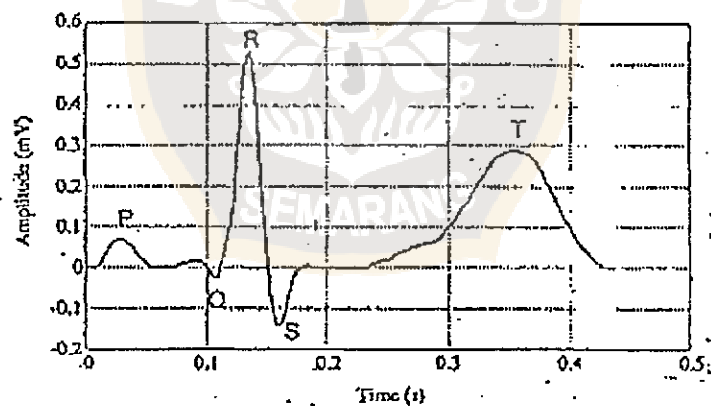


## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Elektrokardiogram

Adalah suatu gambaran grafis dari perbedaan potensial antara dua titik pada permukaan tubuh (Djojoadisoeprapto, 1995). Gambaran grafis ini berupa sinyal dari jantung, yang terdiri dari beberapa bagian (segmen), yang merepresentasikan aktivitas sinyal listrik pada jantung. Segmen tersebut adalah P, Q, R, S, dan T. Masing-masing segmen dapat dijelaskan sebagai berikut. Segmen P berasal dari depolarisasi atrium jantung. Segmen QRS berasal dari depolarisasi ventrikel jantung. Segment T berasal dari repolarisasi otot ventrikel jantung.

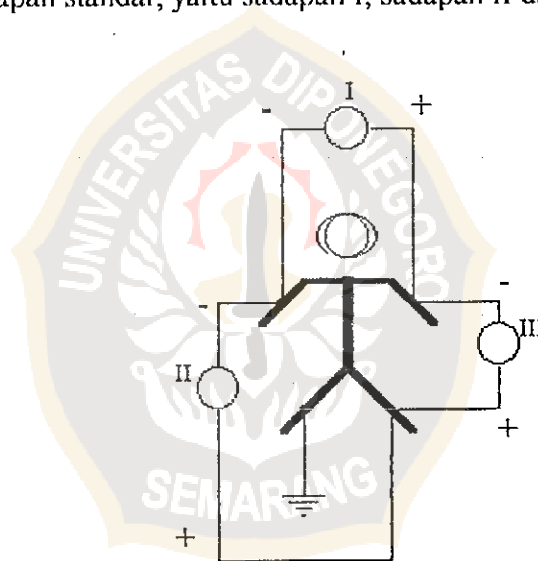


Gambar 2.1 Sinyal Elektrokardiogram Normal  
(Tompkins,1995).

Aktivitas polarisasi merupakan serangkaian proses kompleks yang menyebabkan aliran ion pada otot jantung. Aliran ion pada otot jantung akan menyebabkan munculnya arus listrik, yang kemudian akan menyebabkan

beda potensial pada otot-otot jantung. Beda potensial yang terjadi dapat diamati pada permukaan tubuh, karena aliran arus listrik yang terjadi pada otot jantung tersebar ke permukaan tubuh. Aliran ion pada otot jantung merupakan proses yang kompleks, maka tegangan yang dihasilkan juga merupakan tegangan dengan bentuk yang kompleks. Tegangan yang kompleks ini disebut sinyal jantung (Aston, 1990).

Oleh EINTHOVEN (Meurs dan Arntzenius, “*Elektrokardiografi Praktis*“, diterjemahkan oleh Hardjono Djojoadisoeprapto), telah diperkenalkan tiga hantaran atau sadapan standar, yaitu sadapan I, sadapan II dan sadapan III.



Gambar 2.2 Ketiga Sadapan Standar Einthoven

Sadapan I, yaitu mengukur beda potensial antara lengan kanan (RA) dengan lengan kiri (LA). Dalam hal ini masukan positif penguat instrumentasi dihubungkan lengan kiri (LA) dan masukan negatif penguat instrumentasi dihubungkan dengan lengan kanan (RA), sedangkan *ground* dihubungkan dengan kaki kanan (RF).

Sadapan II, yaitu mengukur beda potensial antara lengan kanan (RA) dengan kaki kiri (LF). Dalam hal ini masukan positif penguat instrumentasi dihubungkan kaki kiri (LF) dan masukan negatif penguat instrumentasi dihubungkan dengan lengan kanan (RA), sedangkan *ground* dihubungkan dengan kaki kanan (RF).

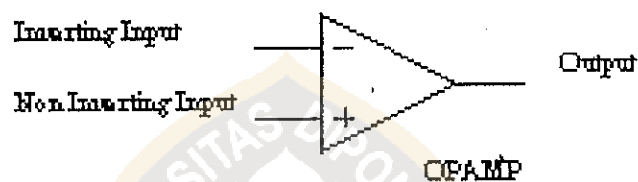
Sadapan III, yaitu mengukur beda potensial antara lengan kiri (LA) dengan kaki kiri (LF). Dalam hal ini masukan positif penguat instrumentasi dihubungkan kaki kiri (LF) dan masukan negatif penguat instrumentasi dihubungkan dengan lengan kiri (LA), sedangkan *ground* dihubungkan dengan kaki kanan (RF) (Djojoadisoeprapto, 1995).

## 2.2. Elektroda EKG

Merupakan salah satu jenis transduser (sensor) dalam dunia kedokteran. Elektroda ini berfungsi untuk mengkonversikan sinyal biomedik yang dihasilkan oleh jantung, menjadi sinyal tegangan listrik. Dalam dunia kedokteran, dikenal dua macam transduser yaitu: *invasive* dan *non-invasive*. Transduser *invasive* merupakan transduser jarum, sehingga penggunaannya dilakukan dengan menusukkan kedalam tubuh. Transduser *non-invasive* merupakan transduser permukaan, sehingga penggunaannya dengan cara ditempelkan pada permukaan kulit (Aston, 1990).

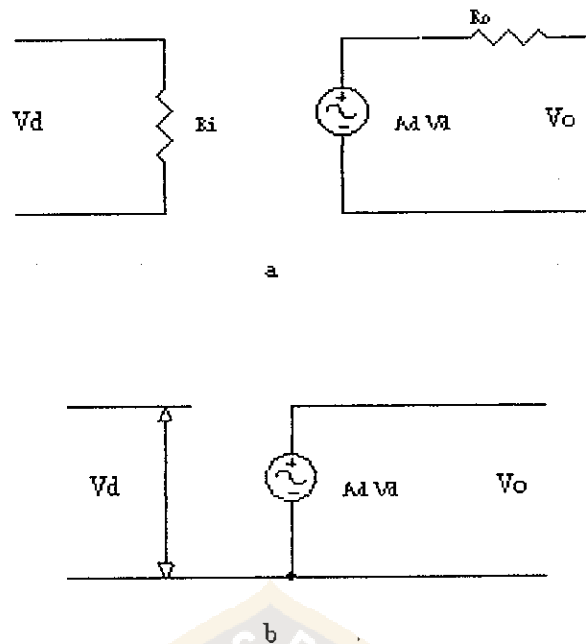
### 2.3. Penguat Operasional

Adalah penguat dengan penguatan yang sangat tinggi, dengan impedansi masukan tinggi (dalam orde mega ohm) dan impedansi keluaran rendah (lebih kecil dari 100 ohm). Penguat operasional pada dasarnya dibangun dari penguat diferensial yang memiliki dua masukan yaitu masukan positif dan masukan negatif serta minimal sebuah keluaran (Boylestad, 1992).

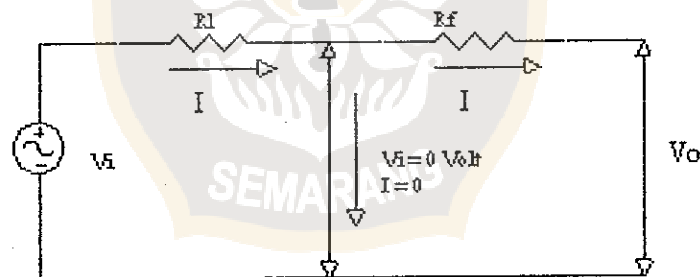


Gambar 2.3 Penguat Operasional Dasar  
(Boylestad, 1992)

Apabila salah satu terminal masukan pada penguat operasional ideal dihubungkan ke *ground* (bumi) maka pada terminal masukan lainnya akan muncul tegangan nol atau lebih dikenal dengan *virtual ground*. Hal ini karena  $R_i$  tidak terhingga sehingga tidak ada arus yang mengalir ke dalam penguat operasional dari terminal-terminal masukannya melewati  $R_i$ . Susunan yang demikian akan memudahkan dalam analisa rangkaian yang menggunakan penguat operasional (Boylestad, 1992).



Gambar 2.4 Rangkaian Ekuivalen AC Penguat Operasional:  
(a) Praktis; (b) Ideal (Boylestad, 1992)



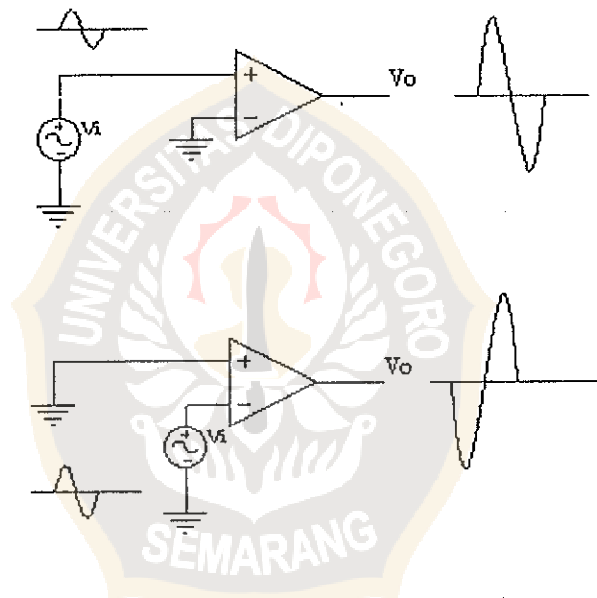
Gambar 2.5 Virtual Ground Pada Penguat Operasional (Boylestad, 1992)

### 2.3.1. Konfigurasi Dasar Penguat operasional

Beberapa macam konfigurasi yang dapat diterapkan pada penguat operasional antara lain:

### Masukan Single-Ended

Pada konfigurasi jenis ini masukan sinyal dihubungkan ke salah satu terminal masukan, sedangkan terminal masukan yang lain dihubungkan ke bumi (*ground*). Jika sinyal masukan diberikan ke terminal masukan positif maka sinyal keluaran akan memiliki polaritas yang sama dengan sinyal masukan, sedangkan jika dihubungkan ke terminal masukan negatif sinyal keluaran akan memiliki polaritas yang berkebalikan dengan sinyal masukannya (Boylestad, 1992).

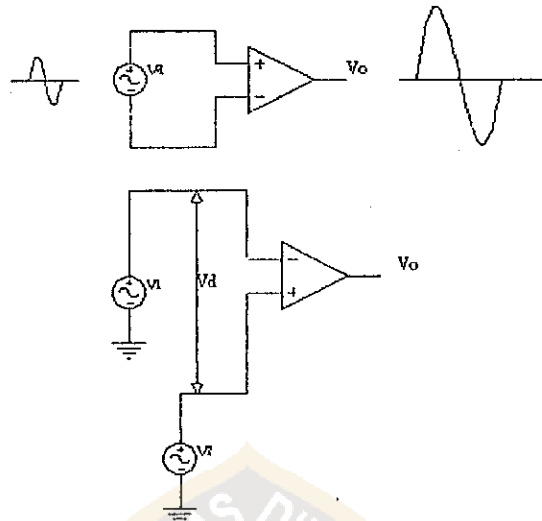


Gambar 2.6 Operasi Single Ended  
(Boylestad, 1992)

### Masukan Double-Ended (Diferensial)

Pada konfigurasi ini sinyal masukan diberikan pada kedua terminal masukan, dan sinyal keluaran akan memiliki polaritas yang sama dengan sinyal masukannya. Konfigurasi ini memiliki dua bentuk dasar yaitu: konfigurasi tanpa bumi (*unground*) dan konfigurasi dengan bumi (*ground*). Pada kedua konfigurasi

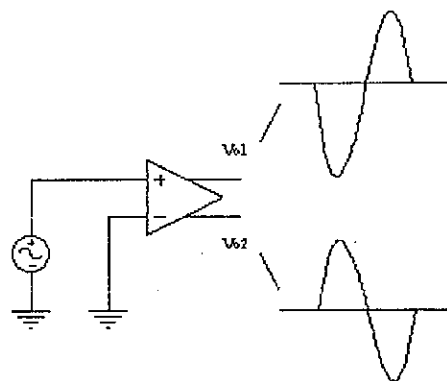
tersebut sinyal yang diproses oleh penguat operasional adalah sebesar  $V_d$  (tegangan diferensial) (Boylestad, 1992).



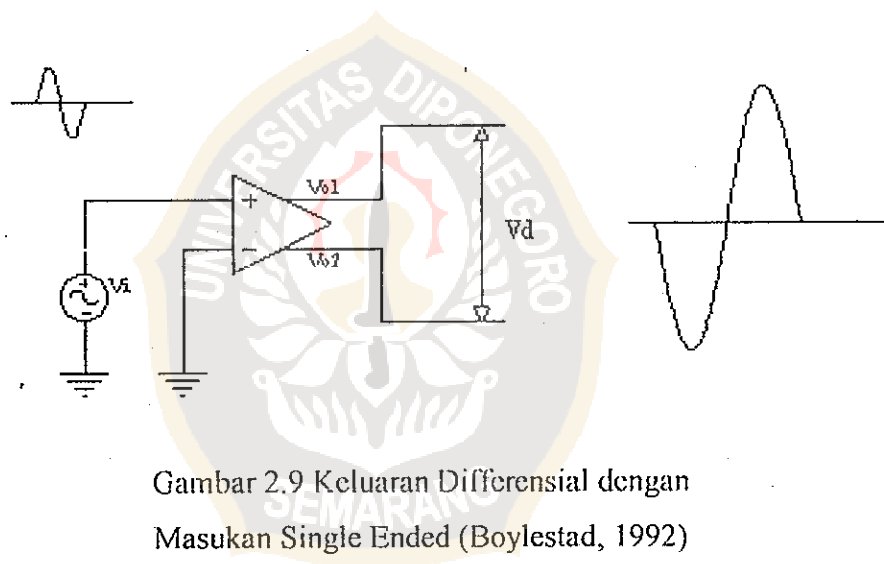
Gambar 2.7 Operasi Double-Ended (Diferensial) Masukan (Boylestad, 1992)

### Keluaran Double-Ended

Penguat operasional juga dapat dikonfigurasi untuk memiliki dua keluaran yang berlawanan polaritasnya. Sinyal masukan yang diberikan ke terminal masukan penguat operasional, akan keluar pada kedua terminal keluaran dengan polaritas yang saling berlawanan (Boylestad, 1992).



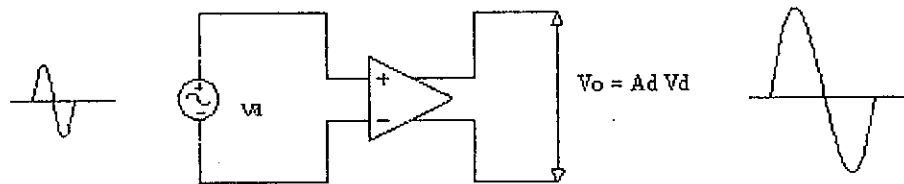
Gambar 2.8 Keluaran Double Ended dengan Masukan Single-Ended (Boylestad, 1992)



Gambar 2.9 Keluaran Differensial dengan Masukan Single Ended (Boylestad, 1992)

Keluaran penguat operasional jenis ini dapat juga dihubungkan pada mode diferensial dimana sinyal keluaran didapatkan dari kedua terminal keluaran. (Boylestad, 1992).



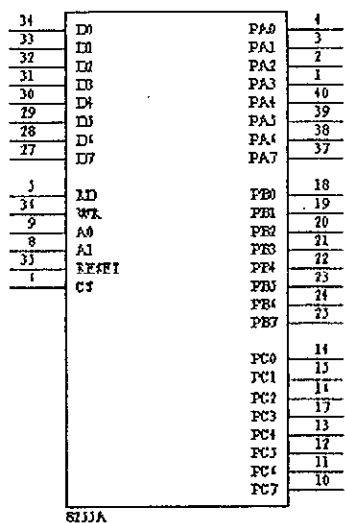


Gambar 2.10 Operasi Masukan Differensial dan Keluaran Differensial (Boylestad, 1992)

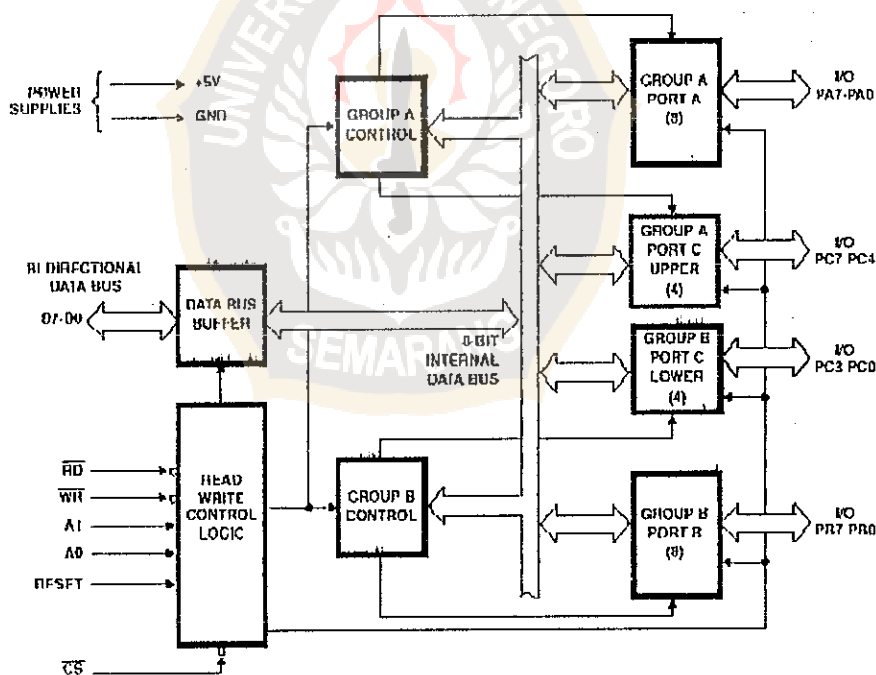
#### 2.4. PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE (PPI) 8255A

PPI 8255A adalah perangkat antarmuka masukan-keluaran untuk keperluan umum. Perangkat ini memiliki 24 jalur I/O yang diorganisasikan kedalam tiga kelompok masing-masing berisi 8 bit, yaitu kelompok A, B dan C. Kelompok A dan B dapat diprogram sebagai masukan atau keluaran, sedangkan kelompok C dapat di program dalam dua sub kelompok, masing-masing sebagai masukan atau keluaran.

PPI 8255A merupakan perangkat yang dapat diterapkan dalam beragam keperluan yaitu sebagai *port* I/O sederhana (mode 0), *port* I/O dengan *handshaking* (mode 1) dan *port* I/O dwi-arah (*bidirectional*) dengan lima sinyal *handshaking* (mode 2). Ketiga mode tersebut dapat dikombinasikan sesuai dengan keperluan (Hogenboom, 1996).



Gambar 2.11 Gambar PPI 8255



Gambar 2.12 Blok Diagram PPI 8255A (Hogenboom, 1996).

Untuk memakai PPI 8255A, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan mode. Mode (0, 1, 2) dapat dipilih dengan memberikan data kedalam register kontrol PPI 8255A. Berikut ini mode-mode yang dapat diterapkan pada PPI 8255A

### Mode 0

Pada mode ini, PPI 8255A akan berfungsi sebagai perangkat I/O sederhana. Tidak diperlukan sinyal *handshaking*, sehingga operasi masukan-keluaran dilakukan secara langsung.

### Mode 1

Merupakan *port I/O* dengan sinyal *handshaking*, dimana *port A* atau *B* sebagai *port data* sedangkan *port C* sebagai jalur yang membawa informasi status. Pada mode 1 transfer data dapat dilakukan tanpa intervensi mikroprosesor secara langsung.

### Mode 2

Pada mode 2 *port A* berfungsi sebagai jalur data dua arah dengan didukung 5 bit *port C* sebagai jalur sinyal *handshaking*. Mode 2 dipilih apabila diinginkan untuk dilakukan transfer data dua arah, misalnya transfer data antar mikroprosesor (Uffenbeck, 1991).

## 2.5. FILTER

Filter adalah rangkaian yang memiliki fungsi untuk melakukan pemilihan (seleksi) terhadap suatu sinyal (data) berdasarkan frekuensinya (Williams, 1988). Menurut sinyal yang diaplikasikan, filter dapat dibagi menjadi dua yaitu filter analog dan filter digital. Filter analog digunakan untuk melakukan pemilihan terhadap sinyal-sinyal analog sedangkan filter digital digunakan untuk melakukan pemilihan terhadap data-data digital.

Filter dapat dikelompokkan ke dalam dua jenis yaitu: filter pasif dan filter aktif. Filter pasif adalah filter yang dirangkai dengan menggunakan komponen-komponen pasif resistor dan kapasitor. Filter aktif adalah filter yang dirangkai dengan menggunakan komponen-komponen pasif resistor dan kapasitor dan juga komponen aktif penguat. Penguat digunakan untuk penguatan sinyal yang dipilih, penyangga (*buffer*) dan isolasi sinyal.

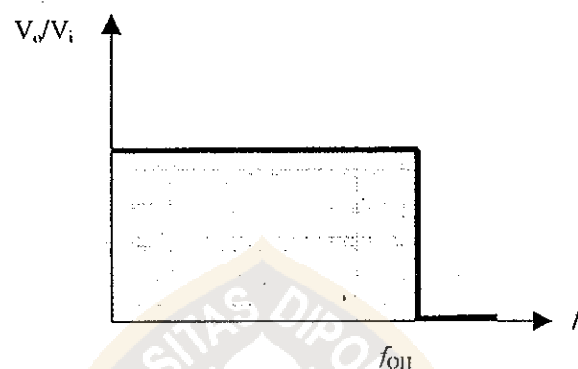
Filter ideal adalah filter yang dapat meneruskan sinyal yang dipilih dengan tanpa mengakibatkan distorsi pada amplitudo maupun fase sinyal yang dipilih serta mampu menahan semua sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Pada prakteknya filter ideal tidak dapat direalisasikan (Williams, 1988).

### 2.5.1. Jenis-Jenis Filter Berdasarkan Frekuensi

Berdasarkan frekuensi yang dipilih maka filter dapat dikelompokkan dalam 4 jenis, yaitu:

### Filter Lolos Rendah

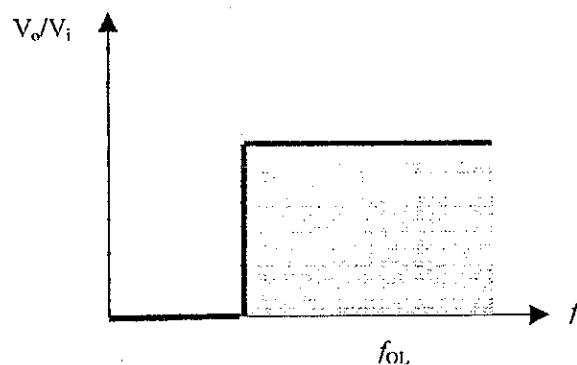
Filter Lolos Rendah adalah filter yang dapat meneruskan semua sinyal yang berfrekuensi dibawah frekuensi batas (*cut-off frequency*) dan tidak meneruskan frekuensi-frekuensi yang berada diatas frekuensi batas (Williams, 1988).



Gambar 2.13 Respon Frekuensi Filter Lolos Rendah Ideal (Williams, 1988)

### Filter Lolos Tinggi

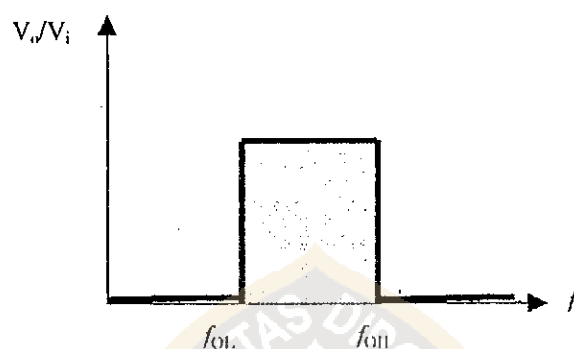
Filter Lolos Tinggi adalah filter yang dapat meneruskan semua sinyal yang berfrekuensi diatas frekuensi batas (*cut-off frequency*) dan tidak meneruskan frekuensi-frekuensi yang berada dibawah frekuensi batas (Williams, 1988).



Gambar 2.14 Respon Frekuensi Filter Lolos Tinggi Ideal (Williams, 1988)

### Band Pass Filter (BPF)

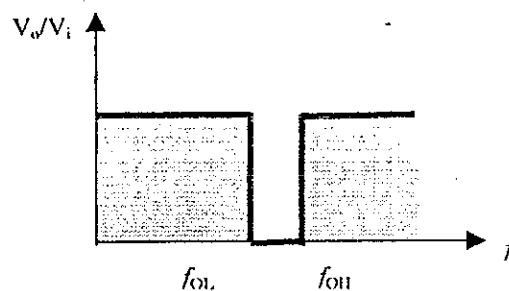
*Band Pass Filter* adalah filter yang dapat meneruskan semua sinyal yang berfrekuensi diatas frekuensi batas bawah (*cut-off frequency*) dan dibawah frekuensi batas atas serta tidak meneruskan frekuensi-frekuensi yang berada diatas frekuensi batas atas dan dibawah frekuensi batas bawah (Williams, 1988).



Gambar 2.15 Respon Frekuensi Band Pass Filter Ideal (Williams, 1988)

### Filter Band-Reject (Notch Filter)

*Filter Band Rejection* adalah filter yang dapat meneruskan semua sinyal yang berfrekuensi dibawah frekuensi batas bawah (*cut-off frequency*) dan diatas frekuensi batas atas, serta tidak meneruskan frekuensi-frekuensi yang berada dibawah frekuensi batas atas dan diatas frekuensi batas bawah (Williams, 1988).



Gambar 2.16 Respon Frekuensi Filter Band Reject Ideal (Williams, 1988)

## 2.6. Pencacah

Pencacah adalah rangkaian digital yang berfungsi untuk melakukan penghitungan. Rangkaian ini tersedia dalam bentuk *chip IC (Integrated Circuit)* dan dapat juga dirangkai menggunakan gerbang-gerbang logika (Mowle, 1976).

Terdapat beragam jenis pencacah yang dapat dipilih untuk kebutuhan desain, diantaranya adalah Pencacah Biner (*Binary Counter*) dan Pencacah BCD (*Binary Code Desimal Counter*).

Pencacah Biner akan melakukan proses perhitungan dari nilai terendah yaitu nol sampai dengan nilai maksimal tertentu. Nilai maksimal ini ditentukan oleh jumlah *bit* pada pencacah. Jika berupa pencacah empat *bit* maka nilai maksimalnya adalah 15. Sedangkan pencacah BCD akan melakukan proses perhitungan dari nilai minimal nol ke nilai maksimal 9 (Mowle, 1976).

## 2.7. Detektor QRS

Adalah rangkaian yang berfungsi untuk mendeteksi segmen QRS, yang menunjukkan detak jantung (Tompkins, 1995). Sinyal detak jantung ini terdiri dari beragam frekuensi sinyal. Agar diperoleh sinyal elektrokardiogram, maka diperlukan pemilihan frekuensi dengan filter.

Pemilihan frekuensi bergantung kepada keperluan. Untuk memonitor jantung, frekuensi yang diambil adalah dalam range 0.05 Hz sampai dengan 50 Hz, untuk keperluan klinis, frekuensi yang diambil berada pada range 0.05 Hz sampai dengan 100 Hz (Tompkins, 1995).

Untuk mendapatkan sinyal pembawa informasi detak jantung maka dipilih sinyal yang berfrekuensi 17 Hz (Tompkins, “*Biomedical Digital Signal Processing*”). Salah satu metode yang dipakai dalam pemilihan sinyal yang berfrekuensi 17 Hz adalah dengan menggunakan Filter *Band Pass*.

Pada manusia jumlah cacah detak jantung permenit sekitar 45-200 cacah permenit (Tompkins, 1995).

## 2.8. Pengubah Analog ke Digital (ADC)

ADC adalah proses pengubahan sinyal analog menjadi sinyal digital. Proses pengubahan terjadi pada *converter*/pengubah, yang dikenal dengan *Analog to Digital Converter*. Proses pengubahan ini dikenal juga dengan nama sistem akuisisi data.

Terdapat 4 macam ADC yang memenuhi standar industri, yaitu *Integrating*, *Tracking Converter*, *Successive Approximation* dan *Flash/Paralel*. Kecmpat jenis tersebut mewakili beberapa macam pertimbangan diantaranya resolusi, kecepatan konversi dan biaya (Tirtamihardjo, 1996).

### 2.8.1. Jenis-Jenis ADC

Menurut cara pengkonversiannya ADC dapat dikelompokkan kedalam beberapa jenis yaitu:

#### **Tipe Integrating**

Tipe *Integrating* menawarkan resolusi tertinggi dengan biaya terendah. ADC tipe ini tidak dibutuhkan rangkaian *sample hold*. Tipe ini memiliki



kelemahan yaitu waktu konversi yang agak lama, biasanya beberapa milidetik (Tirtamihardjo, 1996).

### Tipe Tracking

Tipe Tracking menggunakan prinsip *up-down counter* (pencacah naik dan turun). *Binary counter* (pencacah biner) akan mendapat masukan *clock* secara kontinyu dan hitungan akan bertambah atau berkurang tergantung pada kontrol dari pencacah apakah sedang naik (*up counter*) atau sedang turun (*down counter*).

ADC tipe ini tidak menguntungkan jika dipakai pada sistem yang memerlukan waktu konversi masukan-keluaran singkat, sekalipun pada bagian masukan pada tipe ini tidak memerlukan rangkaian *sample hold*. ADC tipe ini sangat tergantung pada kecepatan *clock* pencacah, semakin tinggi nilai *clock* yang digunakan maka proses konversi akan semakin singkat (Tirtamihardjo, 1996).

### Tipe Flash/Paralel

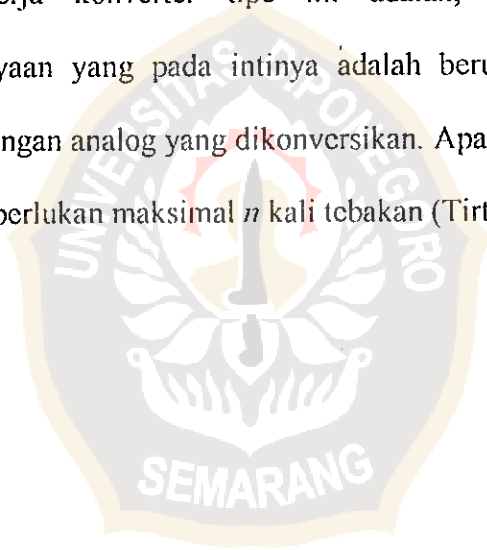
Tipe ini dapat menunjukkan konversi secara lengkap pada kecepatan 100 MHz dengan rangkaian kerja yang sederhana. Sederetan tahanan mengatur masukan inverting dari tiap-tiap *converter* menuju tegangan yang lebih tinggi dari *converter* sebelumnya. Jadi untuk tegangan masukan  $V_{in}$ , dengan *full scale range*, komparator dengan bias dibawah  $V_{in}$  akan mempunyai keluaran rendah. Keluaran komparator ini tidak dalam bentuk *biner* murni. Suatu *decoder* dibutuhkan untuk membentuk suatu keluaran yang *biner*. Beberapa komparator berkecepatan tinggi, dengan waktu tunda (*delay*) lebih kecil dari 6 ns banyak digunakan, karena itu

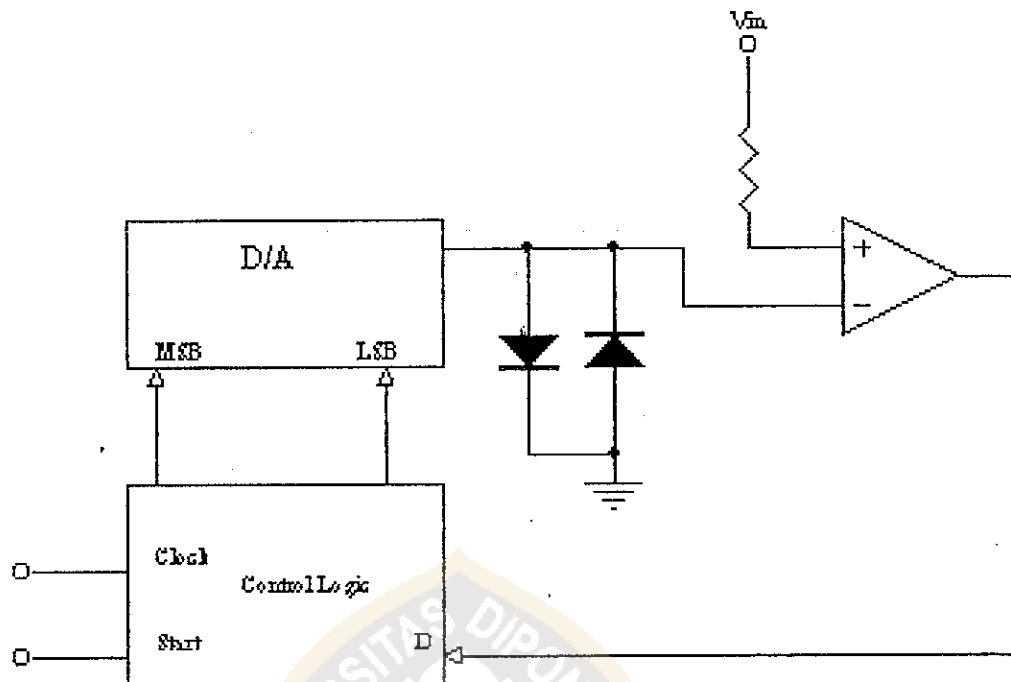
dihasilkan kecepatan konversi yang sangat tinggi. Jumlah komparator yang dibutuhkan untuk suatu konversi  $n$  bit adalah  $2^n - 1$  (Tirtamihardjo, 1996).

### **Tipe Successive Approximation**

Tipe *Successive Approximation* merupakan konverter yang paling sering ditemui dalam desain perangkat keras yang menggunakan ADC. Hal ini karena tipe ini mempunyai kecepatan konversi yang cukup tinggi, meskipun dari segi harga relatif lebih mahal.

Prinsip kerja konverter tipe ini adalah, dengan membangkitkan pertanyaan-pertanyaan yang pada intinya adalah berupa tebakan nilai digital terhadap nilai tegangan analog yang dikonversikan. Apabila resolusi ADC tipe ini adalah  $2^n$  maka diperlukan maksimal  $n$  kali tebakan (Tirtamihardjo, 1996).



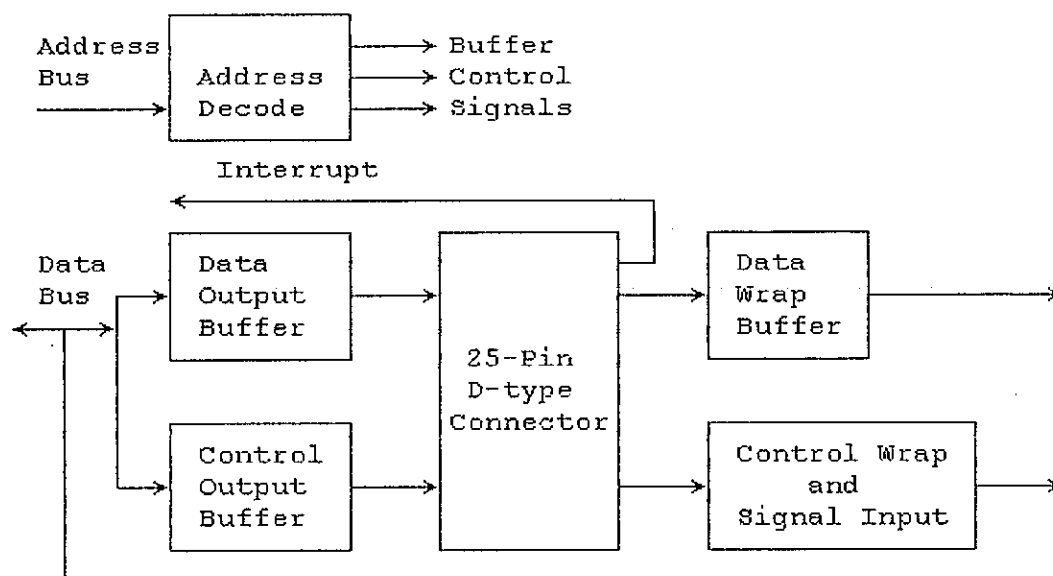


Gambar 2.17 Blok Diagram ADC Jenis Successive Approximation Sederhana (Tirtamihardjo, 1996)

## 2.9. Printer Adapter

Printer adapter adalah peralatan yang dapat menghubungkan mikroprosesor dengan printer (pencetak). Adapter ini memiliki jalur sebanyak 25 buah dan masing-masing didedikasikan untuk keperluan tertentu (Cha Cha, 1995).

Pada prinsipnya adapter ini disediakan untuk berkomunikasi dengan Printer, akan tetapi dapat juga dihubungkan dengan peralatan lainnya. Berikut ini blok diagram port printer adapter.



Gambar 2.18 Blok Diagram, Port Printer Adapter  
(Harries, 1996)

Pada setiap *printer adapter* terdiri dari tiga buah *port*. Masing-masing memiliki alamat pada  $Base$ ,  $Base+1$  dan  $Base+2$ . *Port* yang beralamat pada  $Base$  digunakan untuk mentransfer data, *port* yang beralamat pada  $Base +1$  digunakan untuk mentransfer status dari Printer, sedangkan *port* yang beralamat pada  $Base + 2$  digunakan untuk mengirimkan sinyal kontrol dari *CPU* ke Printer. Tidak semua Bit pada *Port-port Printer Adapter* terhubung dengan *printer* (Cha Cha, 1995).

## 2.10. Pewaktu (Timer)

Pewaktu adalah rangkaian elektronik yang dapat digunakan untuk membangkitkan tundaan waktu. Terdapat dua macam pengoperasian pewaktu yaitu sebagai *multivibrator astable* maupun *multivibrator monostable*.

*Multivibrator astable* akan memiliki dua buah nilai keluaran yang selalu bergantian dalam selang waktu tertentu rangkaian ini disebut juga rangkaian *clock*. *Multivibrator Monostable* akan membangkitkan sebuah nilai dengan tundaan waktu tertentu setelah mendapatkan tegangan masukan *trigger* (pemicu) (Boylestad, 1992).

### 2.11. Proteksi Tegangan Lebih

Adalah rangkaian elektronik yang berfungsi untuk membatasi nilai tegangan pada range tertentu. Rangkaian ini pada dasarnya menggunakan komponen Dioda Zener (Boylestad, 1992).

