

JOBSHEET

ELEKTRONIKA MEDIK



ILHAM ARI ELBAITH ZAENI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS NEGERI MALANG

# Bab 1

## Penguat Biopotensial

### 1.1 Tujuan

Merancang penguat biopotensial

### 1.2 Dasar Teori

Fungsi utama penguat biopotensial adalah mengambil sinyal listrik lemah dari sumber-sumber biologis dan meningkatkan amplitudonya sehingga dapat diproses, direkam, atau ditampilkan lebih lanjut. Biasanya penguat semacam itu berupa amplifier tegangan, karena mereka mampu meningkatkan tingkat tegangan sinyal.

Semua penguat biopotensial harus memenuhi persyaratan dasar tertentu.

1. Memiliki impedansi masukan yang tinggi, sehingga menghasilkan pembebanan minimal dari sinyal yang diukur. Pembebanan yang berlebihan dapat menyebabkan distorsi sinyal. Efek pembebanan

diminimalkan dengan membuat impedansi masukan penguat setinggi mungkin. Amplifier biopotensial modern memiliki impedansi masukan minimal  $10\text{ M}\Omega$

2. Masukan rangkaian penguat biopotensial juga harus memberikan perlindungan terhadap organisme yang akan diukur. Setiap arus atau potensial yang muncul di terminal input penguat yang dihasilkan oleh penguat mampu mempengaruhi tegangan biologis yang diukur. Arus listrik dari terminal masukan penguat biopotensial dapat menyebabkan mikroshock atau macroshock pada pasien yang sedang dipelajari (situasi yang dapat menimbulkan konsekuensi berat). Untuk menghindari masalah ini, penguat harus memiliki sirkuit isolasi dan proteksi, sehingga arus melalui sirkuit elektroda dapat dijaga pada tingkat yang aman dan setiap gangguan yang dihasilkan oleh arus tersebut dapat diminimalkan.
3. Impedansi keluaran yang rendah. Output penguat akan dihubungkan dengan rangkaian yang lain, seperti perangkat display atau penyimpanan data. Pembebanan oleh rangkaian lain ini mengakibatkan output dari penguat akan terdistorsi. Untuk

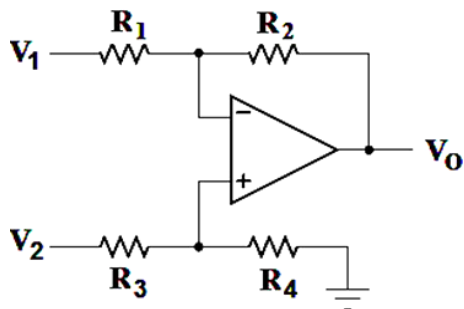
mengurangi distorsi, impedansi keluaran dari penguat biopotensial harus dibuat serendah mungkin.

4. Penguat biopotensial harus beroperasi pada bagian spektrum frekuensi di mana biopotensi yang mereka perkuat ada. Karena rendahnya tingkat sinyal tersebut, penting untuk membatasi bandwidth penguat sehingga cukup besar untuk memproses sinyal secara memadai. Dengan cara ini, kita bisa mendapatkan rasio signal-to-noise yang optimal. Sinyal biopotensial biasanya memiliki amplitudo orde beberapa milivolt atau kurang. Sinyal semacam itu harus diperkuat ke tingkat yang kompatibel dengan perangkat perekam dan display. Ini berarti bahwa kebanyakan amplifier biopotensial harus memiliki penguatan yang tinggi – dalam orde 1000 atau lebih.
5. Memiliki Common Mode Rejection Ratio (CMRR) yang tinggi. Seringkali sinyal biopotensial diperoleh dari elektroda bipolar. Elektroda-elektroda ini sering ditemukan secara simetris, secara elektrik, sejajar terhadap tanah. Dalam keadaan seperti itu, penguat biopotensial yang paling tepat adalah penguat diferensial. Karena

elektroda bipolar semacam itu sering memiliki common mode voltage terhadap dengan ground yang jauh lebih besar daripada amplitudo sinyal, penguat diferensial biopotensial semacam itu harus memiliki common mode rejection ratio.

### *Penguat diferensial*

Sebuah penguat diferensial adalah jenis penguat elektronik yang menguatkan perbedaan antara dua tegangan input tetapi menekan tegangan bersama (*common voltage*) dari dua input. Rangkaian ini adalah rangkaian analog dengan dua input dan satu output di mana output idealnya sebanding dengan perbedaan antara dua tegangan

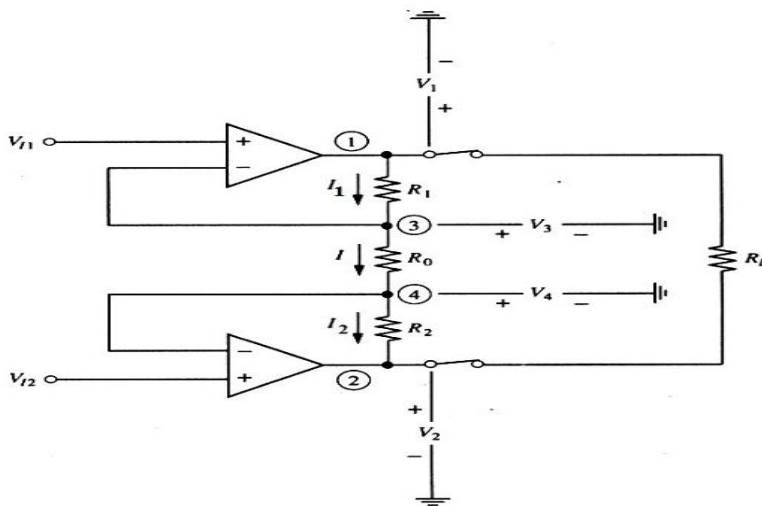


Dalam keadaan  $R_2/R_1=R_4/R_3$  maka penguat diferensial ini akan menghasilkan penguat diferensial yang setimbang sehingga memiliki keluaran sebesar

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} x (V_2 - V_1)$$

### Buffer

Sebuah buffer digunakan untuk menghubungkan rangkaian pertama, memiliki tingkat impedansi keluaran tinggi, ke rangkaian kedua dengan tingkat impedansi masukan yang rendah. Buffer berfungsi mencegah sirkuit kedua dari pembebanan oleh rangkaian pertama yang dapat mengganggu kinerja yang diinginkan.

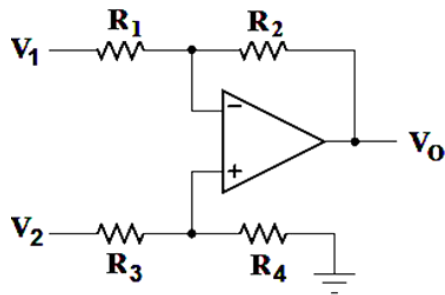


Sebuah buffer untuk penguat biopotensial ditunjukkan pada gambar di atas. Keluaran buffer dinyatakan dalam persamaan:

$$V_1 - V_2 = \frac{R_1 + R_0 + R_2}{R_0} (V_{I1} - V_{I2})$$

### 1.3 Metode

1. Rancanglah penguat biopotensial dengan penguatan 100 kali.



2. Simulasikan penguat tersebut untuk beberapa kombinasi sinyal masukan V1 dan V2

### 1.4 Hasil

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## **Bab 2**

### **Penguat Filter**

#### **2.1. Tujuan**

Merancang filter low pass

#### **2.2. Dasar Teori**

Filter elektronik dapat dikelompokkan secara umum menjadi:

1. Low pass: Memungkinkan frekuensi di bawah frekuensi yang ditentukan untuk dilewatkan oleh rangkaian filter.
2. High pass: Memungkinkan frekuensi di atas frekuensi yang ditentukan untuk dilewatkan oleh rangkaian filter.
3. Bandpass: Memungkinkan rentang frekuensi yang ditentukan untuk dilewatkan oleh rangkaian filter dan menolak frekuensi yang lebih tinggi atau lebih rendah dari pada rentang frekuensi yang dikehendaki.
4. Band reject: Menolak semua frekuensi di dalam rentang frekuensi tertentu, namun melewatkan frekuensi yang lebih

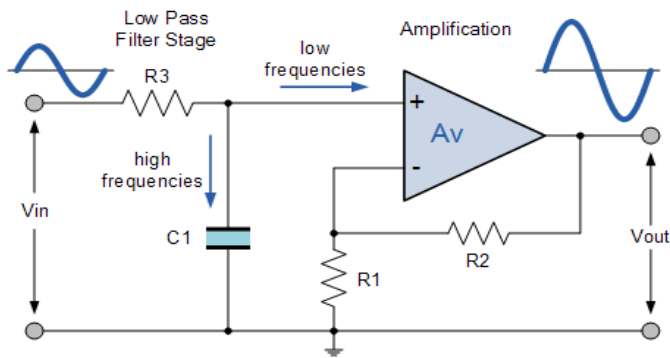
tinggi atau lebih rendah dari rentang frekuensi yang ditentukan.

Disebut juga band-stop filter.

5. Notch Pada dasarnya filter band-stop dengan rentang frekuensi yang ditolak yang sangat sempit.

Rangkaian low pass filter orde satu ditunjukkan pada gambar berikut

ini:

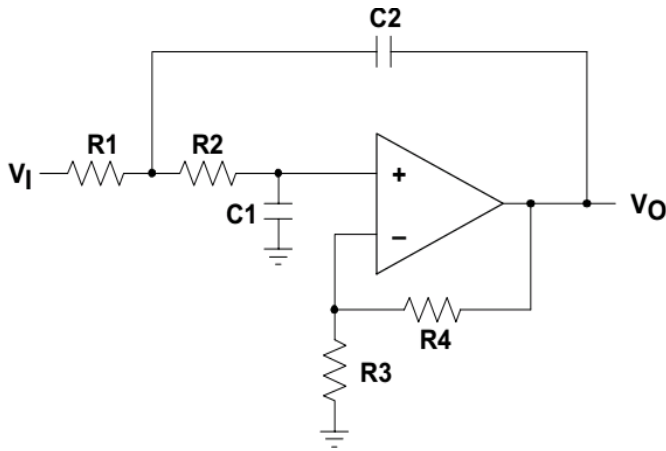


Frekuensi cut-off dari filter tersebut ditentukan oleh persamaan

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1}$$

Rangkaian filter low pass orde kedua ditunjukkan pada gambar

berikut ini:



Jika nilai  $R_1=mR$ ,  $R_2=R$ , and  $C_1=C_2=C$ , maka frekuensi cut-off dari filter tersebut ditentukan oleh persamaan

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{m}}$$

Penguatan dari filter tersebut ditentukan oleh persamaan

$$K = 1 + \frac{R_4}{R_3}$$

Quality factor dari filter tersebut ditentukan oleh persamaan

$$Q = \frac{\sqrt{m}}{1 + 2m - mK}$$

### 2.3. Metode

1. Rancanglah filter low pass orde dua dengan  $f_c=20$  Hz.
2. Tentukan  $R_1=mR$ ,  $R_2=R$ , and  $C_1=C_2=C$ , sehingga berlaku persamaan

3. Simulasikan filter tersebut untuk beberapa kombinasi sinyal masukan VI

**2.4. Hasil**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## **Bab 3**

### **Sensor Detak Jantung**

#### **3.1. Tujuan**

Merangkai dan membaca data dari sensor detak jantung

#### **3.2. Dasar Teori**

Denyut jantung seseorang adalah suara katup di jantung ketika berkontraksi atau berkembang saat jantung memompa darah dari satu daerah ke daerah lain. Detak jantung (dinyatakan dalam beat per minute/BPM), yang diukur adalah detak jantung dan denyut jantung yang bisa dirasakan pada arteri yang terletak di dekat kulit atau disebut denyut nadi.

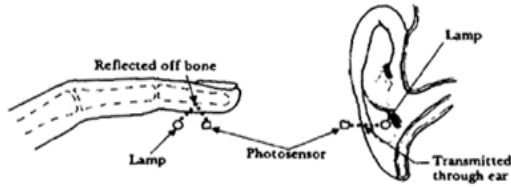
Pengukuran denyut jantung dapat dilakukan dengan beberapa cara:

- Cara Manual: Detak jantung dapat diperiksa secara manual dengan memeriksa denyut nadi seseorang di dua lokasi - pergelangan tangan (denyut nadi radial) dan leher (denyut nadi carotid).

Prosedurnya adalah menempatkan kedua jari (jari telunjuk dan jari tengah) pada pergelangan tangan (atau leher di bawah tenggorokan) dan menghitung jumlah pulsa selama 30 detik dan kemudian mengalikan angka itu dengan 2 untuk mendapatkan detak jantung. Namun tekanan harus diaplikasikan minimal dan juga jari harus bergerak naik turun sampai nadi terasa.

- Menggunakan sensor: Heart Beat dapat diukur berdasarkan variasi daya optik karena cahaya tersebar atau diserap selama perjalanannya melalui darah saat detak jantung berubah.

Sensor detak jantung didasarkan pada prinsip foto phlethysmography. Ini mengukur perubahan volume darah melalui organ tubuh manapun yang menyebabkan perubahan intensitas cahaya melalui organ tersebut (daerah vaskular). Dalam hal aplikasi dimana denyut nadi jantung dipantau, waktu pulsa lebih penting. Aliran volume darah ditentukan oleh denyut jantung dan karena cahaya diserap oleh darah, pulsa sinyal sama dengan denyut jantung.



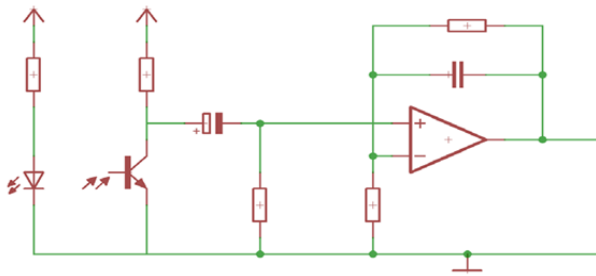
Ada dua jenis photoplethysmography:

- Transmisi: Cahaya yang dipancarkan dari perangkat pemancar cahaya ditransmisikan melalui daerah vaskular tubuh seperti cuping telinga dan diterima oleh detektor.
- Refleksi: Cahaya yang dipancarkan dari perangkat pemancar cahaya dipantulkan oleh daerah tersebut.

Sensor detak jantung dasar terdiri dari dioda pemancar cahaya dan detektor seperti light dependent resistor atau photodiode. Denyut jantung berdetak menyebabkan variasi aliran darah ke berbagai daerah tubuh. Ketika sebuah jaringan diterangi dengan sumber cahaya, yaitu cahaya yang dipancarkan oleh LED, ia juga memantulkan cahaya (jaringan jari) atau mentransmisikan cahaya (earlobe). Beberapa cahaya diserap oleh darah dan cahaya yang dipancarkan atau yang dipantulkan diterima oleh detektor cahaya. Jumlah cahaya yang diserap tergantung pada volume

darah di jaringan itu. Output detektor berupa sinyal listrik dan berbanding lurus dengan detak jantung.

Rangkaian sensor detak jantung ditunjukkan pada gambar berikut ini



Sinyal keluaran dari rangkaian ini sebenarnya tersusun dari sinyal DC yang berkaitan dengan jaringan dan volume darah dan komponen AC yang berkaitan dengan denyut jantung dan disebabkan oleh perubahan pulsatile dalam volume darah arteri ditumpangkan pada sinyal DC. Jadi, persyaratan utama rangkaian sensor denyut jantung adalah menghilangkan komponen sinyal DC dan mengambil komponen AC. Untuk mendapatkan sinyal AC, keluaran dari detektor pertama kali difilter menggunakan sirkuit HPF-LPF dan kemudian diubah menjadi pulsa digital dengan menggunakan rangkaian komparator atau menggunakan ADC sederhana. Pulsa digital diberikan ke mikrokontroler untuk menghitung detak jantung, yang diberikan oleh formula:



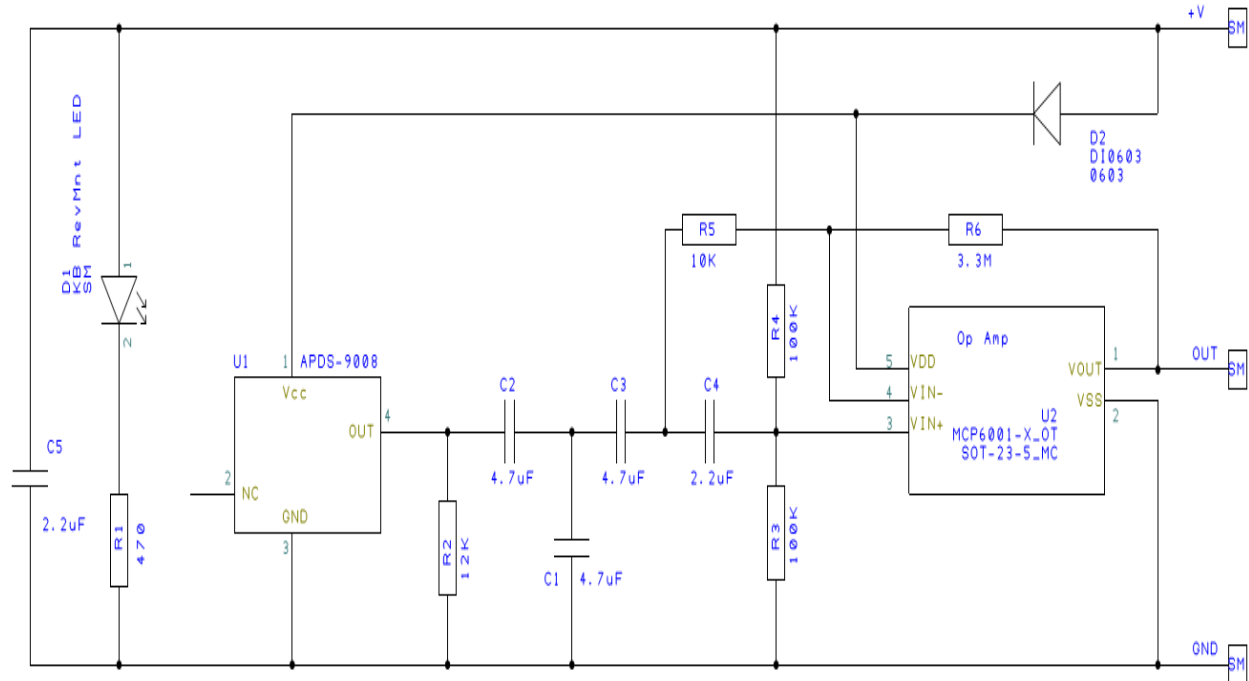
BPM (Beats per menit) =  $60 * f$

Dimana  $f$  adalah frekuensi denyut nadi

Sensor detak jantung tersedia dalam bentuk modul, sehingga dapat langsung dihubungkan ke mikrokontroler. Bentuk dari sensor tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Rangkaian dari sensor tersebut ditunjukkan pada gambar berikut ini



Keluaran dari sensor tersebut dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler seperti Arduino. Data dari sensor itu dapat dibaca menggunakan fitur analog to digital converter (ADC) dari arduino.

### 3.3. Metode

1. Hubungkan keluaran sensor detak jantung ke pin A5 Arduino.

Hubungkan catudaya sensor detak jantung ke sumber.

2. Buatlah program di dalam Arduino IDE

```
int sens_pin=A5;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(19200);
  delay(1000);
}
```

```
void loop() {
  X=analogRead(A7);
  Serial.println(X);
  t++;
  delay(10);
}
```

- 3. Letakkan jari telunjuk subyek di atas sensor
- 4. Amatilah hasil pembacaan sensor di serial plotter dari Arduino

IDE

**3.4. Hasil**

2 .....

3 .....

.....

.....

.....

## **Bab 4**

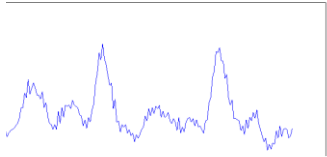
### **Filter Digital**

#### **4.1. Tujuan**

Memfilter data keluaran dari sensor detak jantung

#### **4.2. Dasar Teori**

Keluaran dari sensor denyut jantung masih memiliki noise. Sehingga masih diperlukan sebuah filter untuk menghilangkan noise. Filter ini selain dapat dibuat dalam bentuk rangkaian R-C, juga dapat diimplementasikan dalam bentuk persamaan di dalam program mikrokontroler. Bentuk sinyal keluaran dari sensor denyut jantung yang masih memiliki noise ditunjukkan pada gambar berikut:



Data dari sensor denyut nadi dibaca melalui pin analog dari Arduino menggunakan waktu sampling sebesar 0,01 detik. Data dari sensor denyut nadi ini masih memiliki noise sehingga perlu difilter. Untuk menghilangkan noise pada sinyal dari sensor denyut nadi, maka digunakan sebuah low pass filter (LPF) orde dua dengan persamaan sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{\omega_c^2}{s^2 + \frac{\omega_c}{Q}s + \omega_c^2} \quad (1)$$

dimana, Q adalah quality factor dari filter yang dirancang misalnya sebesar 0,707. Sedangkan  $\omega_c$  nilainya adalah  $2\pi f_c$ , dimana  $f_c$  adalah cut

off frekuensi dari filter yang dirancang yaitu sebesar 10 Hz. Sehingga diperoleh  $\omega_c=2\pi f_c = 62.8\text{rad/s}$  dan fungsi transfer dari filter menjadi:

$$G(s) = \frac{3943,8}{s^2+88,8s+3943,8} \quad (2)$$

Agar dapat diterapkan dalam mikrokontroler, fungsi transfer tersebut perlu diubah menjadi fungsi transfer diskrit. Dengan menggunakan waktu sampling sebesar 0,01 detik dan menerapkan metode transformasi Tustin, maka diperoleh fungsi transfer diskrit dari filter yang dirancang adalah:

$$G(Z) = \frac{0,06392 Z^2+0,1278 Z+0,06392}{Z^2-1,169 Z+0,4243} \quad (3)$$

Fungsi transfer diskrit ini kemudian diubah menjadi persamaan beda sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(n) = & 0,06392 x(n) + 0,1278 x(n - 1) + \\ & 0,06392x(n - 2) + -1,169 y(n - 1) + \\ & 0,4243y(n - 2) \end{aligned} \quad (4)$$

Dimana  $y(n)$  adalah output filter pada saat sampling dilakukan, sedangkan  $y(n-1)$  dan  $y(n-2)$  adalah output filter pada 1 sampling dan 2 sampling sebelumnya. Variabel  $x(n)$  adalah hasil pembacaan sensor pada saat sampling dilakukan, sedangkan  $x(n-1)$  dan  $x(n-2)$  adalah hasil pembacaan sensor pada 1 sampling dan 2 sampling sebelumnya.

### 4.3. Metode

1. Hubungkan keluaran sensor detak jantung ke pin A5 Arduino.

Hubungkan catudaya sensor detak jantung ke sumber.

2. Buatlah program di dalam Arduino IDE

```
int sens_pin=A7;
int t=0;
int X1,X2,X;
int Y,Y_1,Y_2,Y_3,Y_4,X_1,X_2,X_3,X_4;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(19200);
  delay(1000);
  Y=0;Y_1=0;Y_2=0;Y_3=0;Y_4=0;X_1=0;X_2=0;X_3=0;X_4=0;
}

void loop() {
  Y_2=Y_1;Y_1=Y;
  X_2=X_1;X_1=X;
  X=analogRead(A7);
```

```
//y(n)=0.06392 x(n) + 0.1278 x(n-1)+ 0.06392x(n-2) + 1.169y(n-1)-
0.4243y(n-2)
Y=0.06392*X + 0.1278*X_1 + 0.06392*X_2 + 1.169*Y_1 - 0.4243*Y_2;
Serial.print(X);
Serial.print("\t");
Serial.println(Y);
t++;
delay(10);
}
```

3. Letakkan jari telunjuk subyek di atas sensor
4. Amatilah hasil pembacaan sensor di serial plotter dari Arduino

IDE

#### 4.4. Hasil

.....

.....

.....

.....

.....



## Bab 5

### Sinyal Electroencephalograph (EEG)

#### 5.1. Tujuan

Membaca data sinyal electroencephalograph (EEG)

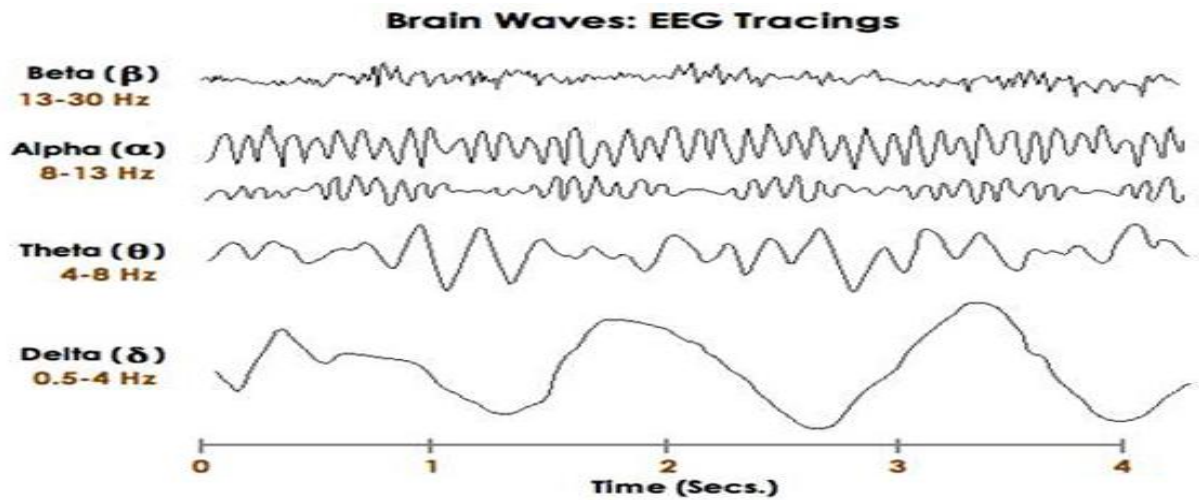
#### 5.2. Dasar Teori

*Electroencephalogram* (EEG) didefinisikan sebagai tes yang mendeteksi aktivitas listrik di otak manusia dengan menggunakan elektroda logam yang menempel pada kulit kepala. Sel otak berkomunikasi menggunakan impuls listrik dan aktif sepanjang waktu, bahkan saat manusia sedang tidur. Kegiatan ini muncul aktifitas listrik otak yang direpresentasikan sebagai garis sinyal pada rekaman EEG. EEG sering digunakan untuk mendiagnosis epilepsi, yang ditunjukkan dengan kelainan pada sinyal EEG. EEG juga digunakan untuk mendiagnosis gangguan tidur, proses anestesi, deteksi koma, *encephalopathies*, dan kematian otak. EEG dulu juga digunakan untuk diagnosa tumor, stroke dan gangguan otak fokal lainnya, namun

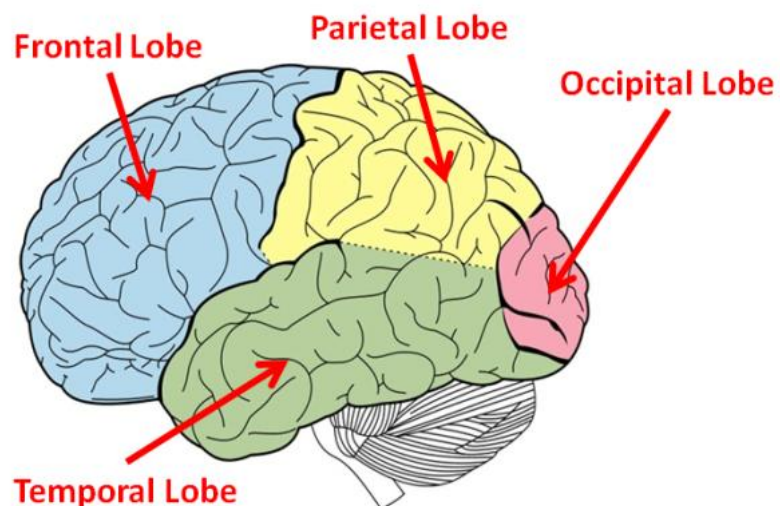
penggunaan ini telah menurun seiring munculnya teknik pencitraan anatomis resolusi tinggi seperti *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan *computed tomography* (CT). Meski memiliki resolusi spasial yang terbatas, EEG terus menjadi alat yang berharga untuk penelitian dan diagnosis.

Aktifitas EEG biasanya dijelaskan dalam dua komponen yaitu aktivitas ritmik dan aktifitas transien. Aktivitas ritmik merupakan pembagian aktifitas EEG berdasarkan pita/rentang frekuensi. Berdasarkan aktifitas ritmiknya, sinyal EEG dibagi menjadi gelombang Delta dengan frekuensi  $<4$  Hz, gelombang Theta dengan frekuensi 4–7 Hz, gelombang Alpha dengan frekuensi 8–15 Hz, gelombang Beta dengan frekuensi 16–31 Hz, gelombang Gamma dengan frekuensi  $> 32$  Hz dan gelombang Mu dengan frekuensi 8–12 Hz. Gelombang Alpha dapat diamati di daerah posterior kepala pada saat seseorang istirahat santai, menutup mata. Gelombang Beta dapat diamati di kedua sisi daerah frontal, pada saat seseorang sedang berpikir aktif, fokus, waspada

tinggi, atau cemas. Berdasarkan aktifitas ritmik ini, tingkat konsentrasi seseorang dapat diukur.



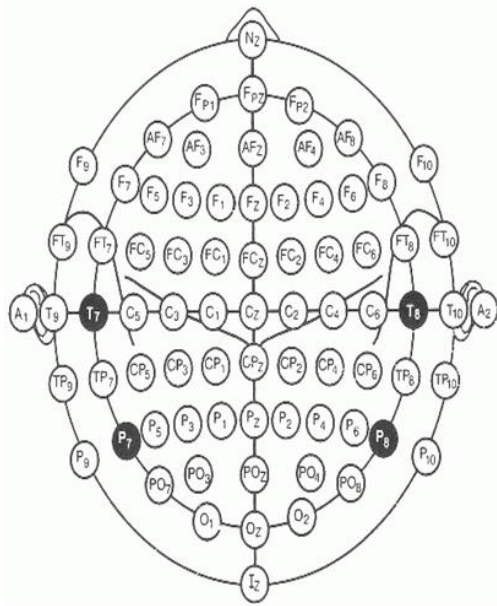
Secara umum struktur otak dibagi menjadi 4 bagian utama seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Masing-masing bagian dari otak memiliki fungsi sendiri-sendiri, yaitu:

- Frontal Lobe: terkait dengan penalaran, perencanaan, bagian-bagian pembicaraan, gerakan, emosi, dan penyelesaian masalah
- Parietal Lobe: terkait dengan gerakan, orientasi, pengakuan, persepsi rangsangan
- Occipital Lobe: terkait dengan pemrosesan visual
- Temporal Lobe: terkait dengan persepsi dan pengakuan rangsangan pendengaran, memori, dan percakapan

Untuk melakukan pengukuran sinyal otak menggunakan EEG, maka elektroda harus diletakkan di titik tertentu. Titik tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



### 5.3. Metode:

1. Hubungkan EEG headset dengan komputer melalui koneksi Bluetooth
2. Baca tampilan sinyal EEG di komputer
3. Ketika subyek dalam keadaan normal coba amati nilai attention pada tampilan aplikasi di komputer
4. Ketika subyek dalam keadaan berkonsentrasi (berhitung, melafalkan lagu dalam hati, dll) coba amati nilai attention pada tampilan aplikasi di computer
5. Ketika subyek dalam keadaan normal coba amati nilai meditation pada tampilan aplikasi di komputer

6. Ketika subyek dalam keadaan memejamkan mata dan rileks coba amati nilai meditation pada tampilan aplikasi di komputer

**5.4. Hasil**

.....

.....

.....

.....

.....