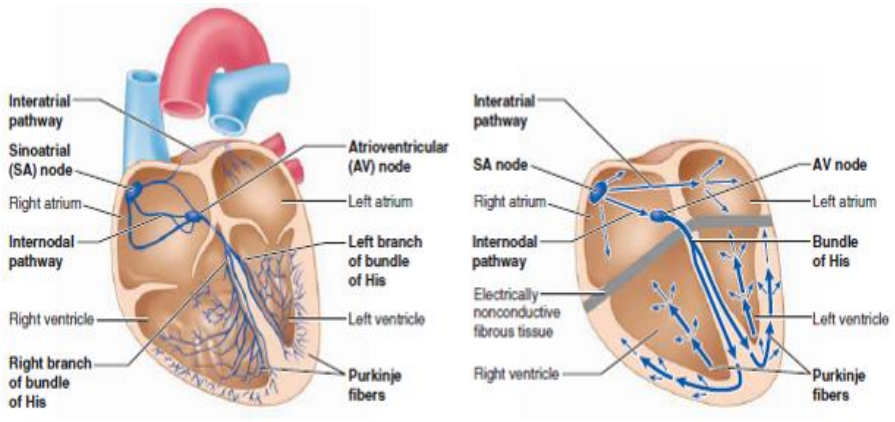
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Aktivitas Kelistrikan Jantung

Aktivitas elektrik dalam keadaan normal berawal dari *impuls* yang dibentuk oleh *pacemaker* di simpul *SinoAtrial (SA)* Signal listrik dari SA *node* mengalir melalui kedua atrium, menyebabkan kedua atrium berkontraksi mengalirkan darah ke *ventrikel*. Kemudian signal listrik ini mengalir melalui *Atrio Ventrikular (AV) node* lalu menuju ke berkas His dan terpisah menjadi dua melewati berkas kiri dan kanan dan berakhir pada serabut *Purkinjie* yang mengaktifkan serabut otot ventrikel. Ini menyebabkan kedua ventrikel berkontraksi memompa darah keseluruh tubuh dan menghasilkan denyutan *(pulse)*. Pengaliran listrik yang teratur ini dari SA *node* ke AV *node* menyebabkan kontraksi teratur dari otot jantung yang dikenal dengan sebutan denyut sinus*(sinus beat)*[3].



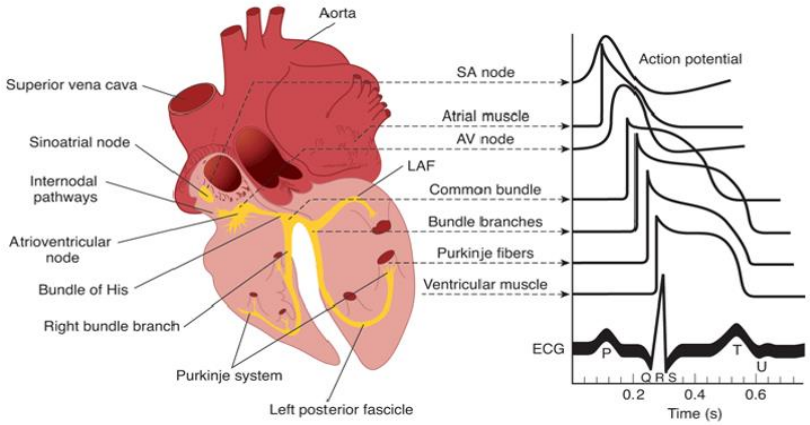
Gambar 2.1 Jantung Manusia [3]

2.2 *Electrocardiograph* (ECG)/Elektrokardiografi (EKG)

Electrocardiograph (ECG) atau Elektrokardiografi (EKG) merupakan suatu alat yang dapat merekam sinyal biologi yang terbentuk sebagai hasil dari aktivitas listrik jantung. Penemuan ini ditemukan oleh Dr. Willem Einthoven pada tahun 1901. EKG diambil dengan memasang elektroda pada titik tertentu tubuh pasien. Sinyal EKG mempunyai tegangan sampai 3mV dan rentang frekuensi 0.03- 100 Hz. Sinyal EKG mempunyai bentuk spesifik sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan kondisi kesehatan jantung seseorang oleh dokter atau ahli jantung. Sinyal EKG direkam menggunakan perangkat elektrokardiograf [4].

2.2.1 Gambaran Sinyal EKG Normal

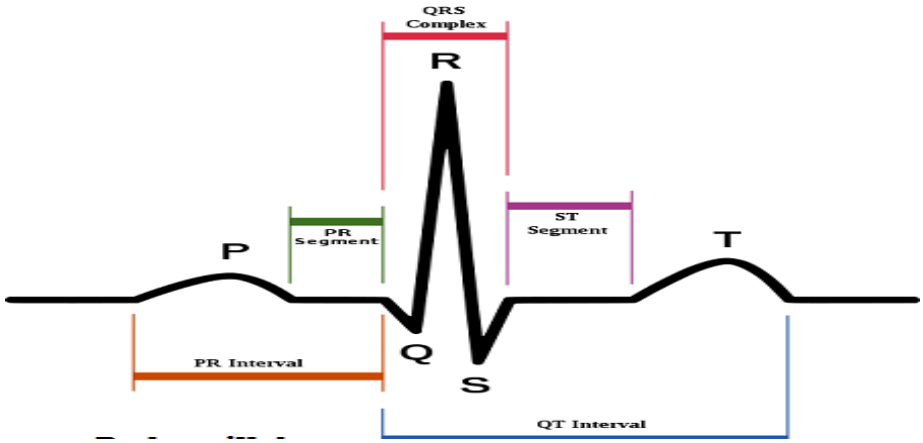
Pada dasarnya EKG terdiri dari banyak gelombang, yang tiap gelombang mewakilkan satu denyut jantung (satu kali aktifitas listrik jantung).



Gambar 2.2 Gelombang Sinyal EKG [3]

Dalam satu gelombang EKG terdiri dari beberapa titik gelombang ada yang disebut interval dan segmen. Titik terdiri dari titik P, Q, R, S, T dan U (kadang sebagian referensi tidak menampilkan titik U) sedangkan Interval

terdiri dari PR interval, QRS interval dan QT interval dan Segmen terdiri dari PR segmen, dan ST segmen.



Gambar 2.3 Sinyal EKG [3]

Dari gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Titik P mempunyai arti bahwa terjadinya denyutan/kontraksi pada atrium jantung *(dextra & sinistra).*
- Titik Q, R, dan S mempunyai arti bahwa terjadinya denyutan/kontraksi (listrik) pada ventrikel jantung (*dextra & sinistra).*
- Titik T mempunyai arti bahwa relaksasi pada ventrikel jantung.

Tabel 2.1 Parameter Elektrokardiografi [4]

Gelombang ECG	Amplitudo	Interval ECG	Durasi
P	<0.3 mV	P-R	0.12 – 0.20 dtk
R	1.6 -3 mV	Q-T	0.35 – 0.44 dtk
Q	25% dari R	S-T	0.05 – 0.15 dtk
T	0.1-0.5 mV	Q-R-S	0.06 – 0.10 dtk

(Sumber : Joseph J.Carr & Jhon M. Brown, 2001)

Interval antara R-R menandakan periode dari detak jantung yang dapat dapat menjadi Heart Rate:

$$HR = 60 / R\text{-}R\ (S)$$

R – R = adalah interval antara sinyal R dengan sinyal R yang diukur dalam detik. Interval R-R relatif konstan dari detak ke detak. Perubahan pada interval R-R menandakan adanya kecepatan jantung yang tidak wajar. Dalam pengambilan sinyal elektrokardiograf terdapat berbagai metode yang bisa dilakukan yaitu :

1. Standar Klinikal EKG

   Menggunakan 10 elektroda (12 lead) digunakan untuk menganalisis kondisi kesehatan jantung pasien.

2. Vectorcardiogram

   Pemodelan potensial tubuh sebagai vektor 3 dimensi dengan menggunakan sadapan bipolar *(Einthoven)* atau Unipolar. Pengambilan sinyal jantung melalui 3 titik tertentu pada tubuh, yang digunakan untuk memantau kondisi kesehatan jantung pasien dalam jangka waktu tertentu.

3. Monitoring EKG

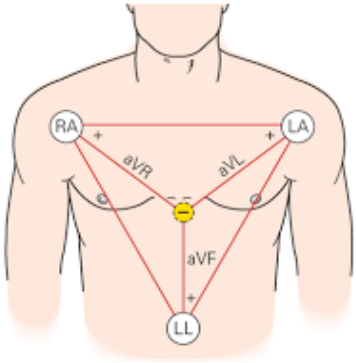
   Teknik ini menggunakan dua atau tiga elektroda yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini digunakan untuk memonitor pasien dalam jangka panjang[4].

2.2.2 Sadapan (Lokasi Penentuan) *ECG*/EKG

Untuk memperoleh rekaman EKG dipasang elektroda-elektroda di kulit pada tempat-tempat tertentu. Lokasi penempatan elektroda sangat penting diperhatikan, karena penempatan yang salah akan menghasilkan pencatatan yang berbeda. Terdapat 2 jenis sandapan (lead) pada EKG yang sering digunakan, yaitu:

1. Sadapan Unipolar

   Sadapan Unipolar Ekstremitas

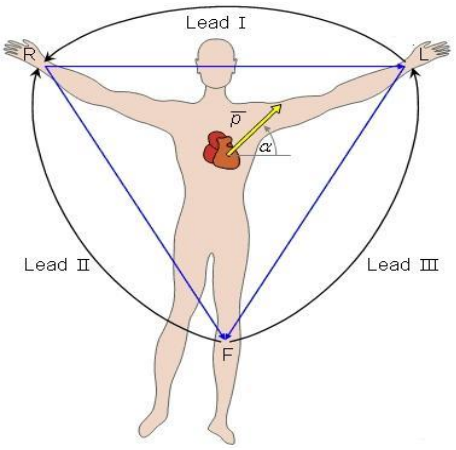


Gambar 2.4 Sadapan Unipolar [4]

- aVR : Merekam potensial listrik pada tangan kanan (RA) yang bermuatan (+), dan elektroda (-) gabungan tangan kiri dan kaki kiri membentuk elektroda indifiren.
- AVL : Merekam potensial listrik pada tangan kiri (LA) yang bermuatan (+), dan muatan (-) gabungan tangan kanan dan kaki kiri membentuk elektroda indifiren.
- aVF : Merekam potensial listrik pada kaki kiri (LF) yang bermuatan (+) dan elektroda (-) dari gabungan tangan kanan dan kaki kiri membentuk eletroda indifiren.

2. Sadapan Bipolar *(Einthoven)*

   Merekam perbedaan potensial dari 2 elektroda, yang ditandai dengan angka romawi I, II, III



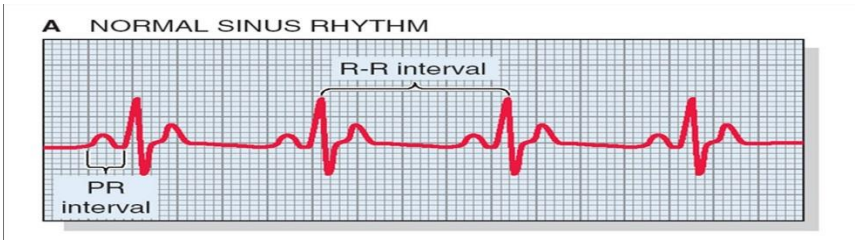
Gambar 2.5 Sadapan Bipolar [4]

- Sadapan I : Merekam beda potensial antara tangan kanan (RA) yang bermuatan negative (-) tangan kiri bermuatan positif (+).
- Sadapan II : Merekam beda potensial antara tangan kanan (-) dengan kaki kiri (LF) yang bermuatan (+).
- Sadapan III : Merekam beda potensial antara tangan kiri (LA) yang bermuatan (-) dan kaki kiri (+).

2.2.3 Irama Jantung

Irama jantung terdiri dari 3 macam yaitu Irama Sinus, Irama *Junction*, dan Irama *Ventrikel*. Masing-masing irama dinamai sesuai dengan asal *impuls* listrik yang keluar. Bila pencetus *impuls* listrik keluar dari *SA Node* maka irama yang muncul disebut Irama Sinus, dari SA *Node* muncul Irama *Junction* dan dari Ventrikel disebut Irama *Idioventrikuler*[5]. Untuk irama sinus yaitu irama jantung yang sumber *pacemaker*nya berasal dari *SA Node* atau i*mpuls*nya berasal dari SA*Node*, ada beberapa irama yang impulsnya berasal dari *SA Node* diantaranya :

1. Sinus Normal

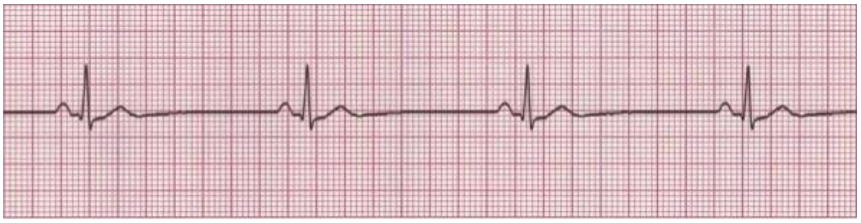


Gambar 2.6 Ritme Sinus Normal [5]

Ciri-ciri irama jantung normal :

- Gelombang P(+) membentuk gambar cembung seperti bukit.
- Kompleks QRS sempit tidak lebih dari 3 kotak.

2. Sinus Bradikardia



Gambar 2.7 Ritme Sinus Bradikardia [5]

Ciri-ciri irama jantung bradikardia

- Irama teratur.
- RR interval jaraknya sama dengan 1 lead panjang.
- PP interval jaraknya sama dengan 1 lead panjang.
- Kompleks QRS harus sama dalam 1 lead panjang.
- Impuls dari SA *node* yang ditandai dengan adanya gelombang P yang mempunyai bentuk sama dalam 1 lead panjang.
- Frekuensi (HR) dibawah 60x/menit.
- Adanya gelombang P yang selalu diikuti kompleks QRS.
- Gelombang P dan kompleks QRS normal dan sama bentuknya dalam 1 lead.

Sinyal yang membedakan antara sinus bradikardi dengan normal sinus rhytm adalah frekuensi jantungnya. Pada sinus bradikardia frekuensi jantungya kurang dari 60x/menit, sedangkan ciri yang lainya persis sama dengan normal sinus rhytm.

Menemukan pasien dengan frekuensi jantung yang kurang dari 60x/menit dan bahkan kurang dari 50x/menit tanpa ada keluhan yang berarti, ini biasanya kita temukan pada jantung olahragawan atau orang yang melakukan kegiatan olah raga yang teratur seperti para atlit. Jadi siapapun orangnya yang melakukan olah raga secara teratur dan benar, akan didapatkan frekuensi jantung yang kurang dari 60 atau bahkan kurang dari 50 x/menit tanpa adanya keluhan. Frekuensi jantung yang kurang dari 60 x/menit juga bisa disebabkan oleh beberapa penyebab seperti obat-obatan (digoxin, beta blockers, calcium channel blockers) dan biasanya terjadi setelah pasca serangan jantung dan stroke. Jadi kita hanya melakukan intervensi pada pasien dengan frekuensi jantung yang kurang dari 60 x/menit apabila si pasien mengalami gejala-gejala yang menganggu haemodinaik pasien.Untuk itu kita tidak boleh memutuskan hasil analisa ECG hanya dengan melihat ECG saja tanpa mempertimbangkan keadaan klinis pasien maupun riwayat kesehatan pasien.

3. Sinus Takikardia



Gambar 2.8 Ritme Sinus Takikardia [5]

Ciri-ciri irama jantung takikardia :

Sama dengan sinus bradikardia, yang membedakanya adalah frekuensi jantung (HR) lebih dari 100x/menit. Seperti halnya dengan sinus bradikardia, hanya satu yang membedakan antara sinus takikardia dengan normal sinus rhytm yaitu frekuensi jantungnya. Pada sinus takikardia, frekuensi jantungnya lebih dari 100x/menit. Peningkatan frekuensi jantung pada pasien dengan sinus takikardia biasanya terjadi oleh adanya respon fisiologi dari tubuh terhadap suatu keadaan yang menggangu hemostasis tubuh.

Dari sekian banyak penyebab frekuensi jantung melebihi 100x/menit pad kasus irama jantung takikardia, kita mengenal beberapa keadaan yang harus kita ketahui seperti:

- Sehabis melakukan aktivitas, demam, kesakitan, stress, dan cemas.
- Hypovolemik/terganggunya sistem sirkulasi darah ke jantung.
- Anemia.
- Obat-obatan.
- Gagal jantung.
- Pendarahan.

4. Sinus Aritmia



Gambar 2.9 Ritme Sinus Ritmia [5]

Ciri irama jantung Aritmia :

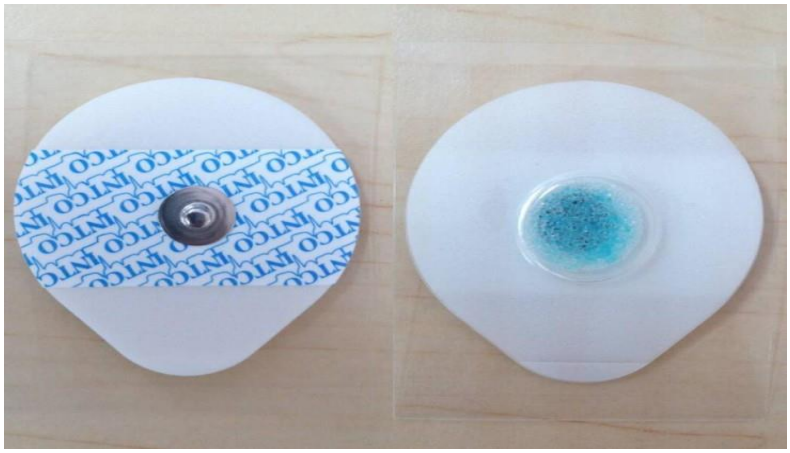
Untuk membedakan sinus aritmia dengan normal sinus rhytm dan sinus bradikardia adalah pada sinus aritmia iramanya tidak teratur yang disebabkan oleh pengaruh pernapasan, baik inspirasi maupun ekspirasi. Biasanya kita akan menemukan pada anak ABG atau anak-anak yang masih muda.

2.3 ` Sensor EKG

Elektrokardiografi (EKG) merupakan suatu sinyal yang dihasilkan oleh aktivitas listrik otot jantung. EKG ini merupakan rekaman informasi kondisi jantung yang diambil dengan memasang elektroda pada tubuh. Rekaman EKG ini digunakan oleh dokter atau ahli medis untuk menentukan kondisi jantung dari pasien, yakni untuk mengetahui hal-hal seperti frekuensi (rate) jantung, arhytma, infar miokard, pembesaran atrium, dan lainnya. Sinyal EKG direkam menggunakan perangkat elektrokardiograf. Pemeriksaan EKG dilakukan dengan menempelkan lead (alat penerima impuls listrik) di beberapa lokasi yang telah ditentukan. Setelah itu, informasi mengenai keadaan jantung dapat diketahui melalui polagrafik yang dihasilkan[6].

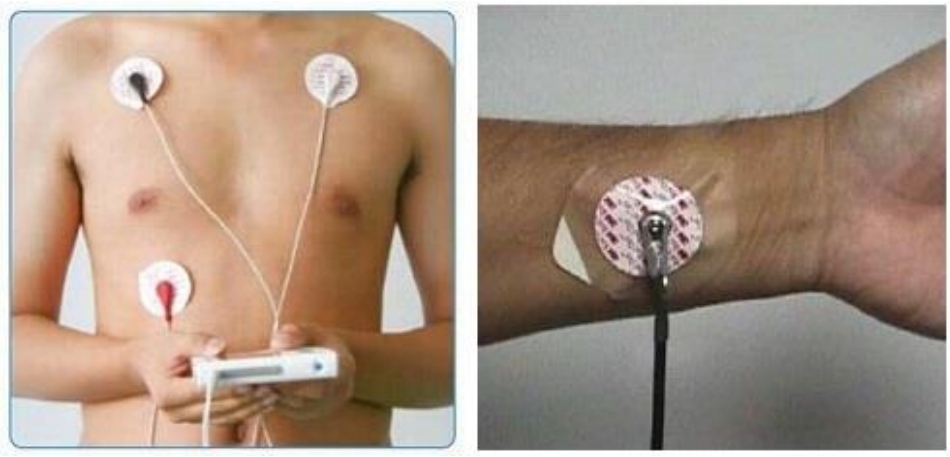
Untuk mengukur aksi potensial secara baik digunakan maka digunakan Elektroda. Elektroda ini dipasang pada kulit di sekitar dada atau pada kedua tangan dan kaki sebagai ground dan berfungsi mendeteksi kelistrikan yang berasal dari aktivitas dalam jantung. Elektroda ini terbuat dari perak yang dilapisi perak klorida, karena jika elektroda yang digunakan terbuat dari logam biasa reaksi kimia yang terjadi di antara tubuh dan elektroda akan menyebabkan terbentuknya gas. Gas ini dapatmengakibatkan ketidak stabilan pada kontak antara elektroda dan tubuh.

Untuk pemasangan elektroda tersebut dibuat berjarak dari permukaan kulit sehingga membuat rongga. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya ketidak telitian yang diakibatkan karena gerakan tubuh pasien yang dapat menyebabkan bergoyangnya kontak. Dan pada rongga tersebut diisi dengan pasta yang bersifat konduktif. Pemasangan elektroda pada kulit dilekatkan dengan semacam perekat.



Gambar 2.10 Elektroda [6]

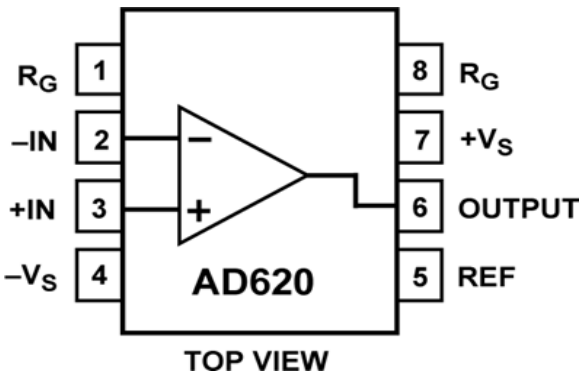
Menurut polaritasnya, maka elektroda-elektroda EKG dapat dibagi menjadi elektroda positif (*anode*), elektroda *negative* (*katode*) dan netral (*ground electrode*). Sebenarnya EKG dapat direkam dari dua kutub (satu kutub positif dan negatif) yang dipasang dimana saja di permukaan tubuh dengan sebuah elektroda netral sebagai kontak ketiga (biasanya dipasang ditungkai kanan).



Gambar 2.11 Penempatan Sensor EKG [6]

2.4 Penguat Instrumen

Seperti dijelaskan sebelumnya, penguat instrumentasi dalam instrumentasi medis disebut juga penguat biopotensial. Fungsi pokoknya adalah memperkuat sinyal EKG yang lemah dan memperkecil/menekan *noise*dari interfensi jala-jala listrik pada tubuh, disebut juga *noise* modus bersama (*common mode noise*). Untuk memenuhi fungsinya tersebut, penguat biopotensial hendaknya memiliki nilai *Common Mode Rejection Ratio* (CMMR) sangat besar agar pelemahan *noise* mode bersama menjadi optimal. Pada penelitian ini akan digunakan IC penguat instrumentasi AD620 produksi *analog devices.* IC ini memiliki CMMR 110 dB pada gain G=10 dan CMMR 130 dB pada gain G=100 atau G=1000. Nilai CMMR yang dimiliki AD620 ini telah memenuhi syarat minimal sebesar 90 dB sebagai penguat biopotensial sinyal EKG (Chen, et.al, 2008).



Gambar 2.12 Datasheet ICAD620[7]

IC AD620 membutuhkan minimal satu resistor eksternal untuk menset penguatan dari 1 - 10.000 kali. Penguatan (G) dapat dihitung menggunakan minimal satu resistor, dilambangkan dengan (Rg), dijabarkan sebagai berikut :

$$G = \frac{49{,}5\ k\Omega}{Rg} + 1 \qquad \text{……. (2.1)}$$

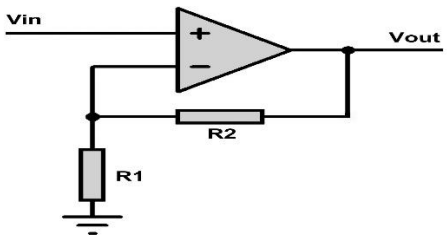
2.5 Penguat Operasional

Penguat operasional atau sering disebut op-amp merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk memperkuat sinyal arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Pada prinsipnya penguat operasional hanya bekerja sebagai penguat sinyal bukan penguat daya. Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian terpadu (*integrated circuit*).

2.5.1 Penguat *Non-Inverting*

Merupakan penguat yang berfungsi memperkuat sinyal masukan tanpa membalik sinyal masukan. Rangkaian penguat dan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Vout = \left(\frac{R2}{R1} + 1\right) \cdot Vin \qquad \text{……(2.2)}$$

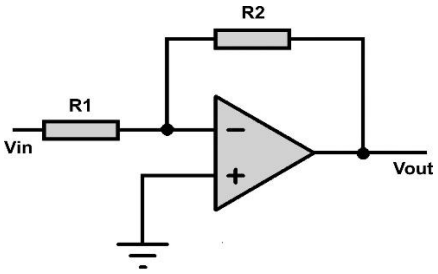


Gambar 2.13 Penguat *Non-Inverting*[8]

2.5.1 Penguat *Inverting*

Rangkaian penguat ini berfungsi untuk memperkuat sinyal masukan dan menggeser sinyal keluaran sebesar 180° sehingga masukan yang positif akan menghasilkan keluaran negatif, demikian juga dengan masukan negatif akan menghasilkan keluaran positif. Rangkaian dan rumusnya adalah:

$$Vout = -\left(\frac{R2}{R1}\right) \cdot Vin \qquad \text{……(2.3)}$$



Gambar 2.14 Penguat *Inverting*[8]

2.6 *Filter*

Filter digunakan untuk membuang sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Untuk dapat menghilangkan sinyal-sinyal tersebut dibutuhkan suatu rangkaian yang tersusun dari komponen seperti resistor, kapasitor, induktor, op-amp danlain-lain. Dengan menentukan frekuensi cut-off nya, dapat membuang sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Frekuensi cut-off adalah titik potong frekuensi yang tidak diinginkan dimana terjadi penurunan gain sebesar 3 dB. Dalam mendesain suatu *filter*, dapat ditentukan seberapa tingkat kecuraman slope dari *filter* yang di rancang yang dimaksud dengan dB/dec adalah besarnya penurunan gain terhadap setiap *decade* (kelipatan 10) dari frekuensi cut-off nya[9].

2.6.1 *Low Pass Filter*

Filter Low Pass merupakan *filter* yang berfungsi untuk meneruskan frekuensi rendah dan menghambat frekuensi tinggi. *Low Pass Filter* memiliki tegangan output konstan dari DC (0Hz), sampai frekuensi cut-off ditentukan, (fc) titik. Titik frekuensi cut-off adalah 0,707 atau 3dB dari gain tegangan diizinkan untuk lulus. Rentang frekuensi "di bawah" titik frekuensi cut-off umumnya dikenal sebagai *Band Pass* sebagai sinyal input diperbolehkan untuk melewati *filter*. Rentang frekuensi "di atas" titik cut-off umumnya dikenal sebagai *Band Stop* sebagai sinyal input yang diblokir atau 23

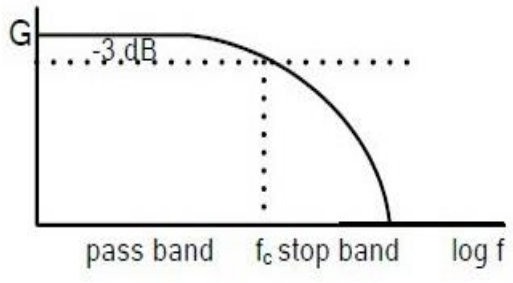
dihentikan. Sebuah rangkaian sederhana untuk *Low Pass Filter* dapat dibuat dengan menggunakan sebuah resistor tunggal di seri dengan kapasitor non-terpolarisasi tunggal (atau komponen reaktif tunggal) di sebuah sinyal input Vin, sementara output sinyal Vout diambil dari seluruh kapasitor. Frekuensi cut-off atau-3dB, dapat ditemukan dengan menggunakan rumus :

$$fc = 1 / (2\pi RC) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

Sudut fase dari sinyal output pada fc dan -45o untuk *Low Pass Filter*. Keuntungan dari *filter* atau penyaring dalam hal ini, umumnya dinyatakan dalam Decibel dan merupakan fungsi dari nilai output dibagi dengan nilai input yang sesuai dengan rumus:

$$G = \frac{20 \log x\, Vout}{Vin} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

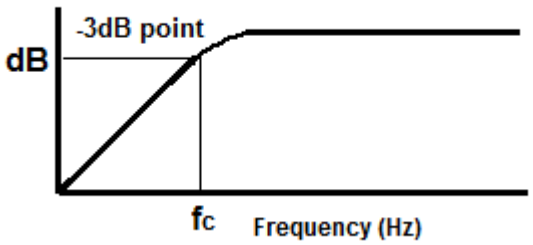
Singkatnya *Filter* Low Pass (LPF) adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari DC naik sampai ke suatu frekuensi cut-off. Bersama naiknya frekuensi di atas fc, tegangan keluarannya diperlemah (turun). Low Pass *Filter* adalah jenis *filter* yang melewatkan frekuensi rendah serta meredam atau menahan frekuensi tinggi. Bentuk respon LPF seperti ditunjukkan gambar di bawah ini.



Gambar 2.15 Respon *Low Pass filter* [9]

2.6.2 *High Pass Filter*

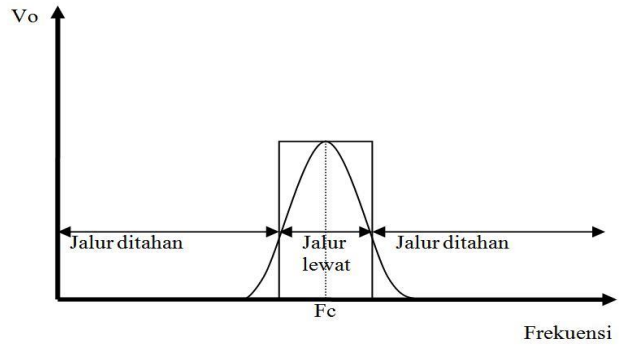
Filter High merupakan *filter* yang berfungsi untuk meneruskan frekuensi tinggi dan menghambat frekuensi rendah. *Filter* ini memiliki tegangan output dari DC (0Hz), sampai ke titik cut-off. Titik cut-off frekuensi rendah adalah 70,7% atau 3dB dari gain tegangan diizinkan untuk lulus. Rentang frekuensi "di bawah" titik cut-off umumnya dikenal sebagai *Band Stop* sementara rentang frekuensi "di atas" titik cut-off umumnya dikenal sebagai *Band Pass*. Frekuensi cut-off atau -3dB, dapat ditemukan dengan menggunakan rumus, $fc = 1 / (2\pi RC)$. Sudut fase dari sinyal output pada fc adalah +45o. Dengan sinyal AC sinusoidal diterapkan pada sirkuit berperilaku sebagai *filter* orde pertama. Tetapi jika kita mengubah sinyal input dari "gelombang persegi" sinyal berbentuk yang memiliki masukan langkah hampir vertikal, respon rangkaian perubahan dramatis dan menghasilkan sirkuit umum dikenal sebagai *Diferensiator*. Garis penuh adalah kurva idealnya, sedangkan kurva putus-putus menunjukkan bagaimana *filter* high pass yang praktis menyimpang dari ideal. High Pass *Filter* yaitu ditunjukkan gambar di bawah ini :



Gambar 2.16 Respon *High Pass filter* [9]

2.6.3 *Bandpass* Filter

Bandpass filter (BPF) adalah rangkaian yang melewatkan frekuensi pada daerah tertentu di antara frekuensi cut-off pertama dan frekuensi cut-off kedua dan meredam frekuensi di luar daerah tersebut. Selain itu Bandpass filter merupakan sebuah rangkaian yang dirancang untuk melewatkan frekuensi dalam batasan tertentu dan menolak frekuensi lain diluar frekuensi yang dikehendaki. Dan Bandpass filter merupakan gabungan antara highpass dan lowpass filter. Filter band pass akan meneruskan sinyal-sinyal dengan frekuensi antara (median frequency) dan menahan frekuensi di bawah dan di atas median tersebut.



Gambar 2.17 Respon *BandPass filter* [9]

2.7 *Noise* pada Sinyal EKG/ECG

Pada pengukuran dan pembacaan sinyal Electrokardiografi (EKG) terdapat gangguan atau *noise* yang termasuk kedalam sinyal asli EKG. *Noise* ini sangat mempengaruhi segmen ST, menurunkan kualitas sinyal, resolusi frekuensi, menghasilkan sinyal amplitudo besar di EKG yang dapat meyerupaimetode PQRST bentuk gelombang dan masker fitur kecil yang penting untuk pemantauan klinis dan diagnosis[6]. Secara garis besar, gangguan sinyal EKG dapat diklasifikasikan ke dalam kategori berikut :

1. Electrode Contact Noise

Electrode contact *noise* (*noise* akibat kontak elektroda) disebabkan oleh variasi dalam posisi jantung sehubungan dengan elektroda dan perubahan dalam media propagasi antara jantung dan elektroda. Hal ini menyebabkan perubahan mendadak dalam amplitudo sinyal EKG, serta pergeseran dasar frekuensi rendah. Selain itu, konduktivitas akan melemah antara elektroda dan kulit sehingga mengurangi amplitudo sinyal EKG dan meningkatkan kemungkinan gangguan (dengan mengurangi SNR). Mekanisme dasar yang mengakibatkan gangguan dasar ini adalah variasi impedansi antara elektroda dengan kulit. Semakin besar impedansi elektroda dengan kulit, semakin kecil perubahan impedansi relatif dibutuhkan untuk menyebabkan perubahan besar dalam dasar sinyal EKG.

2. Power Line Interface

Gangguan power *Line Interference* terjadi melalui mekanisme kopling kapasitif dan kopling induktif. Kopling kapasitif mengacu pada transfer energi antara dua sirkuit sehingga kopling kapasitansi akan terjadi diantara kedua sirkuit tersebut. Nilai kopling kapasitansi akan menurun dengan meningkatnya pemisahan sirkuit. Sedangkan kopling induktif disebabkan oleh induktansi bersama antara dua konduktor. Ketika arus mengalir melalui kawat menghasilkan fluks magnetic, yang dapat menginduksikan arus dalam sirkuit yang berdekatan. Geometri konduktor serta pemisahan antara dua konduktor tersebut akan menentukan nilai induktansi bersama. Biasanya, kopling kapasitif bertanggung jawab terjadinya gangguan di frekuensi tinggi sementara kopling induktif padafrekuensi rendah.Untuk alasan ini kopling adalah mekanisme yang dominangangguan terhadap

saluran listrik di bidang kardiologi elektro. Untuk membatasi jumlah gangguan saluran listrik, elektroda harus diterapkan dengan benar, bahwa tidak ada kabel longgar, dan semua komponen memiliki pelindung yang memadai. Biasanya *power line interference* memiliki frekuensi 60 Hz atau 50 Hz,tergantung pada kekuatan *supply* yang ada.

3. Motion Artifacts

Motion Artifact (Artefak yang terjadi akibat perubahan gerak) disebabkan oleh gerakan elektroda. Penyebab yaitu getaran, gerakan, atau respirasi subjek. Puncak amplitudo dan durasi dari artefak adalah variabel acak yang tergantung pada berbagai diketahui seperti sifat elektroda, sifat elektrolit (jika digunakan antara elektroda dan kulit), impedansi kulit, dan pergerakan pasien.Dalam sinyal EKG ini, *baseline drift* terjadi pada frekuensi sangat rendah (sekitar kurang dari 1 Hz).

4. Electromyography (EMG)Noise

Electromyography Noise (*noise* yang muncul akibat kontraksi otot/EMG) disebabkan oleh kontraksi otot-otot lain disekitar elektroda, mereka menghasilkan depolarisasi dan repolarisasi gelombang yang juga dapat terbaca oleh EKG.Besarnya gangguan ini tergantung pada jumlah kontraksi otot, dan kualitas probe. Hal ini juga ditetapkan bahwa amplitudo dari sinyal elektromiografi adalah stokastik (random) di alam dan dapat cukup dimodelkan dengan fungsi distribusi Gaussian. Rata-rata gangguan dapat diasumsikan nol, namun variansinya tergantung pada variabel lingkungan dan akan berubah tergantung pada kondisi. Studi tertentu telah menunjukan bahwa devisasi standar dari kebisingan

biasanya10% dari puncak ke puncak amplitudo EKG.Frekuensi gangguan yang disebabkanoleh EMG ini berkisar 100-500 Hz.

5. Instrumentation Noise

Instrumentation Noise (*noise* yang muncul akibat dari peralatan listrik yang digunakan dalam pengukuran EKG juga berkontribusi kebisingan). Sumber utama dari bentuk gangguan ini adalah probe elektroda, kabel, prosesor sinyal atau penguat, dan *Analog-to-Digital Converter*. Namun instrumentasi kebisingan tidak dapat dihilangkan karena melekat dalam komponen elektronik, tetapi dapat dikurangi melalui kualitas peralatan yang lebih tinggi dan sehingga untuk mendesain sebuah rangkaian alat EKG diperlukan kehati-hatian dan ketelitian. Bentuk lain dari gangguan yang disebut *flicker noise*, sangat pentingdalam pengukuran EKG, karena kandungan frekuensi rendah dari sinyal EKG. Mekanisme yang sebenarnya yang menyebabkan jenis kebisingan belumdipahami, tapi satu teori yang diterima secara luas adalah bahwa hal itu disebabkan oleh perangkat energi yang terjadi antara *interface* dari dua bahan. Hal ini diyakini bahwa pembawa muatan dapat menyebabkan *flicker noise*. Diantara *noise-noise* yang telah disebutkan diatas, *power line interference* dan *baseline wandering* merupakan hal yang paling signifikan dan sangat mempengaruhi analisis sinyal EKG. Selain dari *power line interference* dan *base line wandering*, gangguan lain yang mungkin yaitu *noise* yang bersifat *wideband* dan biasanya merupakan proses stokastik yang kompleks yang juga dapat mendistorsi sinyal EKG. Seperti gangguan saluran listrik yang bersifat *narrow band* yang berpusat pada frekuensi 60

Hz (atau 50 Hz) dengan *bandwidth* kurang dari 1 Hz. Biasanya untuk gangguan yang diakibatkan oleh gangguan saluran listrik masih dapat ditangani oleh perangkat keras sinyal EKG. Namun untuk *baseline wandering* dan *noise* yang bersifat *wideband* tidak mudah untuk ditekandengan peralatan perangkat keras. Sebaliknya, skema perangkat lunaklah yang sangat memungkinkan dan layak untuk pemrosesan sinyal EKG secara *offline*.

2.8 Mikrokontroller *Arduino Uno*

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328P .*Board* ini memiliki 14 *digital input / output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output *PWM*), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor *AC to DC* atau baterai untuk menggunakannya[10].

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit yaitu semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, AT90Sxx, ATmega, dan AT86RFxx dan sering digunakan pada pembuatan alat dengan sistem *embedded*.ATmega328P merupakan bagian dari keluarga ATmega, yang mempunyai fasilitas yang lengkap.



Gambar 2.18 Arduino Uno [10]

Board Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

1. **Pin*Output* :** SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari *board* sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan Prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino yang beroperasi dengan 3.3V. Kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.
2. **Tombol *Reset* :** Tombol *reset Arduino Uno* dirancang untuk menjalankan program yang tersimpan didalam mikrokontroller dari awal. Tombol *reset* terhubung ke Atmega328 melalui kapasitor 100nf. Setelah tombol *reset* ditekan cukup lama untuk me-*reset chip*, software IDE Arduino dapat juga berfungsi untuk meng-*upload* program dengan hanya menekan tombol upload di *software IDE Arduino*.

Tabel 2.2 Deskripsi *Arduino Uno* [10]

Mikrokontroller	ATmega 328P
Tegangan Kerja	5V

Tegangan Masukan (Rekomendasi)	7-12V
Tegangan Masukan (Batas)	6-20V
I/O	14 pin (6pin untuk PWM)
Arus Kerja	50mA
Flash Memory	32Kb
Bootloader	SRAM 2Kb
EEPROM	1Kb
Kecepatan Kerja	16MHz

2.8.1 Perangkat I/O

Masing-masing dari 14 pin *digital* di *Arduino Uno* dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi *pinMode*, *digitalWrite*, dan *digitalRead*. Tegangan operasi sebesar 5 voltuntuk nilai *High*(1)dan 0 volt untuk nilai *Low*(0). Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40mA dan memiliki internal resistor *pull-up* (yang terputus secara default) sebesar 20-50 kΩ. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi-fungsi khusus sebagai berikut:

1. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari ATmega8U2 *USB-to-Serial* TTL.
2. *Eksternal Interupt*: Pin 2 dan 3 dapat dikonfigurasi untuk memicu fungsi interruptyang dapat diatur pengkondisiannya.
3. *PWM*: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11.Dapat digunakan sebagai keluaran 8-bit PWM menggunakan fungsi *analogWrite*.
4. SPI: Pin 10 (SS), pin 11 (MOSI), pin 12 (MISO), pin 13 (SCK). Pin-pin ini mendukung komunikasi SPI, yang meskipun disediakan oleh *hardware*, saat ini tidak termasuk dalam bahasa *Arduino*.

5. *LED*: Pin 13. Terdapat *LED* yang disediakan dan terhubung ke pin *digital* 13.*LED* menyala jika pin 13 bernilai *High*, dan *LED* mati jika pin bernilai *Low*.

Arduino Uno memiliki 6 masukan *analog*, yang masing-masing memiliki resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Tegangan *default* pengukuran dari 0 sampai 5 volt, dapat pula diatur untuk jangkauan pengukuran menggunakan pin AREF dan fungsi A*nalog Reference*.

2.8.2 Catu Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. *Eksternal* (non-USB) daya dapat datang baik dari *AC to DC* adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkan Jack2.1mm ke dalam board colokan listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam *header* pin Gnd dan Vin dari konektor Power. *Board* dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6 - 20 volt. Jika diberikan tegangan kurang dari 7V, pin 5V akan menyuplai tegangan kurang dari 5 volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak*board.* Rentang yang dianjurkan adalah 7 - 12 volt.

2.8.3 *Memory*

ATmega328P memiliki kapasitas memori 32 KB dan digunakan sebesar 0,5 KB untuk *loading file*.

2.8.4 Komunikasi Data

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328P ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega16U2 pada saluran board ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware Arduino* menggunakan USB *driver* standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada *windows,* file .Inf diperlukan. Perangkat lunak *Arduino* termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke *board Arduino*. RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chipUSB-to-serial* dan koneksi USB ke komputer. ATmega328P ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi *interface* pada sistem.

2.8.5 ADC pada Arduino Uno

Nilai ADC menunjukkan ratio perbandingan dengan tegangan yang terbaca. Berikut persamaannya ialah nilai ADC terukur ialah nilai ADC maximum dikalikan tegangan terbaca, kemudian dibagi dengan nilai tegangan sumber. Nilai ADC tergantung dengan tegangan yang menjadi catu daya sistem mikrokontroller. Untuk board Arduino biasa menggunakan sumber tegangan 5 volt, board Arduino Uno memiliki resolusi 10 bit, dengan nilai terbesar 1023. Untuk setiap unit ADC tersebut memiliki perbandingan tegangan sebesar 4,9 mV. Selain dipengaruhi oleh besarnya nilai resolusi ADC, tepat tidaknya pengukuran nilai ADC juga dipengaruhi oleh clock speed ADC tersebut. Untuk board Arduino Uno sendiri clock speed ADC

maximum yang disarankan ialah 200 kHz. Nilai clock speed 200 kHz tersebut berdasarkan spesifikasi internal DAC (Digital to Analog Converter) pada rangkaian pengubahnya. Meski demikian, penggunaan clock speed pada 1 MHz misalnya, tidak mengurangi kualitas resolusi ADC tersebut.

2.8.6 *Programming*

Bahasa pemograman pada mikrokontrollernya memiliki bahasa sendiri yaitu bahasa *Arduino,*dimana bahasa *Arduino* ini adalah *single board microntroller* (mikrokontroler dalam satu papan rangkaian) yang bersifat *open source*, merupakan turunan dari *Platform Wiring* dan dirancang agar pembuatan proyek mikrokontroler menjadi lebih mudah dilakukan oleh semua kalangan. Sistem Arduino adalah berupa *hardware* menggunakan *chip* Atmel AVR, *software* yang berupa bahasa pemrograman standar C, serta *bootloader* yang dipasang pada *chip* utama.

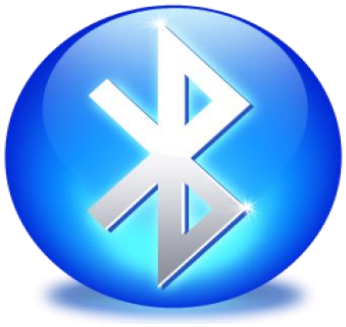
Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak *Arduino*, pertama pilih *Arduino Uno* dari *Tool* lalu sesuaikan dengan mikrokontroler yang digunakan. ATmega328 pada Uno Arduino memiliki *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk meng-*upload* program baru tanpa menggunakan *downloader* eksternal. Komunikasi menggunakan protokol dari bahas C. Sistem dapat menggunakan perangkat lunak FLIP Atmel (*Windows*) atau *programmer* DFU (*Mac OS X* dan *Linux*) untuk memuat *firmware* baru. Atau Anda dapat menggunakan *header* ISP dengan *programmer* eksternal.



Gambar 2.19 Contoh program *Arduino Uno*[10]

2.9 *Bluetooth*

Bluetooth adalah sebuah teknologi nirkabel dengan menggunakan media gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz. Teknologi *Bluetooth* mempunyai kecepatan maksimum 1 Mbps. *Bluetooth* relatif murah, tidak memerlukan daya yang besar untuk menghidupkannya atau memakainya.

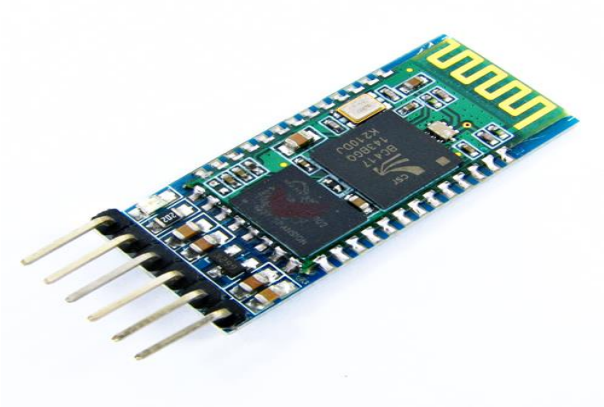


Gambar 2.20 Lambang *Bluetooth* [11]

Teknologi *Bluetooth* dirancang dan dioptimalkan untuk perangkat yang bersifat *mobile*. Komputer yang bersifat *mobile* (seperti laptop, tablet *PC* atau *notebook,cellular, network access point, printer, PDA, desktop, keyboard, joystick* dan perangkat yang jangkauannya seperti *Bluetooth*). *Bluetooth* juga didesain untuk mendukung komunikasi bersama suara dan data dengan kemampuan transfer data sampai 721Kbps. *Bluetooth* memerlukan daya yang rendah yaitu kurang dari 0.1W

dan mendukung layanan *synchronous* dan *asynchronous* serta mudah diintegrasikan dengan jaringan *Transmission Control Protocol/Internet Protocol(TCP/IP).*

Bluetooth sendiri dapat berupa *card* yang bentuk dan fungsinya hampir sama dengan *card* yang digunakan untuk *wireless local area network (WLAN)* dimana menggunakan frekuensi radio standar IEEE 802.11, hanya saja pada *Bluetooth* mempunyai jangkauan jarak layanan yang lebih pendek dan kemampuan transfer data yang lebih rendah. Berikut gambaran secara fisik dari *Bluetooth*:



Gambar 2.21 Modul *Bluetooth* [11]

Pada dasarnya *bluetooth* diciptakan bukan hanya untuk menggantikan atau menghilangkan penggunaan kabel didalam melakukan pertukaran informasi, tetapi juga mampu menawarkan fitur yang baik untuk teknologi *mobile wireless* dengan biaya yang relatif rendah, konsumsi daya yang rendah, *interoperability* yang menjanjikan, mudah dalam pengoperasian dan mampu menyediakan layanan yang bermacam-macam.

2.9.1 Kelebihan dan Kekurangan *Bluetooth*

Ada beberapa kelebihan teknologi *Bluetooth* sehingga menyebabkan

teknologi ini banyak dipergunakan antara lain :

1. Sinyal *Bluetooth* dapat menembus dinding, kotak, dan berbagai rintangan rintangan lainnya.
2. *Bluetooth* tidak memerlukan kabel ataupun kawat, sehingga dapat menggantikan penggunaan komunikasi kabel seperti *mouse, keyboard, dan lainnya*.
3. Jangkauan lumayan luas yaitu sampai radius 10 meter selama tidak ada angguan elektromagnetis di sekitar area transfer.
4. Dapat digunakan untuk transfer data antar perangkat yang memiliki *Bluetooth*.

Walaupun demikian *Bluetooth* juga masih mempunyai beberapa kekurangan, antara lain :

1. Kecepatan transfer Bluetooth tidak tetap dan tergantung dari perangkat yang digunakan untuk mengirim dan menerima data. Terkadang, transfer file dari handphone merk A ke *handphone* merk B berjalan lambat. Pada kesempatan lain, transfer file dari *handphone* merk B ke merk A bisa berjalan dengan kecepatan transfer hingga dua kali lipat kecepatan transfer A ke B.
2. Keamanan perlu diperhatikan, pada transfer file terkadang terdapat virus yang menyusup ke dalam file yang hendak dikirim. Untuk meminimalkan kemungkinan mendapat virus, lebih baik tidak usah menerima pesan dari perangkat yang tidak dikenal.
3. Sulit menentukan jarak maksimal yang dapat ditempuh agar kualitas tidak drop.

4. Walaupun secara teori, sinyal *Bluetooth* dapat menembus tembok, kualitas transfernya tetap tidak dapat ditentukan.

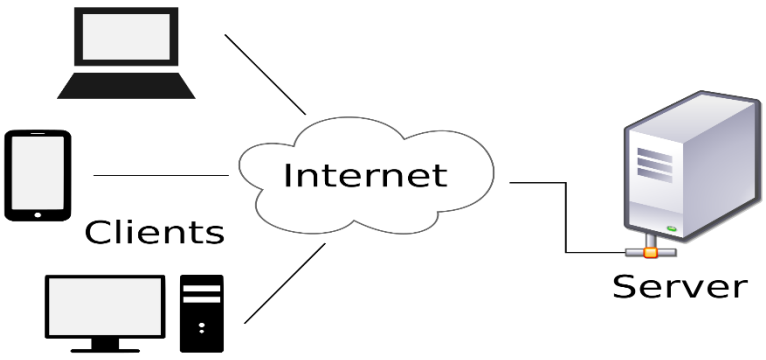
2.9.2 Jangkauan Operasi *Bluetooth*

Jarak jangkau dari perangkat Bluetooth berbeda-beda. Tergantung padadaya listrik dari masing-masing Bluetooth itu sendiri yang terbagi dari tiga kelas, yaitu:

1. Kelas 1, menggunakan daya listrik sebesar 100mW, dengan jangkauan ±100 meter.
2. Kelas 2, menggunakan daya listrik sebesar 2,5mW, dengan jangkauan ±10 meter.
3. Kelas 3, menggunakan daya listrik sebesar 1 mW, dengan jangkauan ±100 centimeter (maksimal 1 meter).

2.10 Multi Kanal/ *Multiple Access*

Multi Kanal adalah sistem komunikasi satu server yang bisa di akses oleh banyak *client*. Jadi, teknik multi kanal adalah teknik yang memungkinkan beberapa pelanggan untuk meng-akses satu server, misalnya banyak pelanggan telepon seluler meng-akses satu BTS, banyak stasiun bumi meng-akses satu buah satelit, dan contoh lainnya.



Gambar 2.22 Jaringan Multi Kanal [12]

2.10.1 Penggunaan *Wireless Router*

Penggunaan *Wireless Router* ini berfungsi untuk penghubung antara *Personal Computer* (PC) server dengan client melalui teknologi *wireless*. *Wireless router* yang dipakai menggunakan TP-LINK TL-WR720N yang beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz, serta mempunyai kecepatan akses data 150Mbps.



Gambar 2.23 Wireless Router TL-WR720N [12]

2.10.2 Kelebihan dan Kekurangan *Wireless*

Ada beberapa kelebihan teknologi *Wireless* sehingga menyebabkan teknologi ini banyak dipergunakan antara lain :

1. Kecepatan transfer data yang stabil.
2. Cakupan jaringan yang cukup luas.
3. *Compatible* hampir dengan semua jenis perangkat seperti *smartphone* dan laptop.
4. Memungkinkan sebuah *hardware* beroperasi pada jaringan secara portabel.

Tetapi teknologi *wireless* juga masih mempunyai beberapa kekurangan, antara lain :

1. Instalasi dan pengembangan yang biayanya cukup mahal.

2. Kekuatan sinyal sangat bergantung pada kondisi cuaca.
3. Memungkinkan kekuatan sinyal dipengaruhi oleh lingkungan fisik dan penghalang.