BAB II

TEORI DASAR

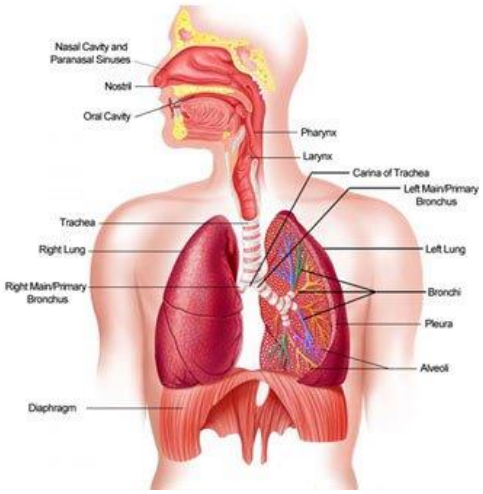
2.1 Sistem respirasi pada manusia

Respirasi atau pernapasan merupakan suatu rangkaian langkah proses pengambilan oksigen dan pengeluaran sisa berupa karbondioksida dan uap air. Oksigen dibutuhkan oleh setiap sel-sel yang berada pada tubuh manusia dalam proses reaksi biokimia (oksidasi biologi) untuk menghasilkan energi berupa ATP (*Adenosin Tri Phosphat*). Reaksi tersebut menghasilkan zat sisa berupa karbondioksida dan uap air yang kemudian dihembuskan keluar melalui mulut.

2.1.1 Desain sistem respirasi pada manusia

Paru-paru adalah suatu organ pernapasan manusia yang letaknya berada pada thorax dimana bagian luarnya dilindungi oleh tulang rusuk dan otot-otot. Proses respirasi berlangsung di paru-paru, didalam paru-paru terjadi pertukaran antara oksigen dengan karbondioksida. Sistem saluran pernapasan pada manusia dapat dibagi menjadi dua yaitu saluran pernapasan atas dan saluran pernapasan bawah.

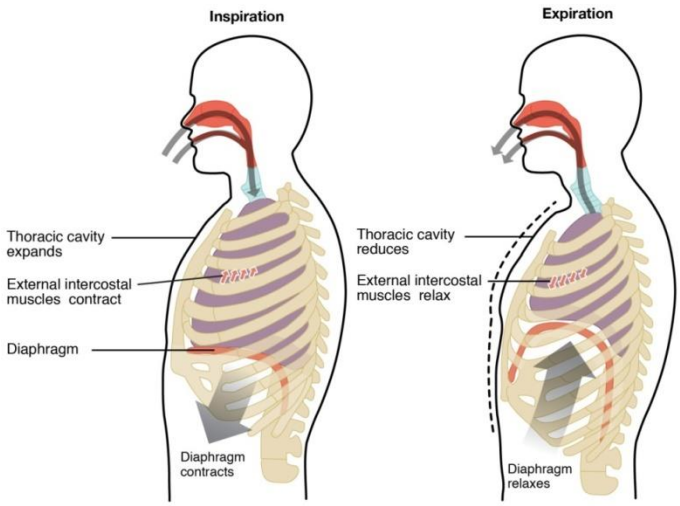
Saluran pernapasan atas terdiri dari hidung, rongga paranasal (atau sinus), faring (atau tenggorokan), dan sebagian rongga oral. Sedangkan untuk saluran pernapasan bawah terdiri dari laring, trakea, cabang bronkus, bronkiolus, dan saluran alveolar.



Gambar 2.1 Sistem Pernafasan Pada Manusia

Ada beberapa organ penunjang dalam sistem pernapasan salah satunya adalah diafragma. Diafragma merupakan otot pernafasaan yang menghubungkan paru-paru dengan dinding dada dan bagian perut. Pergerakan diafragma membantu terpompanya udara dari luar ke dalam paru-paru dan dari dalam ke paru-paru.

2.1.2 Mekanisme pernapasan



Gambar 2.2 Mekanisme perrnafasan manusia.

Udara masuk dan keluar paru-paru sebagai responn akibat terjadinya perbedaan tekanan. Ketika tekanan udara di dalam alveoli menurun dibawah tekanan di atmosfer, udara akan masuk ke paru-paru yang disebut sebagai proses inspirasi apabila laring dalam keadaan terbuka. Sedangkan ketika tekanan udara di dalam alveoli melebihi tekanan di atmosfer maka udara akan keluar dari paru-paru atau disebut dengan proses ekspirasi. Perubahan tekanan yang terjadi disebabkan karena adanya perubahann volume dari rongga-rongga didalam peru-paru, rongga dada dan rongga perut. Perubahan volume ruang dalam setiap rongga diatur oleh otot-otot pernapasan yaitu otot interkostal yang menempel diantara tulang rusuk, diafragma yang menghubungkan rongga dada dengan rongga perut, kemudian otot dinding perut yang berperan aktip dalam proses pernapasan. Pernapasan pada manusia dapat dibedakan menjadi dua yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

1. **Pernapasan dada**

Hal-hal yang bisanya berpengaruh terhadap perubahan volume rongga dada dan paru-paru itu tidak hanya dari kontraksi otot-otot pernapasan saja tetapi juga dari organ pendukung elastis pada dada dan paru-paru. Paru-paru diibaratkan seperti balon, karena paru-paru tahan terhadap regangan.

Dalam pernapasan dada, otot yang berperan aktip adalah otot interkostal. Otot interkostal dapat dibedakan menjadi dua yaitu otot interkostal eksternal dan otot interkostal internal. Apabila otot interkostal ekternal berkontraksi maka tulang rusuk akan terangkat sehingga volume rongga dada bertambah. Dengan bertambahnya volume rongga dada maka tekanan didalam rongga dada menjadi

lebih kecil dibandingakan dengan tekanan didalam rongga paru-paru. Hal ini menyebabkan paru-paru mengembang dan mengubah tetanan dalam paru-paru menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tekanan udara di atmosfer. Selanjutnya udara dari atmosfer akan masuk ke paru-paru melalui rongga hidung, faring, bronkus, kemudian alveolar. Apabila otot interkostal internal berkontraksi maka tuang rusuk akan kembali ke posisi semula dan mendesak dinding paru-paru. Hal ini menyebabkan tekanan udara didalam rongga paru-paru meningkat sehingga udara didalam rongga paru-paru akan terdorong ke luar.

2. Pernapasan perut

Otot-otot yang berperan aktip pada pernapasan perut adalah otot diafragma dan otot dinding perut. Ketika otot diafragma berkontraksi, posisi diafragma akan mendatar yang menyebabkan volume rongga dada mengalami peningkatan kemudian tekanan udara didalamnya akan mengecil. Volume rongga paru-paru mengembang karena tekanan didalam paru-paru menjadi lebih kecil dari tekanan pada rongga dada, kemudian udara dari atmosfer akan masuk ke paru-paru karena tekanan dalam paru-paru lebih kecil.

Apabila otot diafragma relaksasi dan otot dinding perut kontraksi organ dalam perut akan terdesak ke arah diafragma yang mengakibatkan posisi diafragma cekung kearah rongga dada. Sehingga udara dalam rongga paru-paru terdorong keluar karena peningkatan tekanan di dalam rongga dada.

2.1.3 Transpor oksigen

Oksigen tidak terlarut dengan baik pada plasma, hanya kurang dari 2 persen saja yang terlarut dalam plasma dari jumlah yang terkirim dan sisanya terikat dalam hemoglobin. Hemoglobin terdiri dari empat struktur cincin yangg mengandung zat besi yang terikat secara kimia sejumlah besar protein,. Setiap molekul besi bisa mengikat kemudian melepaska molekul oksigen. Jumlah oksigen yang terikat pada hemoglobin tergantung pada seberapa besar tekanan parsial oksigen pada paru-paru.

Tidak semua oksigen yang ada didalam darah terkirim ke sel jaringan. Jumlah oksigen yang diekstraksi oleh sel tergantung pada tingkat pengeluaran energinya. Pada akhirnya darah pembuluh venus masih mengandung 70 sampai 75 persen oksigen dari yang dikirimkan arteri keseluruh tubuh.

2.1.4 Transpor karbondioksida

Transpor karbondioksida jauh lebih kompleks dibandingkan dengan oksigen. Sebagian kecil dari karbondioksida, sekitar 5 persen tidak berubah dan terlarut dalam darah. Seberapa karbondioksida teikatt pada protein darah, terutama hemoglobin sehingga membentuk suatu senyawa yang disebut karbamat. Sekitar 88 persen karbondioksida dalam darah berbentuk ion bikarbonat.

2.2 Tingkat respirasi

Tingkat respirasi merupakan tanda vital perkembangan suatu gejala penyakit maupun keadaan pernafasan yang abnormal yang bisa berakibat fatal. Selain itu berdasarkan *Journal of General Internal Medicine 8(7):354-60* dengan mengatahui tingkat respirasi seseorang sendiri telah terbukti dapat memprediksi terjadinya gagal jantung.

2.2.1 Frekuensi pernafasan manusia

Pada umumnya manusia dapat bernafas antara 15-18 kali dalam satu menit. Cepat atau lambatnya manusia dalam bernafas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Umur

   Semakin tua umur seseorang maka semakin lambat frekuensi pernafasannya.

2. Jenis kelamin

   Laki-laki pada umumnya memiliki frekuensi pernafasan yang lebih cepat karena aktivitas yang tinggi.

3. Suhu tubuh

   Semakin tinggi suhu tubuh semakin cepat frekuensi pernafasannya.

4. Posisi tubuh

   Posisi tubuh berpengaruh terhadap mekanisme inspirasi dan ekspirasi.

5. Gejala penyakit

Berikut tabel level respirasi normal berdasarkan kelompok umur.

Tabel 2.1 Jumlah respirasi berdasarkan kelompok umur

Umur	Jumlah respirasi per menit
Bayi	30 – 40
Anak	20 – 30
Dewasa	16 – 20
Lansia	14 – 16

2.2.2 Metode pemantauan tingkat respirasi

Berdasarkan ulasan yang dilakukan oleh Floke, dkk yang berjudul *Critical review of non-invasive respiratory monitoring ini medical care* ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pemantauan tingkat respirasi diantaranya sebagai berikut.

1. Pendeteksian dari pergerakan, volume, dan komposisi jaringan

Aktifitas otot disekitar dada mengakibatkan variasi volume dada, kemudian tekanan yang diakibatkan perubahan volume dada mengakibatkan variasi volume udara dalam paru-paru. Dengan menggunakan sensor elektroda dapat dilakukan pengamatan aktifitas otot dada sehingga dapat diketahui tingkat pernafasan seseorang. Namun metode ini kurang efektif untuk mendeteksi gangguan seperti apnoea karena selain aktifitas otot dada, ada beberapa faktor yang dapat menggangu pengukuran seperti aktifitas jantung.

2. Penginderaan udara

Parameter-parameter yang dapat diamati dari udara hasil proses ekspirasi diantaranya uap air, kemudian ada CO_2 karena kadarnya lebih tinggi dibandingkan dengan saat proses inspirasi. Pengamatan salah satu dari kedua parameter tersebut dapat dilakukan untuk mengindikasi tingkat pernafasan seseorang. Kedua parameter ini dapat diamati dengan penggunaan *Facemask* dengan tambahan sensor suhu maupun sensor kadar CO_2 yang diletakan dibagian dalam *Facemask* tersebut. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan apnoea. Tetapi metode ini juga masih mempunyai kekurangan karena pasien-pasien tertentu tidak dapat mentoleransi penggunaan *Mouthpiece* maupun *Facemasker* seperti pasien yang dalam keadaan kritis.

3. Pemantauan konsentrasi gas dalam darah

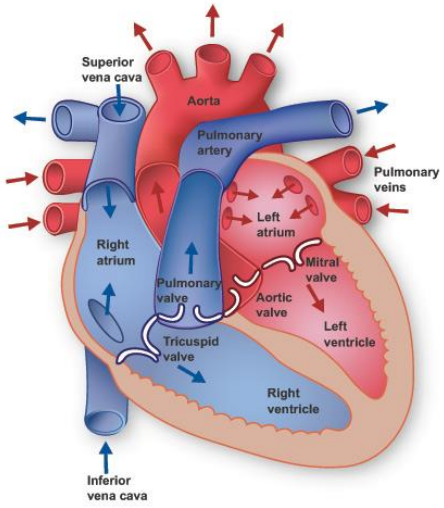
Pemantauan konsentrasi gas Oksigen (O_2) dan Korbondioksida (CO_2) didalam darah dapat diaplikasikan untuk mengetahui tingkat pernafasan seseorang. Alat yang digunakan yaitu Pulse Oximeter yang menggunakan sensor optik.

2.3 Jantung

Jantung merupakan suatu organ maskular yang berfungsi untuk memompa darah keseluruh tubuh melalui sistem sirkulasi. Dimana darah yang disalurkan akan mensuplai kebutuhan oksigen dan nutrisi bagi jaringan dan mengambil karbondioksida dan sisa-sisa metabolisme lainya untuk dikeluarkan dari tubuh.

Menurut Dr. Lawrence Phillips, kardiologis dari NYU Langone Medical Center “ Jaringan dalam tubuh membutuhkan asupan nutrisi yang konstan untuk dapat aktif.”

2.3.1 Anatomi jantung manusia



Gambar 2.3 Anatomi jantung manusia

Ukuran jantung manusia kira-kira sebesar gengaman tangan dengan berat sekitar 280 sampai 340 gram bagi pria dan 230 sampai 280 gram bagi wanita berdasarkan buku “Anatomy of the Human Body” dari Henry Gray. Jantung manusia terdiri empat ruang utama. Berdasarkan National Institutes of Health, dua ruang dibagian atas disebut atrium, sedangkan dua ruang dibagian bawah disebut ventrikel.

Atruim pada jantung memiliki lapisan dinding yang relatif tipis. Atrium terdiri dari dua bagian yaitu atrium kiri dan atrium kanan. Atrium berfungsi untuk menerima darah dari pembuluh darah vena.

Ventrikel pada jantung memiliki lapisan dinding yang relatif tebal. Ventrikel terdiri dari dua bagian yaitu ventrikel kiri dan ventrikel kanan. Ventrikel berfungsi untuk memompakan darah dari jantung ke paru-paru dan seluruh tubuh.

1. Atrium kanan

Atrium kanan terletak pada bagian kanan-atas jantung dan berfungsi menerima darah dari vena kava superior dan inferior dari seluruh bagian tubuh kecuali paru-paru. Darah yang masuk ke atrium kanan selanjutnya akan disalurkan ke ventrikel kanan.

2. Ventrikel kanan

Ventrikel kanan terletak pada bagian kanan-bawah jantung lebih tepatnya pada bagian apkes atau ujung jantung. Ventrikel kanan berfungsi menyalurkan darah dari jantung ke paru-paru.

3. Atrium kiri

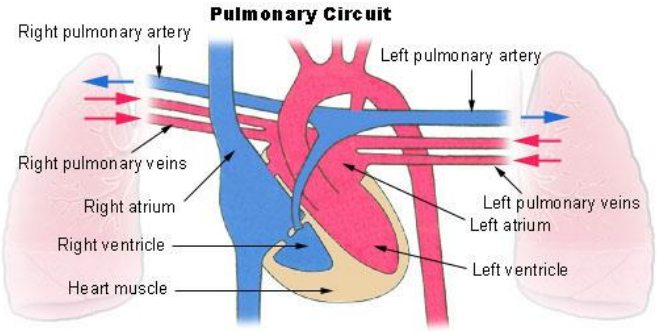
Atrium kiri terletak pada bagian kiri-atas jantung. Atrium kiri berfungsi untuk menampung darah dari vena pulmonalis yang bersumber dari paru-paru yang selanjutnya akan dialirkan ke ventrikel kiri.

4. Ventrikel kiri

Ventrikel kiri terletak pada bagian kiri-bawah jantung. Ukuran dinding ventrikel kiri relarif 3 kali lebih tebal dibandingkan dengan ventrikel kanan karena ventrikel kiri memiliki tugas yang lebih berat yaitu menyalurkan darah ke seluruh tubuh melalui aorta.

2.3.2 Sirkulasi darah jantung manusia

1. Sirkuit pulmonal



Gambar 2.4 Sirkuit pulmonal

Pada sirkuit pulmonari, darah yang tidak mengandung oksigen meninggalkan ventrikel kanan melalui pembuluh arteri pulmonari dan menuju ke paru-paru. Kemudian pada paru-paru akan terjadi pertukaran gas sehingga darah kembali mengandung oksigen. Darah yang mengandung oksigen kemudian akan disalurkan ke atrium kiri melalui pembuluh vena pulmonari.

2. Sirkuit Sistemik

Pada sirkuit sistemik darah yang mengandung oksigen akan dikirimkan keseluruh tubuh oleh ventrikel kiri melalui aorta, kemudian akan disalurkan ke pembuluh-pembuluh arteri dan kapiler untuk memenuhi kebutuhan oksigen bagi jaringan tubuh. Darah yang sudah tidak mengandung oksigen lagi akan dikirimkan kembali ke jantung melalui vena ke vena kava kemudian masuk kembali ke jantung malalui atrium kanan.

2.3.3 Detak Jantung

Detak jantung merupakan suatu gerak ritmik dari jantung yang disebabkan oleh adanya aliran darah didalam jantung. Detak jantung biasa diukur dari denyut yang terjadi pada pembuluh darah akibat perubahan volume darah yang dialirkan, oleh sebab itu detak jantung dapat disamakan dengan denyut nadi. Standar perhitungan jumlah denyut nadi adalah jumlah denyut per menit atau *beat per minute* (bpm). Banyak hal yang dapat diketahui dari jumalah denyut nadi seseorang, misalkan untuk seorang atlit dengan mengetahui jumlah denyut nadi, dapat diketahui tingkat kebugaran tubuh bahkan dengan mnegetahui jumlah denyut nadi dapat diketahui masalah kesehatan tertentu.

Adapun termpat terbaik untuk menghitung denyut nadi yaitu

- Pergelangan tangan
- Bagian dalam siku
- Pinggiran leher
- Bagian atas kaki

Denyut nadi normal manusia berbeda setiap orangnya. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap jumlah denyut nadi normal seseorang. Oleh karena itu perlu diketahui jumlah denyut nadi normal agar dapat mengetahui jika ada gangguan kesehatan. Berikut tabel jumlah denyut nadi normal manusia saat beristirahat berdasarkan artikel dari MedlinePlus.

Tabel 2.2 Jumlah Denyut Nadi Normal Saat Beristirahat.

Umur	Jumlah Denyut Nadi (bpm)
< 1 bulan	70 – 190
1 - 11 bulan	80 – 160
1 – 2 tahun	80 – 130
3 – 4 tahun	80 – 120
5 – 6 tahun	75 – 115
7 – 9 tahun	70 – 110
> 10 tahun	60 – 100

Adapun faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap nilai bpm seseorang adalah sebagai berikut.

a. Temperatur udara

Jantung akan memompa lebih banyak ketika terjadi pelonjakan suhu udara sehingga dapat meningkatan jumlah denyut nadi seseorang, walaupun hanya sekitar 5 – 10 beat per menit.

b. Posisi badan

Ketika seseorang berubah posisi tubuhnya misalkan dari posisi duduk kemudian berdiri maka dari 15 - 20 detik pertama akan terjadi peningkatan kecil jumlah beat namun setelah beberapa menit maka jumlah denyut nadi akan normal kembali.

c. Emosi

Keadaan stress dapat juga meningkatkan jumlah bpm seseorang.

d. Ukuran tubuh

Orang yang obesitas biasanya memiliki jumlah bpm yang lebih besar walaupun tidak lebih dari 100 bpm.

e. Penggunaan obat-obatan

Penggunaan obat-obatan tertentu dapat menurunkan ataupun meningkatkan jumlah bpm seseorang.

2.4 Photoplenthysmography (PPG)

Plenthysmograph merupakan suatu metode pengukuran perubahan volume berbagai are dalam tubuh, yang paling umum biasanya metode ini digunakan untuk mengukur perubahan volume darah dan volume paru. Namun dalam kasus tertentu kita hanya butuh mengetahui volume relatifnya saja, misalnya dalam pengukuran sinyal pulsa denyut jantung. Idenya adalah dengan mendeteksi perubahan volume darah setiap jantung memompakan darah karena hasil akhir yang dibutuhkan dalam pengukuran sinyal pulsa denyut jantung bukan nilai pasti berapa liter darah yang dipompakan oleh jantung tetapi jumlah denyut nadi yang dihitung dalam satu menit berdasarkan standarnya.

Photoplenthysmograph (PPG) merupakan suatu metode pengukuran sinyal pulsa denyut jantung yang "*less invasive and less expensive*" karena komponen sensor utama yang digunakan dalam pengukuranya hanyalah *Light Emitting Diode* (LED) dan Fotodioda atau Phototransistor saja. Adapun penempatan sensor optik tersebut bisa diletakan di ujung peredaran darah seperti jari tangan, jari kaki,

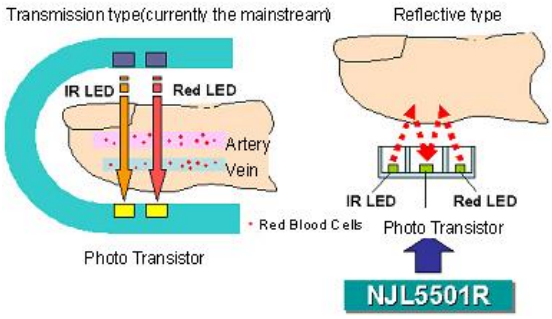
cuping, dan hidung yang memiliki ketebalan tipis sehingga cahaya dari LED dapat tetap terdeteksi oleh fotodioda.

Cahaya yang melalui jaringan biologis dapat diserap oleh berbagai macam substansi, diantaranya pigmen kulit, tulang, juga darah pada pembuluh vena dan arteri. Adapun dari itu semua yang memiliki perubahan volume yang cukup besar adalah perubahan volume darah pada arteri dan arteriola. Sehingga dalam pengukuran sinyal pulsa denyut jantung ini yang dideteksi adalah perubahan volume darah dalam arteri terutama pada tekanan darah atas saat jantung melakukan kontraksi dan memompa darah ke paru-paru dan seluruh tubuh, yang dikenal dengan istilah sistolik.

Cahaya yang dipancarkan LED akan diserap oleh berbagai substansi, diantara beberapa subtansi tersebut yang perubahannnya signifikan yaitu *Hemoglobin* (Hb) dan *Oxygenated-hemoglobin* (HbO_2).

2.4.1 Metode Transmisi Sensor

Terdapat dua metode pentransmisian sensor dalam pengukuran detak jantung melalui metode PPG yaitu dengan menggunakan metode Transmisi dan metode Reflektansi. Berikut akan dijelaskan mengenai metode peletakan sensor dalam sistem PPG.



Gambar 2.5 Tipe pentransmisian sensor optik

1. Transmitansi

Pada tipe transmitansi, sinar inframerah dan sinar merah dikirim ke jaringan pembuluh darah dan detektor sinar di sisi yang berlawanan untuk mengukur cahaya yang dihasilkan.

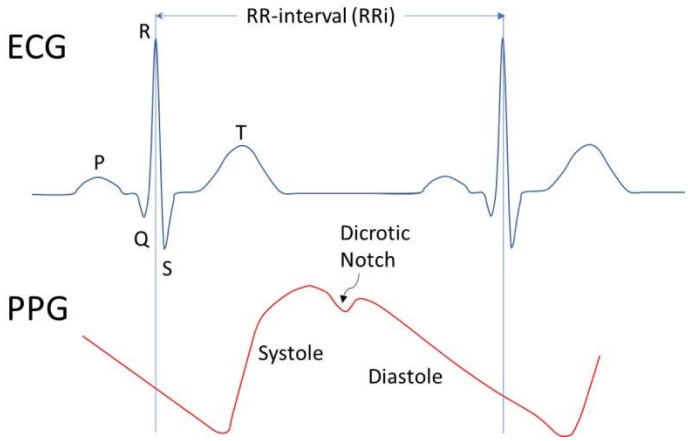
2. Reflektansi

Pada tipe reflektansi sinar inframerah dan sinar merah letak detektor cahayanya berada pada satu sisi yang saling bersebelahan

2.4.2 Perbandingan PPG dengan ECG

Photoplenthysmograph (PPG) dan Electrocardiograph (ECG) merupakan suatu metode yang menerapkan teknologi sensor biometrik yang sama-sama digunakan untuk mencari nilai denyut jantung. Walaupun begitu terdapat banyak perbedaan diantara kedua metode ini. Dalam penerapannya ECG lebih mengamati aktifitas elektrik dari jantung menggunakan elektroda sedangkan PPG lebih mengamati perubahan volume darah dengan menggunakan sensor optik. ECG lebih dulu digunakan ketimbang PPG yang baru menjadi teknologi yang dapat digunakan dalam kasus-kasus medis.

PPG dapat bekerja pada bagian tubuh mana saja asalkan daerah tersebut memiliki aliran darah yang cukup tinggi seperti pada bagian cuping, pergelangan tangan, jari-jari tangan, kelopak mata dan lainnya. Ini sangat bertolak belakang dengan ECG yang wilayah daerah kerjanya hanya disekitar jantung saja. Hal ini dikarenakan sinyal elektrik dari jantung akan semakin melemah pada bagian tubuh yang jauh dari jantung.



Gambar 2.6 Respon sinyal ECG dan PPG

Dari kedua macam pendekatan ini, memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. PPG lebih baik dalam keragaman biometrik karena beberapa macam pengukuran biometrik hanya dapat dilakukan dengan metode PPG seperti dalam pengukuran nilai SpO_2, konsentrasi Hemoglobin, level konstituen darah, dan tekanan darah. Tetapi ada juga peran dari ECG yang tidak dapat digantikan PPG, misalnya dalam diagnosis sindrom Wolff-Parkinson-White (WPW) karena hanya dapat diketahui dari interval RR melalui karakteristik P, Q, R, S, dan T.

2.5 Arduino

Arduino merupakan suatu perangkat elektronik yang bersifat open-source yang pengoperasiannya mudah, baik software maupun hardware-nya. Arduino dapat memproses suatu input dari berbagai sumber seperti sensor, button dan lainnya, lalu mengeluarkannya dalam bentuk output tertentu.

2.5.1 Board Arduino

Arduino memiliki jenis yang cukup beragam, pengguna dapat memilih jenis Board arduino yang sesuai dengan kebutuhan. Beberapa jenis Board Arduino diantaranya Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Due, Arduino Leonardo dan masih banyak lagi. Gambar 3.3 menunjukan tampilan board Arduino Uno yang digunakan pada project ini.



Gambar 2.7 Board Arduino Uno & Genuino Uno

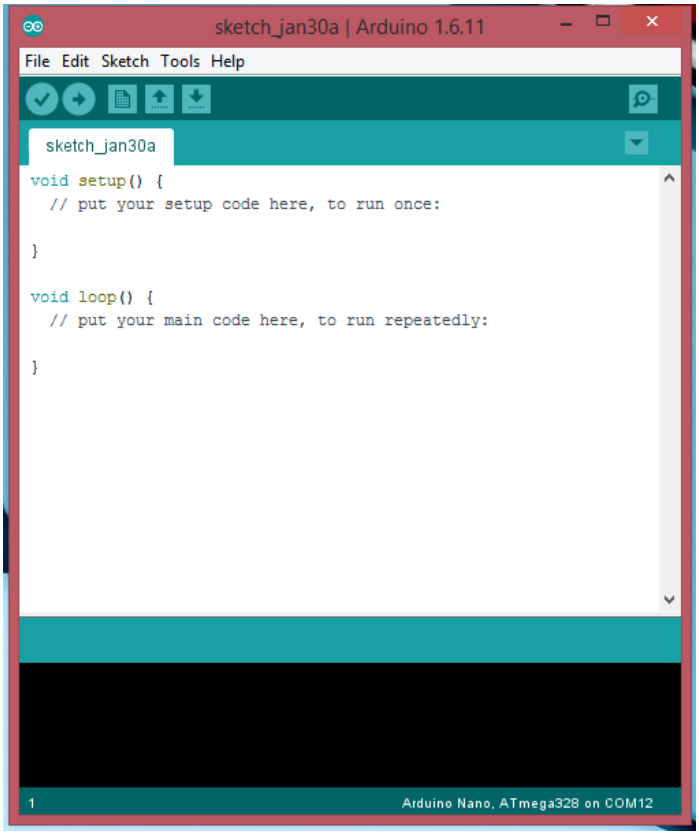
Dari jenis-jenis Arduino diatas masing-masing memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Berikut Tabel 2.3 yang menjelaskan mengenai spesifikasi dari beberapa jenis *Board* Arduino.

Tabel 2.3 Spesifikasi Board Arduino.

Jenis Arduino	Mikrokontroler	Analog Input	Digital I/O Pins	Clock Speed
Nano	ATmega328	8	22	16 MHz
Uno	ATmega328P	6	14 (of which 6 provide PWM output)	16 MHz
Mega	ATmega1280	16	54 (of which 15 provide PWM output)	16 MHz
Due	AT91SAM3X8E	12	54 (of which 12 provide PWM output)	84 Hz

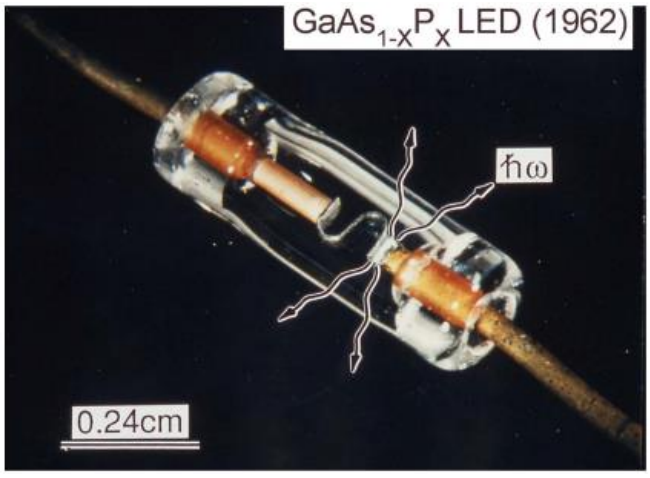
2.5.2 Software Arduino IDE

Arduino memiliki Software khusus untuk melakulan proses pemrograman. Dalam Software itu kita dapat membuat coding, compiling juga upload program ke Board Arduino. Software Arduino juga dilengkapi dengan berbagai library yang dapat mempermudah proses pemrograman.



Gambar 2.8 Arduino IDE

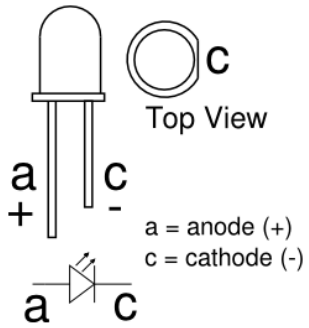
2.6 *Light Emitting Diode* (LED)



Gambar 2.10 LED praktis pertama yang dikembangkan oleh Nick Holonyak

Light Emitting Diode atau LED merupakan suatu komponen yang dapat memancarkan cahaya monokromatik saat diberi tegangan maju (*forward bias*). LED termasuk pada golongan diode. Cahaya yang dipancarkan oleh LED berbeda-beda tergantung pada jenis semikonduktor yang digunakan. LED juga dapat memancarkan cahaya infra merah yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia kecuali dilihat melalui kamera.

LED tidak memerlukan pembakaran filamen untuk menghasilkan cahaya seperti pada lampu pijar atau lampu bohlam sehingga tidak menghasilkan panas kecuali arus yang masuk terlalu berlebihan.



Gambar 2.11 Polaritas LED

LED terdiri dari chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P-N. Proses doping adalah proses impurity untuk menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan.

Ketika LED dialiri tegangan maju (*forward bias*) di kaki anoda (+) ke katoda (-), kelebihan elektron pada material tipe N akan berpindah ke bagian yang

memiliki kelebihan hole yaitu ke bagian material tipe P. Saat elektron bertemu dengan hole akan dilepaskan foton dan memancarkan cahaya monokromatik.

2.7 Fotodioda



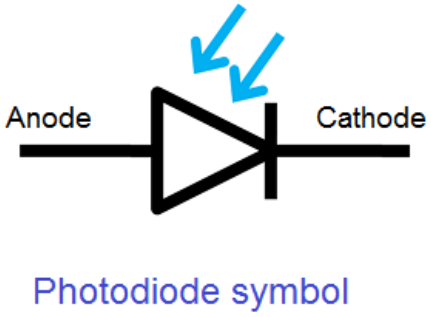
Gambar 2.12 Fotodioda

Fotodioda merupakan suatu komponen aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dimana fungsinya yaitu untuk mengubah suatu cahaya menjadi satuan arus listrik. Fotodioda ini memiliki dua kaki terminal, yaitu satu kaki anoda dan satu kaki katoda. Fotodioda termasuk kedalam jenis sensor optik karena terdapat sebuah lensa yang berguna untuk mendeteksi cahaya.

Cahaya yang dapat dideteksi oleh fotodioda diantaranya adalah cahaya matahari, cahaya tampak, sinar inframerah, sinar ultraviolet, dan sinar x.

Bahan-bahan semikonduktor untuk fotodioda

- Silikon (Si)
- Germanium (Ge)
- Indium gallium arsenide (InGaAs)
- Indium gallium arsenide phospide (InGaAsP)



Gambar 2.13 Simbol fotodioda

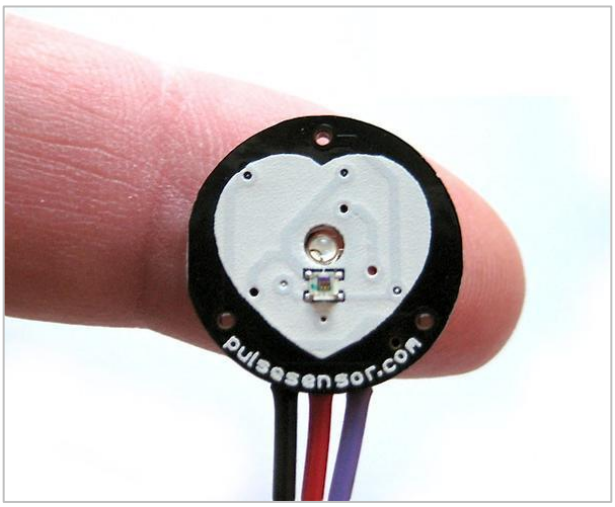
Didalam fotodioda terdapat dua tipe lapisan. Pada kaki katoda terdapat lapisan semikonduktor tipe N yang memiliki banyak elektron sedangkan pada kaki anoda terdapat lapisan semikonduktor tipe P yang memiliki banyak hole.

Ketika cahaya masuk, partikel kecil cahaya atau foton akan menembus lapisan semikonduktor tipe N dan memasuki lapisan semikonduktor tipe P. Elektron-elektron yang terikat pada intinya akan terpisah karena bertabrakan dengan foton-foton yang masuk dan menyebabkan terjadinya hole. Elektron akan bertambah disisi semikondutor tipe N sedangkan pada semikonduktor tipe P akan kelebihan hole. Pemisahan muatan ini akan menyebabkan terjadinya beda potensial pada persimpangan PN, sehingga arus listrik akan mengalir dari sisi katoda ke sisi anoda.

2.8 *Pulse Sensor Amped*

Pulse Sensor Amped adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya perubahan detak jantung memanfaatkan sifat hemoglobin yang dapat menyerap

cahanya dengan mentransmisikan cahaya dari led hijau dan hasilnya diterima oleh fotodioda. *Pulse Sensor Amped* dikembangkan oleh Joel Murphy dan Yuri Gitman dimana perangkatnya bersifat *Open Source*. Berikut gambar tampilan modul *Pulse Sensor Amped*.



Gambar 2.14 Modul *Pulse Sensor Amped*

(sumber : https://pulsesensor.com/)

2.9 Mikrofon Elektret

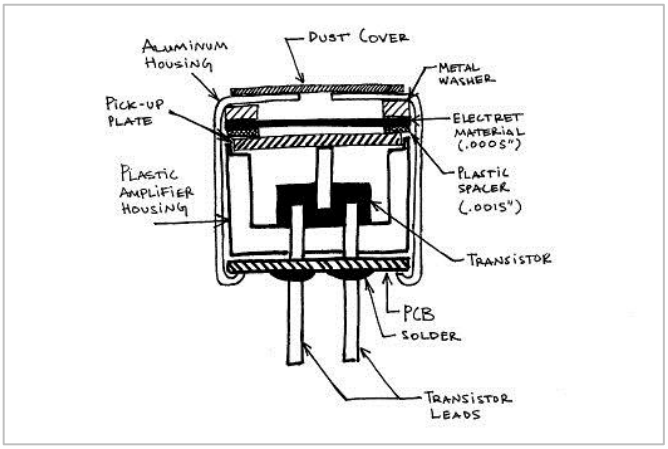
Mikrofon Elektret merupakan salah satu jenis Mikrofon yang berbasis kapasitor elektrostatik. Mikrofon Elektret adalah jenis Mikrofon yang paling banyak digunakan pada saat ini mulai dari penggunaan pada *handphone*, laptop, dan perangkat lainnya. Jenis Mikrofon ini banyak digunakan karena memiliki respon frekuensi yang luas (10 Hz – 30 kHz), selain itu ukuranya kecil dan tingkat sensitifitas yang baik.



Gambar 2.15 *Electret Microphone*

(sumber : https://www.sparkfun.com/products/8635)

Didalam sebuah Mikrofon Elektret terdapat 3 komponen utama yaitu penutup debu, material elektret, dan transistor. Pada sebuah Mikrofon Elektret terdapat suatu penutup dengan materisl berpori, tujuan dari penggunaan penutup ini selain untuk menghalangi masuknya debu ke bagian material elektret juga dapat berfungsi sebagai penghalau *Noise*.



Gambar 2.16 Tampilan Dalam Mikrofon Elektret

(sumber : http://www.openmusiclabs.com/)

2.10 LCD Nextion

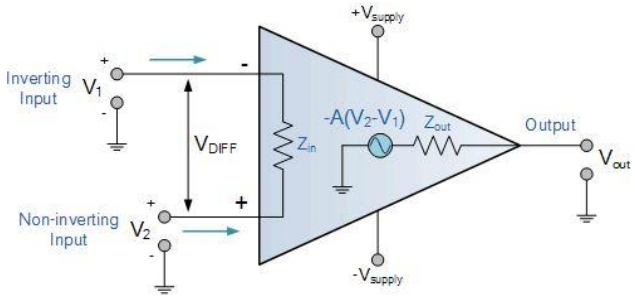
LCD Nextion adalah sebuah *Human Mechine Interface* (HMI) yang mengkombinasikan antara TFT *Touch Display* dengan Prosesor dan Memori yang tertambat. Tampilan GUI pada LCD Nextion dapat dibuat pada Nextion Editor yang disediakan secara gratis oleh pengembang Nextion.



Gambar 2.17 LCD Nextion NX8048T070

LCD Nextion hanya memerlukan 2 pengkabelan untuk dapat terkoneksi pada sebuah Mikrokontroler. Sumber tegangan untuk LCD Nextion bisa melalui pin masukan 5 volt maupun 3.3 volt.

2.11 *Operational Amplifier* (Op-Amp)



Gambar 2.18 Operational amplifier

Operatianal Amplifier atau Op-Amp merupakan suatu IC linear yang berfungsi sebagai penguat sinyal listrik. Pada Op-Amp terdapat berberapa komponen yang terintegrasi yang memungkinkan terjadinya Gain (penguatan) diantaranya transistor, resistor, dioda, dan kapasitor.

Di pasaran Op-Amp biasanya dikemas dalam bentuk IC yang didalamnya terdapat satu atau lebih rangkaian Op-Amp. Suatu rangkaian Op-Amp terdiri dari input inverting dan non-inverting, juga satu output. Selain itu Op-Amp memiliki dua masukan catu daya yaitu catu daya positif dan catu daya negatif.

2.11.1 Karakteristik Op-Amp

Karakteristik faktor penguat suatu Op-Amp ditentukan oleh resistor eksternal yang ditambahkan diantara output dengan input inverting. Konfigurasi dengan *feedback* negatif ini biasa dikenal dengan *Closed-Loop Configuration*. Feedback negatif ini mengasilkan penguatan yang berkurang tetapi penguatannya menjadi dapat diukur juga dapat dikendalkan. Pengurangan Gain ini diperuntukan

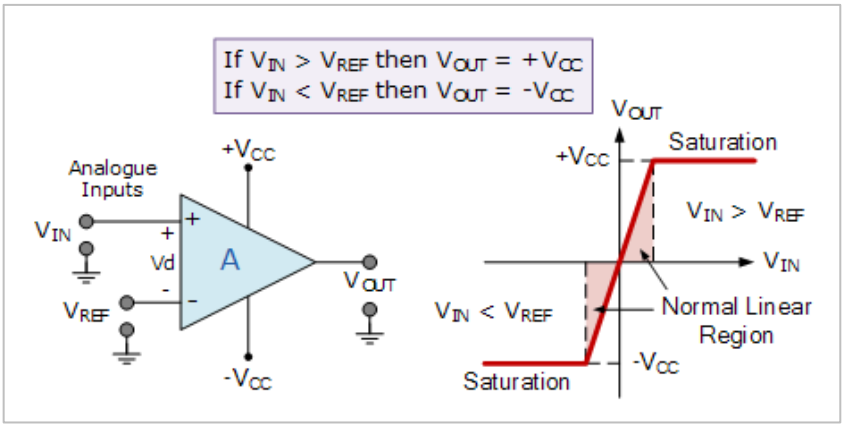
agar bisa memperkecil noise juga menghindari respon yang tidak diinginkan. Ada juga *Opened-Loop Configuration* yang besar penguatannya tak hingga sehingga tegangan outputnya pun hampir mendekati nilai Vcc.

Karakteristik Op-Amp ideal

- Penguatan tegangan *Opened-Loop*, Av = ∞ (tak hingga)
- Output Tagangan offset, Voo = 0 (nol)
- Input impedansi, $Z_{in} = \infty$ (tak hingga)
- Output impedansi, $Z_{out} = 0$ (nol)
- Lebar pita (Bandwidth), BW = ∞ (tak hingga)
- Karakteristik tidak berubah terhadap perubahan suhu

2.11.2 Komparator Op-Amp

Prinsif komparator Op-Amp yaitu membandingkan suatu sumber tegangan analog dengan sumber tegangan analog lainnya. Dimana Op-Amp berperan untuk membandingkan magnitude antara kedua sumber tegangan analog tersebut. Disisi lain komparator Op-Amp dapat dibuat dengan menggunakan *feedback* positif ataupun tanpa menggunakan *feedback* sama sekali (*Open Loop*), perbedaannya jika menggunakan *feedback* maka tegangan akan dikuatkan sehingga nilai keluarannya setara +Vcc atau –Vcc. Berikut Gambar 2.15 menunjukan prinsif dasar rangkaian komparator Op-Amp.



Gambar 2.19 Prinsif Dasar Rangkaian Komparator Op-Amp

Seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.15 diatas Vout akan senilai dengan +Vcc jika nilai Vin lebih besar dibandingkan dengan nilai Vref. Demikian sebaliknya nilai Vout akan sebanding dengan –Vcc ketika nilai Vin lebih kecil dibandingkan dengan nilai Vref.

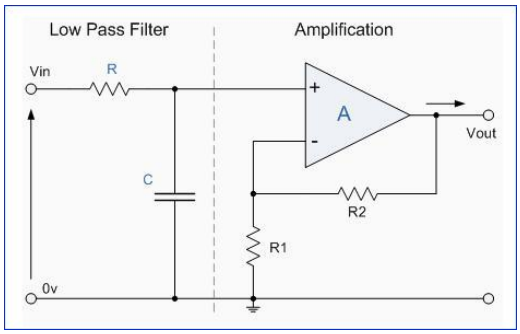
2.12 Filter Aktif

Filter merupakan suatu jaringan elektrik yang dapat mengubah phasa, amplitudo, maupun karakteristik sinyal sehubungan dengan frekuensi sinyal tersebut. Adapun suatu filter aktif dapat dibuat dengan menggunakan komponen aktif yaitu *Operational-Amplifier* (Op-Amp) yang dikombinasikan dengan komponen pasif yaitu Resistor (R) dan Capasitor (C).

Secara umum filter aktif dibagi menjadi dua yaitu

2.12.1 Filter aktif low-pass

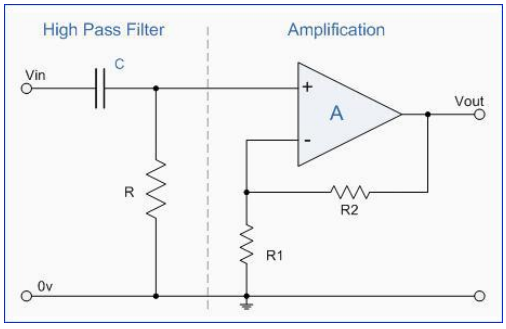
Filter aktif low-pass merupakan filter aktif yang meloloskan sinyal dengan frekuensi dibawah frekuensi cut-off. Dimana pada rangkaian filter aktif low-pass dikombinasikan antara filter pasif low-pass dengan penguat *Amplifier*.



Gambar 2.20 Filter aktif low-pass

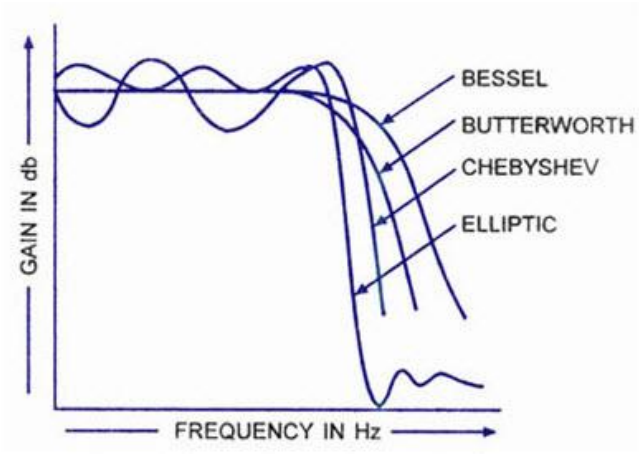
2.12.2 Filter aktif high-pass

Filter aktif high-pass merupakan filter aktif yang meloloskan sinyal dengan frekuensi diatas frekuensi cut-off. Dimana pada rangkaian filter aktif high-pass dikombinasikan antara filter pasif how-pass dengan penguat *Amplifier*.



Gambar 2.21 Filter Aktif High-Pass

2.12.3 Tipe Filter Aktif

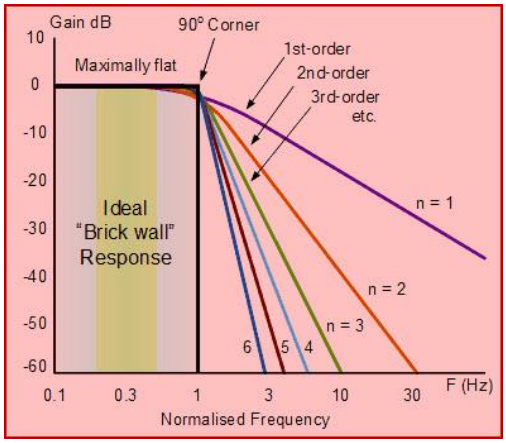


Gambar 2.22 Tipe Filter Aktif

Secara lebih luas jenis filter aktif dapat dibagi kembali menjadi beberapa jenis filter diantaranya filter *Butterworth*, filter *Chebyshev*, filter *Bessel*, dan filter *Elliptic*. Berikut akan dijelaskan mengenai keempat filter yang ada.

1. Butterworth

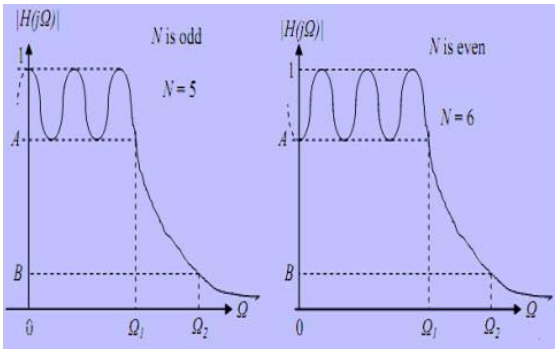
Filter Butterworth dikenal juga dengan Filter Flat (tanpa ripple) karena filter ini didesain untuk menghasilkan respon frekuensi yang datar secara matematis tanpa menghasilkan ripple dari 0 Hz (DC) sampai frekuensi cut-off.



Gambar 2.23 Respon Filter Butterworth

2. Chebyshev

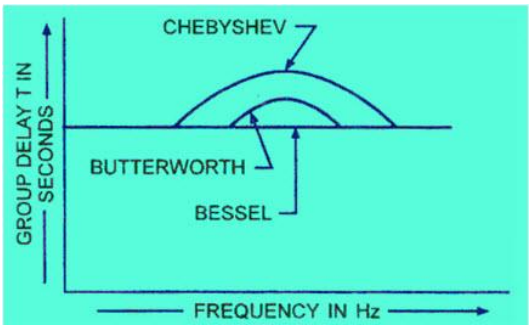
Filter Chebyshev memiliki respon pada cut-off yang lebih tajam dibandingkan dengan Filter Butterworth. Penerapan Filter Chebyshev memberikan banyak roll-off yang curam tetapi juga memiliki ripple dibagian pass-band sehingga filter ini tidak cocok pengaplikasiannya dalam sinyal audio.



Gambar 2.24 Respon Filter Chebyshev

3. Bessel

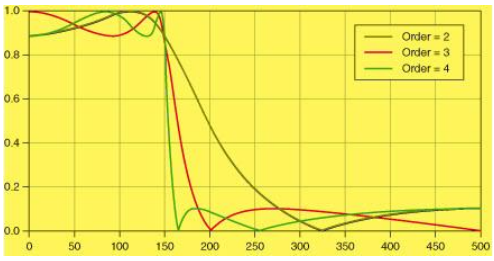
Filter Bessel memiliki karakteristik phasa yang ideal yang mendekati frekuensi cut-off. Pergeseran phasanya kecil sehingga cocok untuk pengaplikasian dalam sinyal pulsa.



Gambar 2.25 Respon Filter Bessel

4. Elliptic

Filter Elliptic ini lebih pelik dibandingkan dengan Filter Chebyshev karena memiliki ripple pada bagian pass-band dan stop-band. Filter ini kurang cocok digunakan untuk penggunaan frekuensi kecil.



Gambar 2.26 Respon Filter Elliptic