1 Prinsip Kerja *Finger Pulse Oximeter*

Pulse oximeter bekerja dengan melewatkan cahaya merah dan inframerah melalui pembuluh kapiler yang berdenyut. Rasio cahaya darah merah dan

inframerah yang ditransmisikan memberikan ukuran saturasi oksigen darah. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa, darah teroksigenasi berwarna merah lebih cerah daripada darah terdeoksigenasi yang lebih biru-ungu.



Gambar 2. 20 Cara Kerja *Finger Pulse Oximeter*
(Sumber: <https://whitecoathunter.com/pulse-oximeter-untuk-pasien-covid-19/>)

Setelah itu, alat ini mengukur jumlah intensitas kedua warna merah yang mewakili fraksi darah dengan dan tanpa oksigen. Selanjutnya, *oximeter* mendeteksi denyut nadi dan kemudian mengurangi intensitas warna yang terdeteksi ketika denyut nadi tidak ada. Intensitas warna yang tersisa hanya mewakili darah merah beroksigen yang kemudian ditampilkan di layar sebagai persentase saturasi oksigen dalam darah.



Gambar 2. 21 Tampilan *Finger Pulse Oximeter*
(Sumber: <https://healthsmarterd.com/health-and-beauty/a-pulse-oximeter-can-provide-you-with-valuable-health-readings>)

Pulse oximeter ini memiliki layar OLED dua warna yang menampilkan bentuk gelombang, saturasi oksigen, dan detak jantung. Serta memiliki satu tombol untuk menyalakan dan menyesuaikan beberapa pengaturan dalam *oximeter*.

2.6.2 Cara Pakai *Finger Pulse Oximeter*

Oximeter memiliki dua jenis, yaitu yang ditempatkan pada jari tangan dan telinga. Untuk *oximeter* pada jari, pastikan jari yang dimasukkan di antara capit *oximeter* pas, tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar. Gunakan jari yang ukurannya sesuai dengan *space* antara capit *oximeter*.



Gambar 2. 22 Cara Pakai *Finger Pulse Oximeter*

(Sumber: <https://www.suara.com/health/2021/01/29/114900/oximeter-pengertian-dan-cara-bacanya>)

Jari perlu diposisikan secara tepat agar sinar atau cahaya *oximeter* dapat bekerja dengan benar. Jika menggunakan *oximeter* untuk telinga, pastikan agar penempatannya sesuai dan tepat, yaitu di tengah daun telinga. Agar mendapatkan hasil yang akurat, *emitter* dan *detector* harus berlawanan satu sama lain dan cahaya tidak boleh mencapai *detector* kecuali melalui jaringan. Pastikan jari dimasukkan sepenuhnya ke dalam alat ini. Pada anak-anak dan bayi gunakan alat yang sesuai dengan ukurannya. Hal penting lainnya yang juga harus diketahui adalah gangguan lingkungan seperti getaran (0,5-3,5 Hz), gerakan berlebihan, dan cahaya lampu panas inframerah dapat menyebabkan pembacaan yang salah. Selain itu, tangan yang dingin, kuku yang dicat, dan menggunakan pewarna intravascular seperti *methylthioninium chloride*, juga dapat mengurangi pembacaan saturasi.