

# **BAB I**

## **HAMBATAN**

Tujuan:

1. Menjelaskan komponen resistor
2. Menjelaskan komponen kapasitor
3. Menjelaskan komponen induktor

### **PENDAHULUAN**

Elektronika terbagi menjadi 2 macam, yaitu:

- Elektronika analog
- Elektronika digital

Komponen elektronika analog pasif antara lain resistor, kapasitor, dan induktor.

Komponen elektronika analog aktif antara lain transistor dan op amp.

### **Resistor**

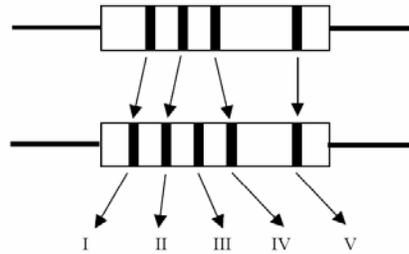
Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian. Resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol  $\Omega$  (Omega).

Karakteristik utama dalam penggunaan resistor yaitu

- a. harga resistansinya
- b. rating dayanya

Rating daya menunjukkan daya maksimum yang bisa didisipasikan tanpa menimbulkan panas yang berlebihan sehingga rusak terbakar. Disipasi menunjukkan daya sebesar  $I^2.R$  akan dibuang/digunakan oleh resistor. Disipasi ini menjadi panas seiring dengan waktu yang berjalan.

Bentuk resistor yang umum adalah seperti tabung dengan dua kaki di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk cincin kode warna untuk mengetahui besar resistansi tanpa mengukur besarnya dengan Ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (Electronic Industries Association) seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah.



Warna Cincin	Cincin I Angka ke-1	Cincin II Angka ke-2	Cincin III Angka ke-3	Cincin IV Pengali	Cincin V Toleransi
hitam	0	0	0	$\times 10^0$	
coklat	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1 \%$
merah	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2 \%$
jingga	3	3	3	$\times 10^3$	
kuning	4	4	4	$\times 10^4$	
hijau	5	5	5	$\times 10^5$	
biru	6	6	6	$\times 10^6$	
ungu	7	7	7	$\times 10^7$	
abu-abu	8	8	8	$\times 10^8$	
putih	9	9	9	$\times 10^9$	
emas				$\times 10^{-1}$	$\pm 5 \%$
perak				$\times 10^{-2}$	$\pm 10 \%$
tanpa warna					$\pm 20 \%$

Besarnya ukuran resistor sangat tergantung watt atau daya maksimum yang mampu ditahan oleh resistor. Umumnya di pasar tersedia ukuran 1/8, 1/4, 1, 2, 5, 10 dan 20 watt. Resistor yang memiliki daya maksimum 5, 10 dan 20 watt umumnya berbentuk balok berwarna putih dan nilai resistansinya dicetak langsung dibadannya, misalnya 1K $\Omega$  5W.

Contoh:

Urutan cincin warna (resistor):

Coklat Ungu biru emas : 1 7  $10^6 \pm 5 \%$  = 17M $\Omega \pm 5 \%$

coklat merah hitam jingga coklat : 1 2 0  $10^3 \pm 1 \%$  = 120k $\Omega \pm 5 \%$

## Resistor dibedakan

- a. Menurut bahan
  - Resistor yang bahan dasarnya dari lilitan kawat (*Wirewound* resistor)
  - Resistor yang bahan dasarnya dari karbon
  - Resistor film
- b. Menurut kelinieran nilai arusnya (tidak sesuai dengan hukum ohm  $V=I.R$ )
  - Thermistor (resistor yang sensitive terhadap temperatur)
  - VDR (*Voltage Dependent Resistor* yaitu resistor yang tergantung terhadap tegangan)
  - LDR (*Light Dependent Resistor* yaitu resistor yang sensitive terhadap cahaya)
  - Resistor yang sensitive terhadap tekanan/regangan
- c. Menurut nilai tahanannya
  - resistor dengan nilai yang tetap (*fixed* resistor)  
Resistor tetap yaitu resistor yang nilai hambatannya relatif tetap, biasanya terbuat dari karbon, kawat atau paduan logam. Nilainya hambatannya ditentukan oleh tebalnya dan panjangnya lintasan karbon.
  - resistor dengan nilai yang berubah-ubah (*variable* resistor/potensiometer)  
Resistor variabel atau potensiometer, yaitu resistor yang besarnya hambatan dapat diubah-ubah. Yang termasuk ke dalam potensiometer ini antara lain : Resistor KSN (koefisien suhu negatif), Resistor LDR (light dependent resistor) dan Resistor VDR (Voltage Dependent Resistor). Dengan simbol:



Resistor yang mempunyai kode angka dan huruf biasanya adalah resistor lilitan kawat yang diselubungi dengan keramik/porselin.

Arti kode angka dan huruf pada resistor dengan kode 5 W 22 RJ adalah sebagai berikut :

- 5 W berarti kemampuan daya resistor besarnya 5 watt
- 22 R berarti besarnya resistansi 22  $\Omega$
- Dengan besarnya toleransi 5%



### Rangkaian Resistor

Rangkaian resistor secara seri akan mengakibatkan nilai resistansi total semakin besar. Di bawah ini contoh resistor yang dirangkai secara seri.

Pada rangkaian resistor seri berlaku rumus:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Rangkaian resistor secara paralel akan mengakibatkan nilai resistansi pengganti semakin kecil. Di bawah ini contoh resistor yang dirangkai secara paralel. Pada rangkaian resistor paralel berlaku rumus:

$$R_{\text{PENGGANTI}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

### Kapasitor

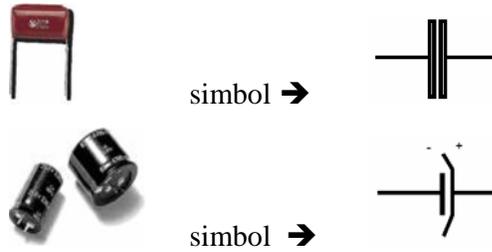
Kapasitor atau kondensator adalah suatu komponen listrik yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitas kapasitor diukur dalam F (Farad) =  $10^{-6}$  mF (mikro Farad) =  $10^{-9}$  nF (nano Farad) =  $10^{-12}$  pF (piko Farad).

Salah satu karakteristik kapasitor yaitu dapat menyimpan tenaga listrik dalam suatu medan elektrostatik. Pengaruh dari medan listrik ini sudah diketahui, namun tidak dapat dilihat mata.

Untuk membuat kapasitor dibutuhkan plat penghantar dan bahan dielektriknya harus tipis agar bias membuat kapasitor dengan volume yang kecil pula. Dengan lapisan dielektrik yang tipis kapasitor harus mampu menahan tegangan DC yang tinggi tanpa menimbulkan kerusakan kapasitor (*breakdown*).

Kapasitor mempunyai nilai kapasitansi tidak konstan tergantung dengan temperatur, pembesaran dielektrik bahan dan perubahan permitivitas dielektrik. Kapasitor elektrolit mempunyai dua kutub positif dan kutub negatif (bipolar), sedangkan kapasitor kering misal kapasitor mika, kapasitor kertas tidak

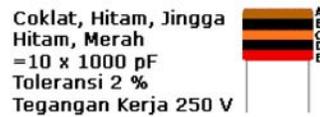
membedakan kutub positif dan kutub negatif (non polar). Bentuk dan simbol kapasitor dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Kapasitor dapat dibedakan menurut:

- Nilai kapasitansinya
  - Dapat diubah ubah (*variable capacitor* dan *trimming capacitor*)
  - Tetap (*fixed capacitor*)
- Bahan dasar
  - Mika
  - Keramik
  - Kertas
  - Plastik
  - Eletrolit

Contoh:



Tabel kode warna pada kapasitor:

Warna	Gelang 1 (Angka)	Gelang 2 (Angka)	Gelang 3 (Pengali)	Gelang 4 (Toleransi)	Gelang 5 (Tegangan Kerja)	
Hitam	-	0	1	-	-	-
Coklat	1	1	10	1	-	-
Merah	2	2	10 <sup>2</sup>	2	250 V	160 V
Jingga	3	3	10 <sup>3</sup>	3	-	-
Kuning	4	4	10 <sup>4</sup>	4	400 V	200 V
Hijau	5	5	10 <sup>5</sup>	5	-	-
Biru	6	6	10 <sup>6</sup>	6	630 V	220 V
Ungu	7	7	10 <sup>7</sup>	7	-	-
Abu-abu	8	8	10 <sup>8</sup>	8	-	-
Putih	9	9	10 <sup>9</sup>	9	-	-

Tabel Kode Angka pada Kapasitor

Kode angka	Gelang 1 (Angka pertama)	Gelang 2 (Angka kedua)	Gelang 3 (Faktor pengali)	Kode huruf (Toleransi %)
0	-	0	1	B
1	1	1	10	C
2	2	2	10 <sup>2</sup>	D
3	3	3	10 <sup>3</sup>	F = 1
4	4	4	10 <sup>4</sup>	G = 2
5	5	5	10 <sup>5</sup>	H = 3
6	6	6	10 <sup>6</sup>	J = 5
7	7	7	10 <sup>7</sup>	K = 10
8	8	8	10 <sup>8</sup>	M = 20
9	9	9	10 <sup>9</sup>	

### Induktor

Induktor adalah komponen listrik yang digunakan sebagai beban induktif.



simbol →



Kapasitas induktor dinyatakan dalam satuan H (Henry) = 1000mH (mili Henry).

Kapasitas induktor diberi lambang L, sedangkan reaktansi induktif diberi lambang XL.

Suatu coil mempunyai nilai induktansi. “Suatu arus yang berubah-ubah dalam suatu coil akan menghasilkan medan magnet yang berubah ubah dan akan menghasilkan tegangan dengan arah yang berlawanan pada coil yang sama”, gejala ini sesuai Hukum Lenz yang disebut induksi diri (*self-induction*). Besarnya induktansi bergantung pada besar fisik, banyaknya lilitan dan jenis bahan inti dari inductor yang bersangkutan.

Kerugian pada inductor ini dibagi 2 jenis yaitu:

- § Kerugian dalam lilitan yang besarnya bergantung pada besarnya resistansi dari kawat dan besar arus yang mengalir
- § Kerugian dalam inti yang besarnya bergantung pada bahan inti dan frekuensi kerjanya

Factor kualitas dari inductor bisa ditunjukkan dengan sebuah resistor yang dipasang seri dengan inductor.

Jenis-jenis inductor tergantung dengan jenis bahan lilitan, jenis bahan inti dan bentuk melilitkan kumparan pada inti. Induktor yang umum digunakan yaitu jenis transformator.

### **TUGAS**

1. Jelaskan yang dimaksud dengan resistor
2. Sebutkan tipe kapasitor dan bahan pembuat kapasitor
3. Apa arti kode pada kapasitor : 562J 100 V
4. Sebutkan aplikasi induktor

## BAB II

# RANGKAIAN LISTRIK

Tujuan:

1. Menjelaskan hukum ohm
2. Menjelaskan rangkaian seri
3. Menjelaskan rangkaian paralel

### Hukum OHM

Dari hukum Ohm diketahui, resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melalui resistor tersebut.

$$V = I \cdot R$$

Dimana

V = tegangan (volt)

I = arus (Ampere)

R = resistor (Ohm /  $\Omega$ )

Sebuah tahanan pada suatu tegangan dan membentuk suatu rangkaian arus tertutup, maka melalui tahanan tersebut mengalir arus yang besarnya tertentu. Besar kecilnya arus tergantung pada tahanan dan tegangan yang terpasang.

Contoh:

Suatu setrika untuk 220 V menyerap arus sebesar 5,5 A. Berapa besarnya tahanan setrika?

Jawab:

$$V = 220 \text{ V}; I = 5,5 \text{ A}$$

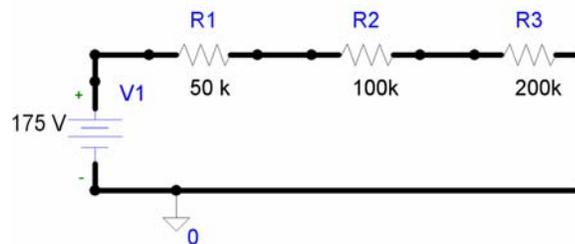
$$R = \frac{V}{I}; \quad R = \frac{220 \text{ V}}{5,5 \text{ A}} = 40 \Omega$$

### RANGKAIAN SERI

Suatu rangkaian seri tahanan terbentuk, jika untuk tegangan yang terpasang pada semua tahanan berturut-turut mengalir arus yang sama. Pada rangkaian seri kuat arus di semua tahanan besarnya sama.

Tahanan total rangkaian seri secara langsung dapat ditentukan dengan suatu alat pengukur tahanan. Namun dalam praktik lebih banyak dipilih metode tidak langsung, yaitu melalui pengukuran tegangan dan arus, tahanan dihitung dengan bantuan hukum Ohm.

Contoh:



Hitung  $V_{R1}$ ,  $V_{R2}$ ,  $V_{R3}$

Jawab:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{\text{total}} = 50\Omega + 100\Omega + 200\Omega = 350\Omega$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{total}}}; \quad I = \frac{175V}{350\Omega} = 0,5A$$

$$V_1 = I \cdot R_1; \quad V_1 = 0,5A \cdot 50\Omega = 25V$$

$$V_2 = I \cdot R_2; \quad V_2 = 0,5A \cdot 100\Omega = 50V$$

$$V_3 = I \cdot R_3; \quad V_3 = 0,5A \cdot 200\Omega = 100V$$

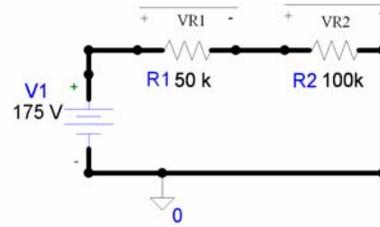
Pembagi tegangan terdiri atas dua tahanan ( $R_1$ ,  $R_2$ ) yang terhubung seri, Dengan bantuannya maka tegangan terpasang ( $V$ ) dapat terbagi kedalam dua tegangan ( $V_1$ ,  $V_2$ ). Disini tahanan  $R_1$  dan  $R_2$  berturut-turut dialiri oleh arus  $I$  yang sama, untuk rangkaian seri tahanan tersebut berlaku :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Rumus pembagi tegangan:

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



### RANGKAIAN PARALEL

Suatu rangkaian parallel beberapa tahanan terbentuk, jika arus yang ditimbulkannya terbagi dalam arus-arus cabang dan serentak mengalir menuju tahanan-tahanan tersebut. Pada suatu rangkaian parallel semua tahanan terletak pada tegangan yang sama. Arus total adalah sama dengan jumlah arus-arus bagian (cabang).

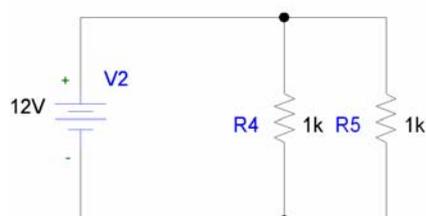
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Pada tahanan terbesar mengalir arus terkecil dan pada tahanan terkecil mengalir arus terbesar. Arus bagian (cabang) satu sama lain berbanding terbalik sebagaimana tahanan bagian (cabang) yang ada. Jadi arus total terbagi dalam suatu perbandingan tertentu atas arus cabang, yang tergantung pada masing-masing tahanan. Tahanan total, yang juga dikenal sebagai tahanan pengganti, dapat ditentukan dengan hukum ohm.

Tahanan total lebih kecil dari tahanan bagian/cabang yang terkecil. Hal tersebut dapat diterangkan bahwa setiap merangkai tahanan secara parallel menghasilkan arus tersendiri dari nilai tahanannya, sehingga arus total untuk tahanan parallel menjadi meningkat, berarti tahanan totalnya berkurang dan menjadi lebih kecil dari tahanan bagian (cabang) yang terkecil.

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

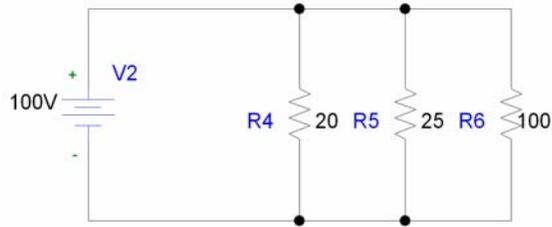
Jika menghitung hambatan total dari rangkaian di bawah dapat menggunakan rumus:



$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}$$

Contoh:



Ditanyakan:

$R_{456}$  (total) dan  $I_{456}$  (total)

Jawab:

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{20 \Omega} + \frac{1}{25 \Omega} + \frac{1}{100 \Omega} = 0,05 \frac{1}{\Omega} + 0,04 \frac{1}{\Omega} + 0,01 \frac{1}{\Omega}$$

$$= 0,1 \frac{1}{\Omega}$$

Dengan membalik kedua sisi persamaan diperoleh

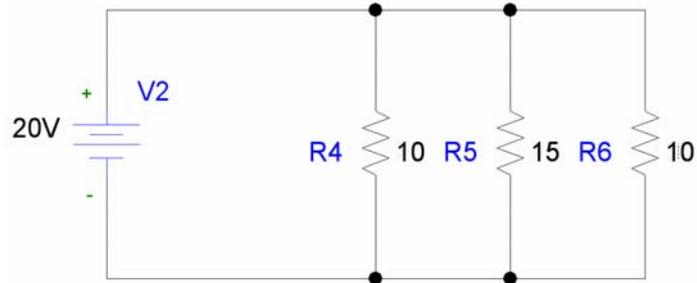
$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{0,1} \Omega = 10 \Omega$$

$$I_{\text{tot}} = \frac{U}{R_{\text{tot}}}$$

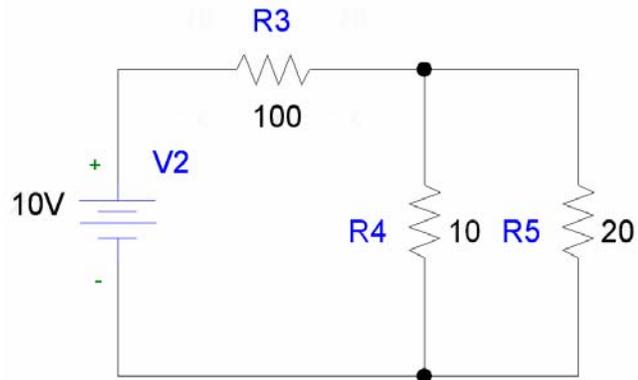
$$I_{\text{tot}} = \frac{100 \text{ V}}{10 \Omega} = 10 \text{ A}$$

**TUGAS**

1. Jelaskan yang dimaksud hukum ohm
2. Hitunglah  $R_{456}$  (total) dan  $I_{456}$  (total)



3. Hitunglah  $R_{453}$  (total) dan  $I_{453}$  (total)



4. Berapa ampere arus yang mengalir pada suatu rangkaian seri dengan tahanan  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  dan  $R_2 = 900 \Omega$  pada tegangan sumber 10 V ?

## BAB II

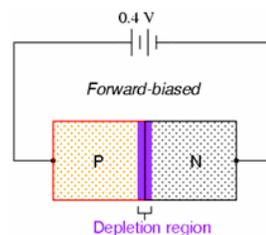
### DIODA

Tujuan:

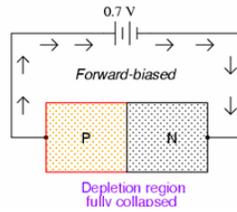
1. Menjelaskan daerah kerja dioda
2. Menjelaskan macam-macam dioda
3. Menjelaskan aplikasi dioda
4. Mensimulasikan rangkaian dioda pada EWB

#### PENDAHULUAN

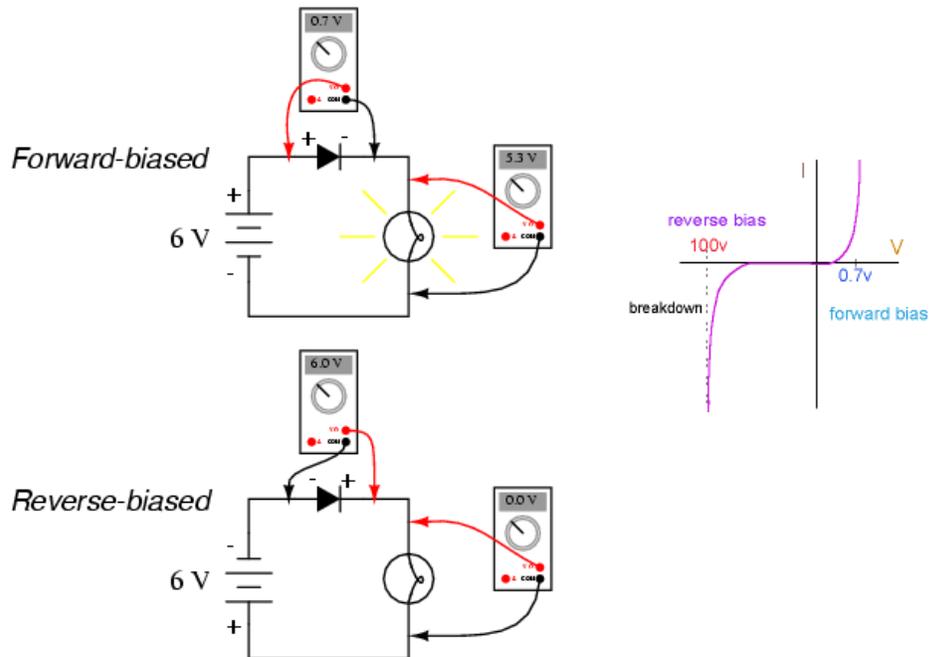
Dioda yang dipakai secara umum, dibuat dari bahan Germanium dan Silikon. Dioda tersebut mempunyai tegangan knee sebesar 0.7 Volt untuk dioda silikon dan 0.3-0.4 Volt untuk tegangan Germanium. Pada Gambar di bawah, dioda yang digunakan dioda Silikon. Jika sumber tegangan kurang dari 0.7 Volt maka tidak ada arus yang mengalir. Sebaliknya jika lebih dari 0.7 Volt, maka akan ada arus yang mengalir melalui dioda.



Pada suatu rangkaian dioda seperti pada Gambar di bawah, rangkaian ada yang dibias maju dan dibias mundur. Jika dibias mundur, maka arus yang mengalir kecil sekali dan bisa dianggap tidak ada. Karena itu nilai tegangan sama dengan nol dan lampu tidak menyala. Sebaliknya jika dibias maju, maka ada arus yang mengalir pada rangkaian dan lampu menyala.



Untuk menguji dioda apakah bias maju atau bias balik dapat dapat menggunakan cara seperti di bawah.



Tegangan Kaki (*Knee Voltage*) yaitu tegangan pada saat arus mulai naik secara cepat pada saat dioda berada pada daerah maju, tegangan ini sama dengan tegangan penghalang.

Apabila tegangan dioda lebih besar dari tegangan kaki maka dioda akan menghantar dengan mudah dan sebaliknya bila tegangan dioda lebih kecil maka dioda tidak menghantar dengan baik.

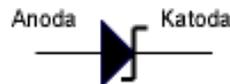
Di atas tegangan kaki, arus dioda akan membesar secara cepat, dengan kata lain pertambahan yang kecil pada tegangan dioda akan menyebabkan perubahan yang besar pada arus dioda.

Setelah tegangan penghalang terlampaui, yang menghalangi arus adalah hambatan Ohmic daerah P dan N, Jumlah hambatan tersebut dinamakan **Hambatan Bulk**.

Macam-macam dioda:

➤ Dioda zener

Sebenarnya tidak ada perbedaan struktur dasar dari zener, melainkan mirip dengan dioda. Tetapi dengan memberi jumlah doping yang lebih banyak pada sambungan P dan N, ternyata tegangan breakdown dioda bisa makin cepat tercapai.



➤ LED

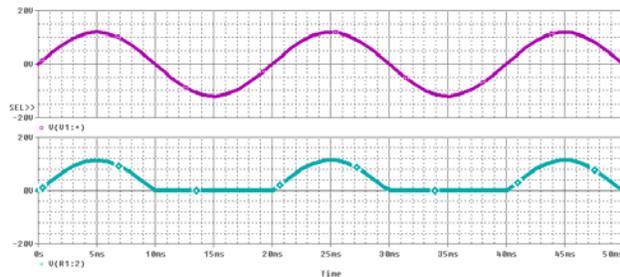
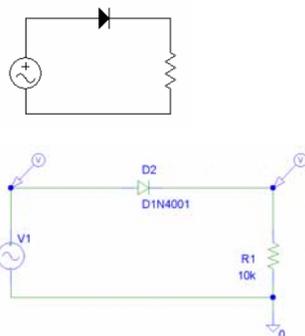
LED adalah singkatan dari *Light Emitting Dioda*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya.

LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya.

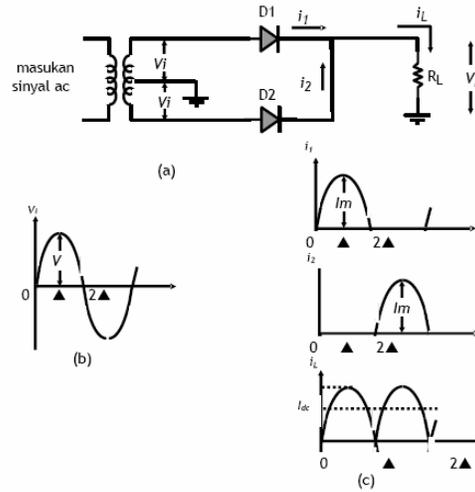
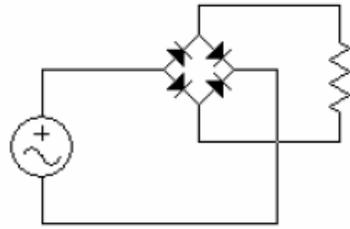


Aplikasi umum dioda digunakan sebagai:

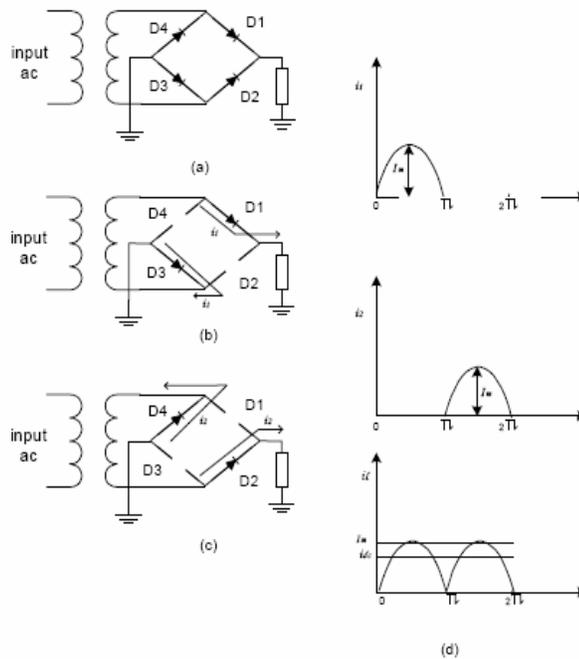
- penyearah ½ gelombang,



- penyearah gelombang penuh,



(a) Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Trafo CT;  
(b) Sinyal Input; (c) Arus Dioda dan Arus Beban



Gambar di atas adalah rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Jembatan dimana bagian (a) Rangkaian Dasar; (b) Saat Siklus Positif; (c) Saat Siklus Negatif; (d) Arus Beban.

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan dapat dijelaskan sbb:

➤ Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal ac, maka :

- D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat bias maju
- D2 dan D4 mati (OFF), karena mendapat bias mundur

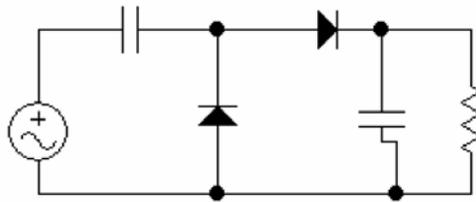
Sehingga arus  $i_1$  mengalir melalui D1, RL, dan D3.

➤ Pada saat jembatan memperoleh bagian siklus negatif, maka:

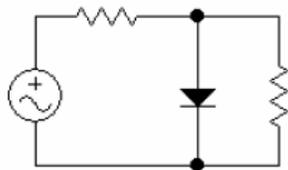
- D2 dan D4 hidup (ON), karena mendapat bias maju
- D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat bias mundur

Sehingga arus  $i_2$  mengalir melalui D2, RL, dan D4.

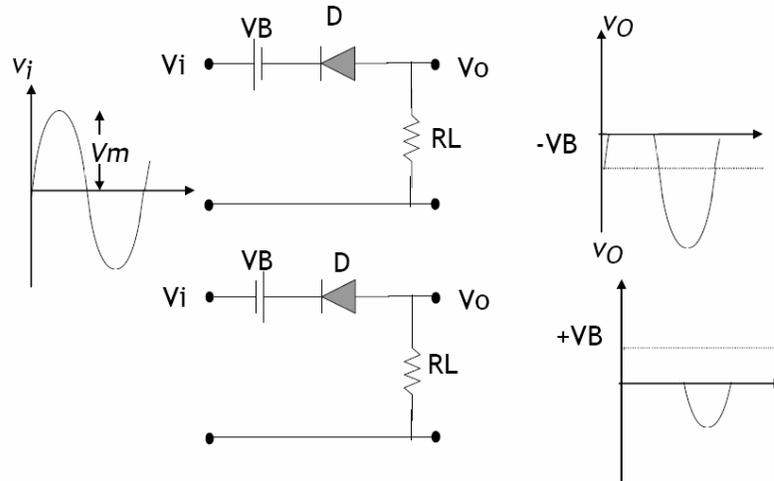
- pengganda tegangan,



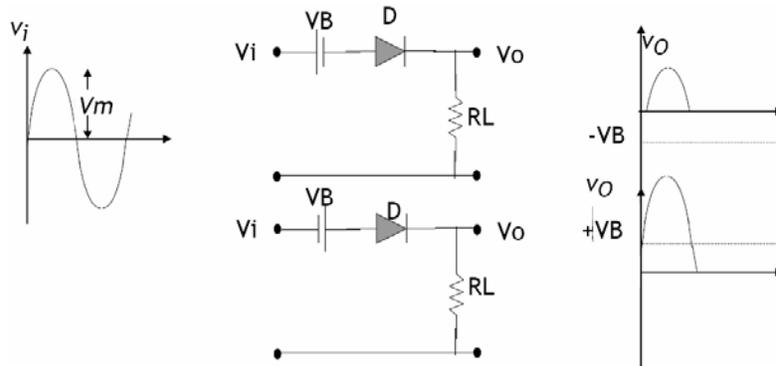
- clipper



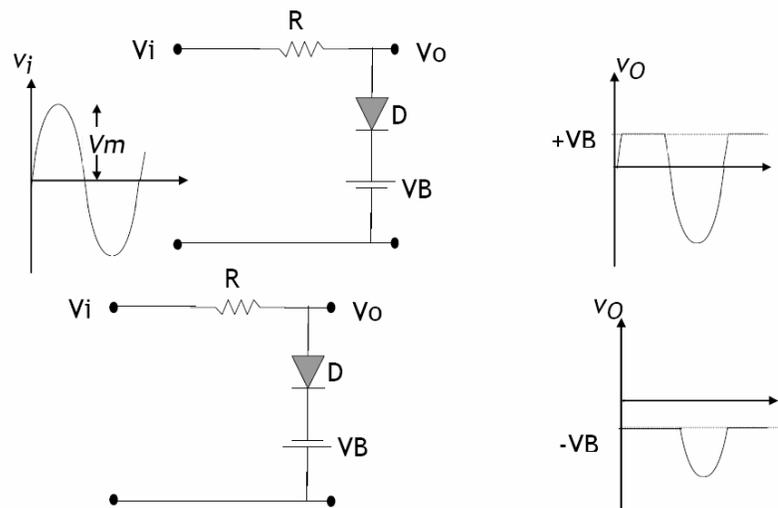
Clipper seri positif



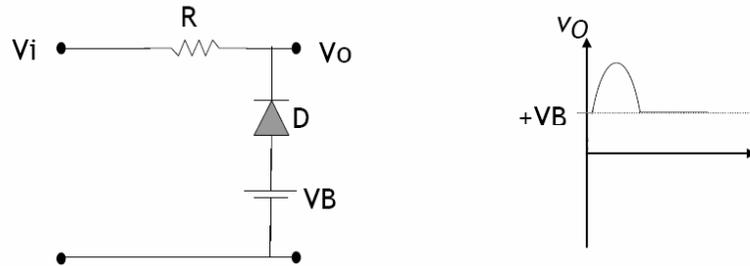
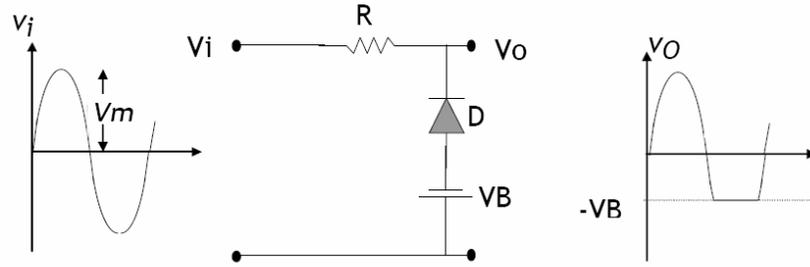
Clipper seri negatif



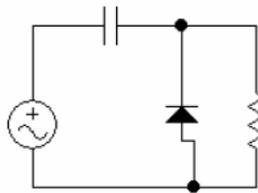
Clipper paralel positif



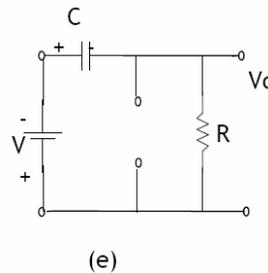
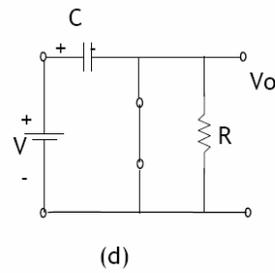
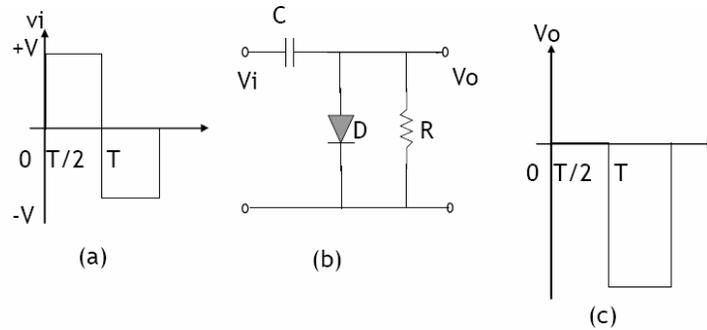
Clipper paralel negatif



- clamper



Clamper



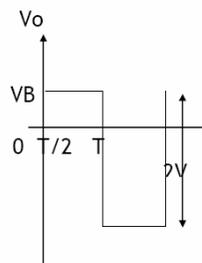
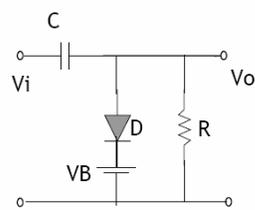
Penjelasan gambar di atas, Gambar (a) adalah gelombang kotak yang menjadi sinyal input rangkaian clamper (b). Pada saat  $0 - T/2$  sinyal input adalah positif sebesar  $+V$ , sehingga Dioda menghantar (ON).

Kapasitor mengisi muatan dengan cepat melalui tahanan dioda yang rendah (seperti hubung singkat, karena dioda ideal). Pada saat ini sinyal output pada R adalah nol (Gambar d).

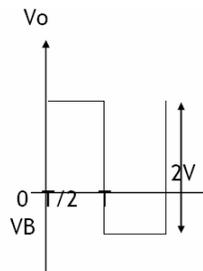
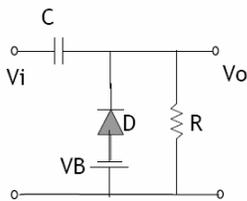
Kemudian saat  $T/2 - T$  sinyal input berubah ke negatif, sehingga dioda tidak menghantar (OFF) (Gambar e). Kapasitor membuang muatan sangat lambat, karena RC dibuat cukup lama. Sehingga pengosongan tegangan ini tidak berarti dibanding dengan sinyal output. Sinyal output merupakan penjumlahan tegangan input  $-V$  dan tegangan pada kapasitor  $-V$ , yaitu sebesar  $-2V$  (Gambar c).

Terlihat pada Gambar c bahwa sinyal output merupakan bentuk gelombang kotak (seperti gelombang input) yang level dc nya sudah bergeser ke arah negatif sebesar  $-V$ . Besarnya penggeseran ini bisa divariasikan dengan menambahkan sebuah baterai secara seri dengan dioda. Disamping itu arah penggeseran juga bisa dibuat ke arah positif dengan cara membalik arah dioda.

Clamper negatif



Clamper positif



**TUGAS**

1. Apa yang dimaksud dengan : dioda semikonduktor, reverse bias, forward bias
2. Jelaskan yang dimaksud dengan tegangan knee
3. Jelaskan prinsip kerja clipper seri positif
4. Jelaskan prinsip kerja clamper positif

## BAB III TRANSISTOR

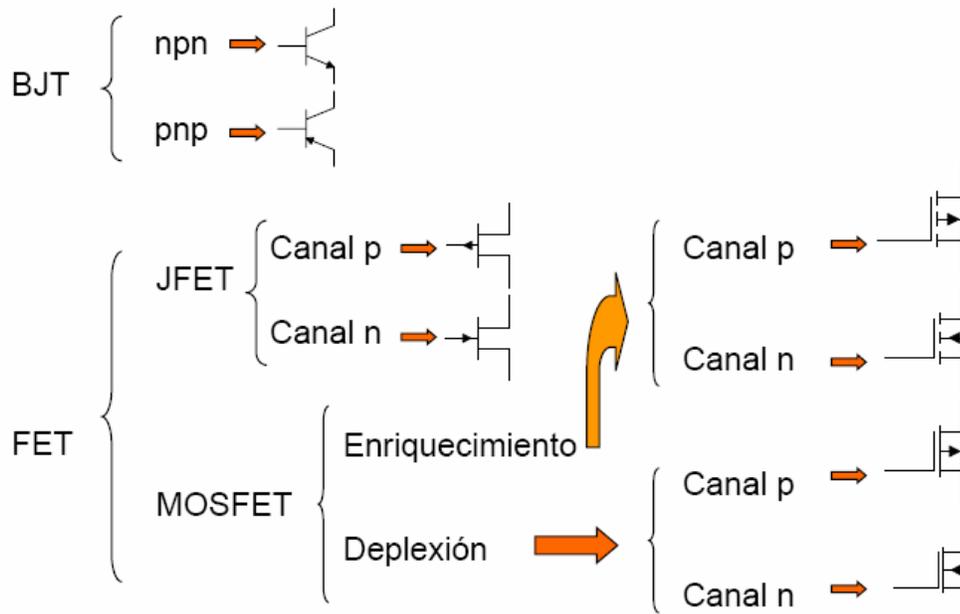
Tujuan:

1. Menjelaskan daerah kerja transistor
2. Menjelaskan macam-macam transistor
3. Menjelaskan aplikasi transistor
4. Mensimulasikan rangkaian transistor pada EWB

### PENDAHULUAN

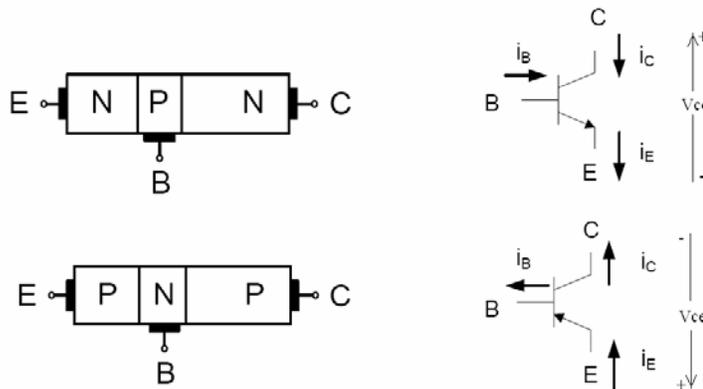
Transistor adalah suatu komponen aktif semikonduktor yang bekerjanya menggunakan pengolahan aliran arus elektron di dalam bahan tersebut. Transistor dapat berfungsi sebagai penguat arus maupun tegangan. Transistor merupakan peralatan yang mempunyai 3 lapis N-P-N atau P-N-P.

Transistor terdiri dari beberapa jenis, yaitu:



**BJT (Bipolar Junction Transistors)**

Transistor terdiri dari 3 elemen yaitu: Basis (B), Kolektor (C), Emitor (E). Transistor mempunyai dua junction, yaitu batas pertemuan antara emitor-basis dan pertemuan antara basis-kolektor. Dalam rentang operasi, arus kolektor  $I_C$  merupakan fungsi dari arus basis  $I_B$ . Perubahan pada arus basis  $I_B$  memberikan perubahan yang diperkuat pada arus kolektor untuk tegangan emitor-kolektor  $V_{CE}$  yang diberikan. Perbandingan kedua arus ini dalam orde 15 sampai 100.



Perbandingan arus kolektor dengan arus emitter hampir sama,  $\alpha_{dc}$  sebagai definisi perbandingan kedua arus tersebut.

$$\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E} \approx 1$$

Arus kolektor telah dihubungkan dengan arus emiter dengan menggunakan  $\alpha_{DC}$ . Juga menghubungkan arus kolektor dengan arus basis dengan mendefinisikan  $\beta_{DC}$  transistor :

$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$$

Hukum kirchoff menyatakan :

$$I_E = I_C + I_B$$

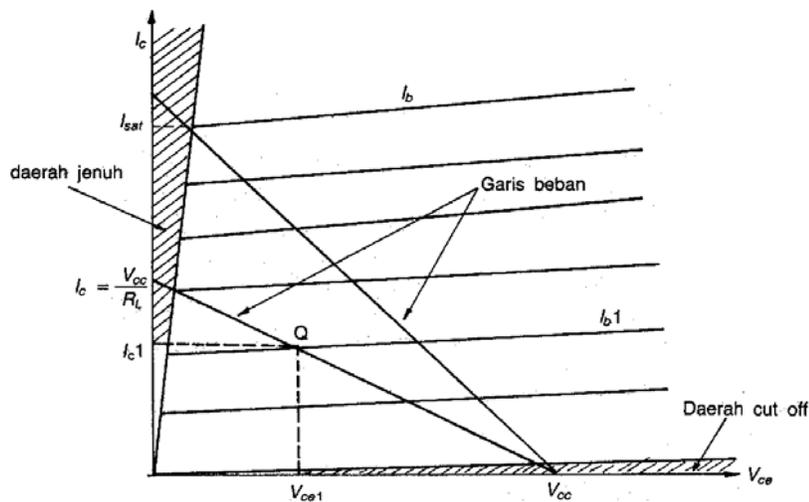
$$i_B = (1 - \alpha) \cdot i_E$$

Dengan aljabar maka dapat disusun menjadi :

$$\beta_{DC} = \frac{\alpha_{DC}}{1 - \alpha_{DC}}$$

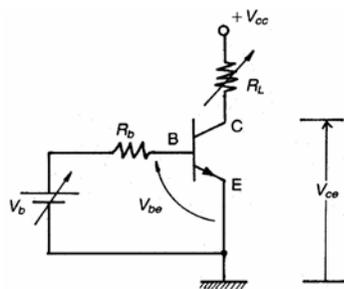
$$\frac{i_C}{i_B} = \frac{\alpha \cdot i_E}{(1 - \alpha) \cdot i_E} = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} = \beta$$

Transistor mempunyai daerah kerja seperti grafik di bawah, yang perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu, namun perhitungan tergantung dari rangkaiannya. Yang perlu dikuasai yaitu hukum ohm, hukum kirchoff, dan rumus  $\beta$ - $\alpha$ .



Contoh:

Ada rangkaian seperti di bawah



Tentukan posisi titik Q

Jawab:

Arus  $I_b$  (misalnya  $I_{b1}$ ) yang diberikan dengan mengatur  $V_b$  akan memberikan titik kerja pada transistor. Pada saat itu transistor akan menghasilkan arus collector ( $I_c$ ) sebesar  $I_c$  dan tegangan  $V_{ce}$  sebesar  $V_{ce1}$ . Titik Q (titik kerja transistor) dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

Persamaan garis beban =  $Y = V_{ce} = V_{cc} - I_c \cdot R_L$

Jadi untuk  $I_c = 0$ , maka  $V_{ce} = V_{cc}$  dan untuk  $V_{ce} = 0$ , maka diperoleh  $I_c = V_{cc}/R_L$

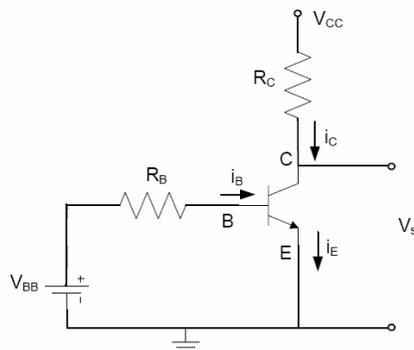
Apabila harga-harga untuk  $I_c$  dan  $I_{ce}$  sudah diperoleh, maka dengan menggunakan karakteristik transistor yang bersangkutan, akan diperoleh titik kerja transistor atau titik Q.

Pada kondisi  $V_b = 0$ , harga  $I_c = 0$ , dan berdasarkan persamaan loop :

$$V_{cc} + I_c \cdot R_L + V_{ce} = 0, \text{ dihasilkan } V_{ce} = +V_{cc}$$

Pada kondisi  $V_b = V_1$ , harga  $V_{ce} = 0$  dan  $I_v = I_{\text{saturasi}}$

Contoh:



diketahui:

$$R_c = 2k\Omega$$

$$R_b = 150k\Omega$$

$$V_{cc} = 10V$$

$$V_{bb} = 4V$$

$$\beta = 100$$

Buat grafik antara  $I_c$ - $V_{ce}$  dan  $I_b$ - $V_{be}$

$$V_{be} = 0,7 V$$

Jawab:

Loop 1

$$V_{bb} = i_b \cdot R_b + V_{be}$$

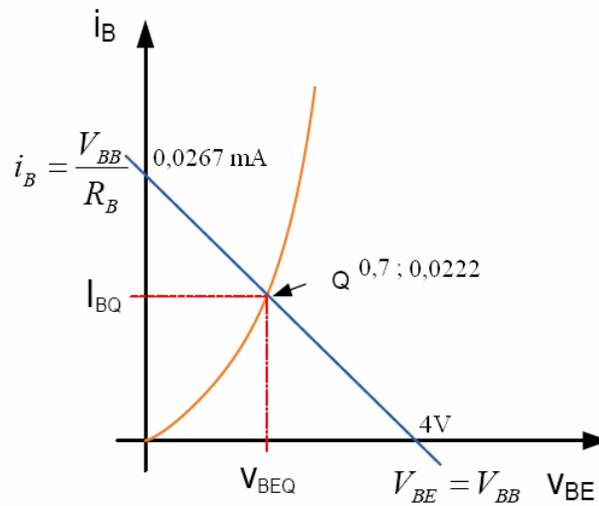
$$4 V = i_b \cdot 150 k\Omega + 0,7 V$$

$$i_b = (4 - 0,7) / 150000$$

$$i_b = 0,022 \text{ mA}$$

saat  $i_b = 0$  maka  $V_{bb} = V_{be} = 4 V$

saat  $V_{be} = 0$  maka  $V_{bb} / R_b = i_b = 4 / 150 k = 0,0267 \text{ mA}$



Loop 2

$$V_{CC} = i_c \cdot R_c + V_{ce}$$

$$10 \text{ V} = i_c \cdot 2 \text{ k}\Omega + V_{ce}$$

$$\frac{i_c}{i_B} = \frac{\alpha \cdot i_E}{(1-\alpha) \cdot i_E} = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} = \beta$$

$$i_c = i_b \cdot \beta = 0,022 \text{ mA} \cdot 100 = 2,2 \text{ mA}$$

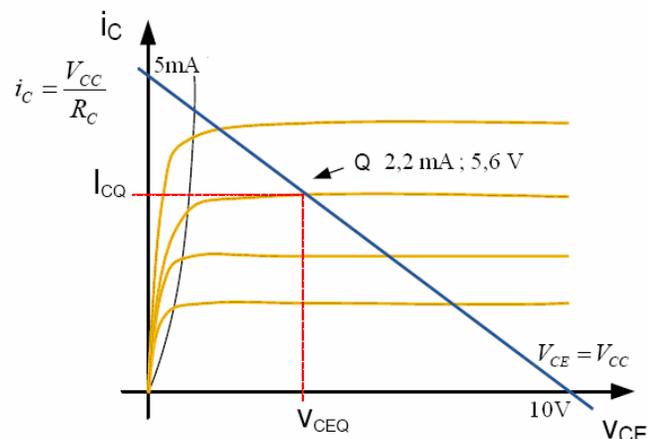
maka

$$10 \text{ V} = 2,2 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega + V_{ce}$$

$$V_{ce} = 10 - (2,2 \cdot 2) = 5,6 \text{ V}$$

Saat  $i_c = 0$  maka  $V_{CC} = V_{ce} = 10 \text{ V}$

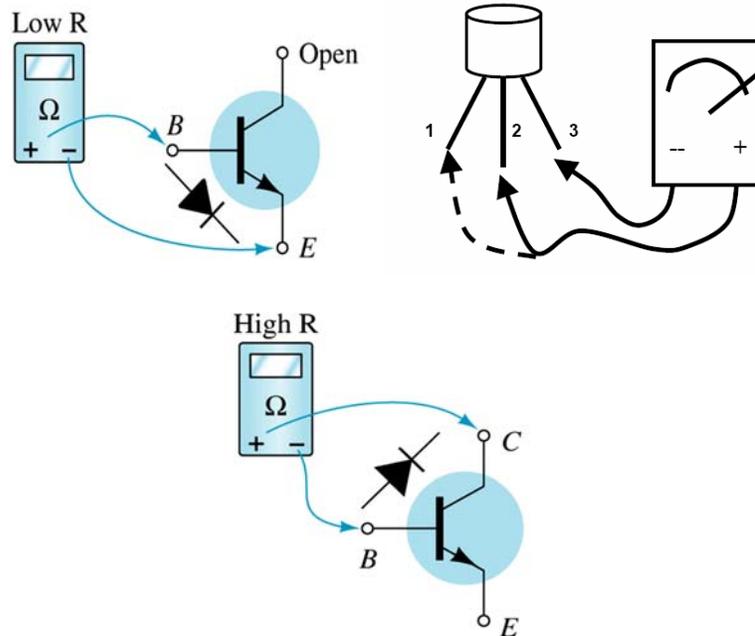
Saat  $V_{ce} = 0$  maka  $i_c = V_{CC} / R_c = 10 / 2k = 5 \text{ mA}$



Ketiga kaki transistor dapat ditentukan menggunakan Ohmmeter.

### Mencari Kaki Base

- Atur multimeter pada pengukuran ohmmeter x100.
- Lakukan pengukuran seperti gambar dibawah ini.



Perhatikan penunjukkan pergerakan jarum. Apabila jarum bergerak ke kanan dengan posisi probe yang satu tetap pada kaki 3 dan probe lainnya pada kaki 1 atau kaki 2 berarti kaki 3 adalah base transistor. Jika probe positif yang berada pada kaki 3 berarti transistor tersebut berjenis NPN, sebaliknya jika probe negatif berada pada kaki 3 berarti transistor tersebut berjenis PNP.

### Mencari Kaki Kolektor dan Emitter

- Misal: transistor berjenis NPN
- Lakukan pengukuran seperti gambar dibawah ini.
- Perhatikan penunjukkan jarum, apabila jarum bergerak ke kanan maka kaki 1 (pada probe positif) adalah emitter dan kaki 2 (pada posisi probe negatif) adalah kolektor. Atau jika dipasang kebalikkannya (probe positif pada kaki 2 dan probe negatif pada kaki 1) dan jarum tidak bergerak, maka kaki 1 adalah emitter dan kaki 2 adalah kolektor.



saluran n/ tipe n dan saluran p/ tipe p jenis JFET dan MOSFET. JFET tipe n merupakan sekeping silikon dari bahan semikonduktor tipe n dengan dua pulau dari bahan tipe-p yang ditempelkan pada kedua sisinya. Ujung salah satu JFET disebut sumber (S) karena elektron-elektron bebas memasuki JFET melalui ujung ini. Ujung yang atas disebut penguras (D) karena elektron-elektron bebas pergi dari JFET melalui ujung ini. Di bagian tengah titik tersebut disebut gerbang (G) karena tempat dilaluinya elektron atau merupakan saluran sempit tempat bergerak dari sumber menuju penguras. Lebar saluran ini menentukan banyaknya arus yang mengalir pada JFET.

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor bahan dasarnya adalah semikonduktor silikon, dibuat agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Transistor ini secara fisik terdiri dari 3 saluran yaitu gerbang (G), *source* (S), *drain* (D) dan *bulk* (B). Dan operasi transistor ini terdiri 3 keadaan, yaitu keadaan saturasi, *cut off*, dan linier.

Jika dilihat dari jenis saluran yang digunakan pada transistor MOSFET, maka MOSFET dapat dikelompokkan menjadi 3 macam yaitu nMOS (*n-channel MOS*), pMOS (*p-channel MOS*), CMOS (*Complementary MOS*).

Dan bila dilihat dari cara kerjanya seperti dalam Gambar 2, MOSFET dapat dibagi dua, yaitu:

1. Transistor Mode Pengosongan (*transistor mode depletion*)

Pada transistor mode *depletion* antara *drain* dan *source* ada saluran yang menghubungkan dua terminal tersebut yang mempunyai fungsi sebagai saluran mengalirnya electron bebas. Lebar saluran dapat dikendalikan oleh tegangan gerbang.

2. Transistor Mode Peningkatan (*transistor mode enhancement*)

Mosfet mode ini pada fisiknya tidak mempunyai saluran antara *drain* dan *source* karena lapisan *bulk* meluas sampai dengan lapisan SiO<sub>2</sub> pada terminal *gate*.

**TUGAS**

1. Jika beta DC suatu transistor adalah 250, berapakan nilai arus emiter!
2. Sebutkan cara mengenali urutan kaki-kaki transistor selain menggunakan Ohmmeter?
3. Sebutkan aplikasi dari transistor
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan FET

## **BAB IV**

### **OP AMP**

Tujuan:

1. Menjelaskan daerah kerja transistor
2. Menjelaskan macam-macam transistor
3. Menjelaskan aplikasi transistor

#### **PENDAHULUAN**

Penguat operasional (disingkat dengan OP AMP) adalah suatu penguat gandengan langsung dan bati-tinggi yang dilengkapi dengan umpan balik untuk mengendalikan karakteristik tanggapannya secara menyeluruh.

Suatu OP AMP ideal memiliki karakteristik-karakteristik sebagai berikut:

1. Hambatan masukan  $R_i = \infty$
2. Hambatan keluaran  $R_o = 0$
3. Bati tegangan  $A_v = -\infty$
4. Lebar pita =  $\infty$
5. Keseimbangan sempurna :  $V_o = 0$  bilamana  $V_1 = V_2$
6. Karakteristik tidak berubah dengan suhu.

Parameter-parameter penting pada penguat operasional antara lain :

#### 1. Batas Penguatan

Penguatan tegangan didefinisikan sebagai perbandingan dari tegangan sinyal masukan terhadap tegangan sinyal masukan. Nilai penguatan tersebut tergantung dari keperluan rangkaiannya.

#### 2. Batasan Range Keadaan Linier

Untuk memaksimalkan range kerja MOSFET dalam keadaan linier ada batasannya yaitu nilai maksimal dari  $V_o$  untuk operasi linier lebih kecil dari

catu tegangan positif dan nilai minimum dari  $V_o$  lebih besar atau lebih positif dari catu tegangan negatif. Hal tersebut bisa diatasi dengan menggunakan penguat kelas AB pada bagian keluarannya.

### 3. Tegangan *offset*

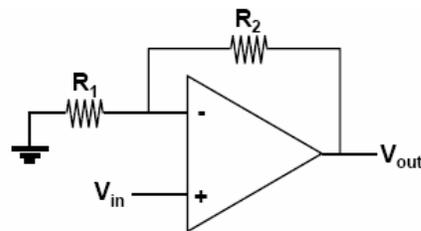
Tegangan offset masukan adalah tegangan yang harus diberikan antara terminal masukan. Tegangan offset yang diharapkan jika 2 input pada penguat operasional mempunyai nilai tegangan yang sama maka tegangan output sebesar 0 Volt seperti dalam Gambar 2. Namun pada kenyataannya,  $V_o$  tidak sama dengan 0 Volt. Tegangan offset keluaran adalah selisih antara tegangan pada kedua terminal keluaran bila kedua masukan penguat operasional diground-kan seperti dalam Gambar 2.14b.

Tegangan offset masukan terdiri dari 2 yaitu: offset sistematis yang dapat menimbulkan kondisi bias dan offset acak dapat menimbulkan error acak dalam penyelesaian proses pembuatan.

Op-Amp umumnya memerlukan catu daya positif atau dan negatif terhadap ground.

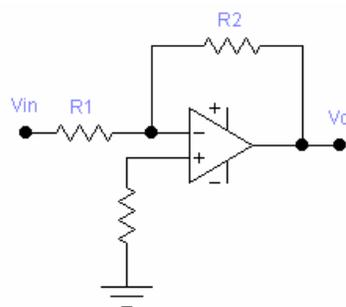
### Aplikasi

1. Rangkaian penguat tak membalik

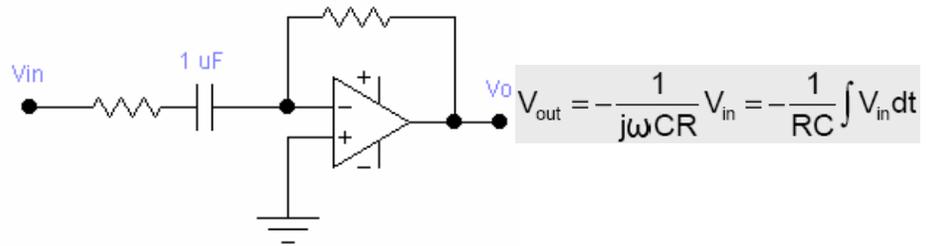


$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in}$$

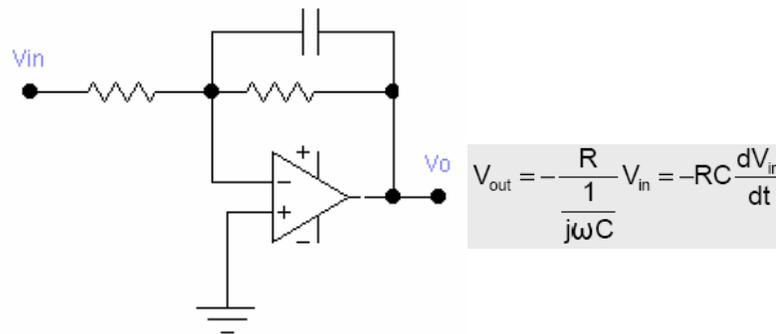
2. Rangkaian penguat membalik



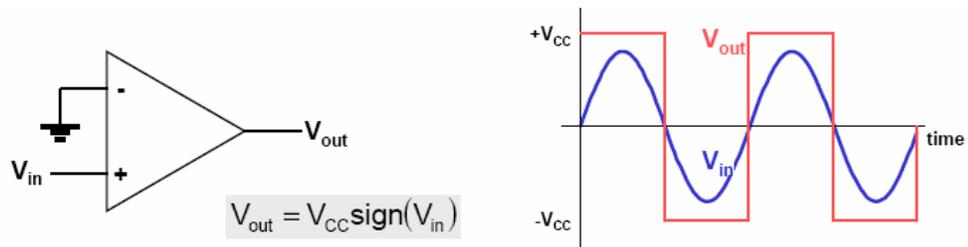
3. Rangkaian diferensiator



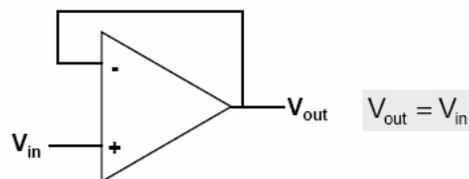
4. Rangkaian Integrator



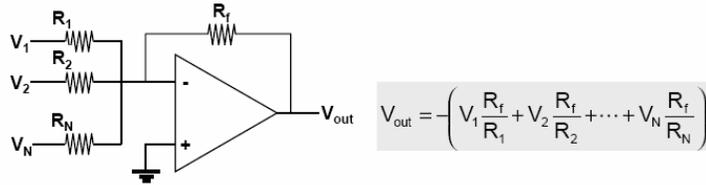
5. Rangkaian Komparator Tegangan



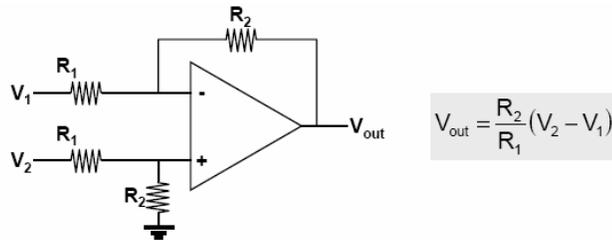
6. Rangkaian buffer / pengikut



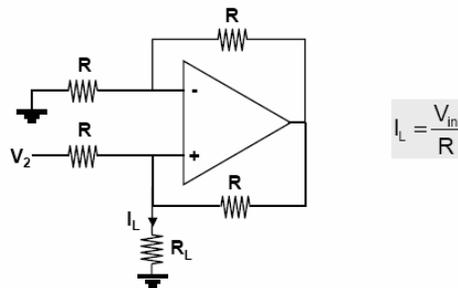
7. Rangkaian Penjumlah



8. Rangkaian penguat differensial



9. Rangkaian pengubah tegangan ke arus

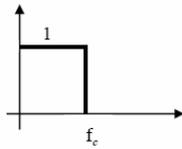


10. Rangkaian filter

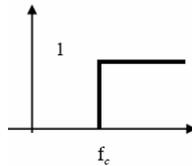
Filter adalah suatu sistem yang dapat memisahkan sinyal berdasarkan frekuensinya; ada frekuensi yang diterima, dalam hal ini dibiarkan lewat; dan ada pula frekuensi yang ditolak, dalam hal ini secara praktis dilemahkan.

Magnitude (nilai besar) dari fungsi alih dinyatakan dengan |T|, dengan satuan dalam desibel (dB). Filter dapat diklasifikasikan menurut fungsi yang ditampilkan, dalam term jangkauan frekuensi, yaitu passband dan stopband.

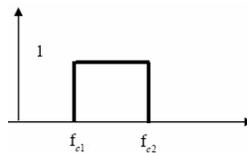
- o Filter low pass:
  - Filter yang tegangan keluarannya tetap sampai ke suatu frekuensi cut off ( $f_c$ ). Bersama naiknya frekuensi di atas  $f_c$ , tegangan keluarannya melemah/menghilang. Frekuensi cut off / frekuensi 3 dB / frekuensi 0,707.



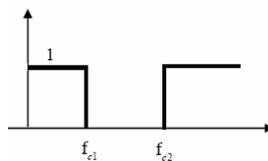
- Filter high pass
  - Filter yang memperlemah tegangan keluaran untuk frekuensi di bawah nilai frekuensi cut off  $f_c$ . Di atas  $f_c$  besar tegangan keluaran tetap.



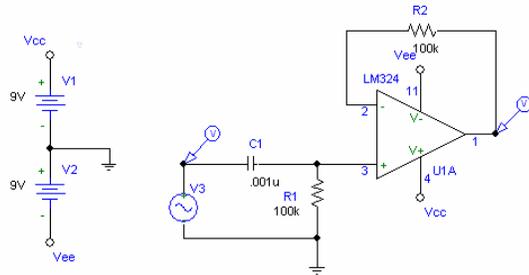
- Filter band pass
  - Filter yang hanya melewatkan sinyal keluaran yang berfrekuensi tertentu (yang dititik beratkan di 1 nilai  $f_c$ ) dan melemahkan tegangan sinyal keluaran semua frekuensi selain frekuensi tertentu.



- Filter band elimination
  - Filter yang menyaring / melemahkan tegangan sinyal keluaran yang memiliki suatu nilai frekuensi tertentu dan meloloskan sinyal keluaran yang lain.



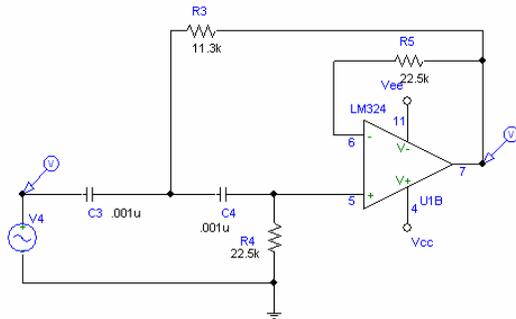
**Filter high pass**



high pass -20 dB/dekade

Rumus:  
 $R1 = R2$   
 $\omega C = 2 \cdot \pi \cdot f_c$   
 $1 = \omega C \cdot R1 \cdot C1$   
 $1 = 2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot R1 \cdot C1$

Contoh:  
 $C1 = 0,001\mu F$      $R1 = R2 = 100k\Omega$   
 maka frekuensi cut off -nya 1,59kHz

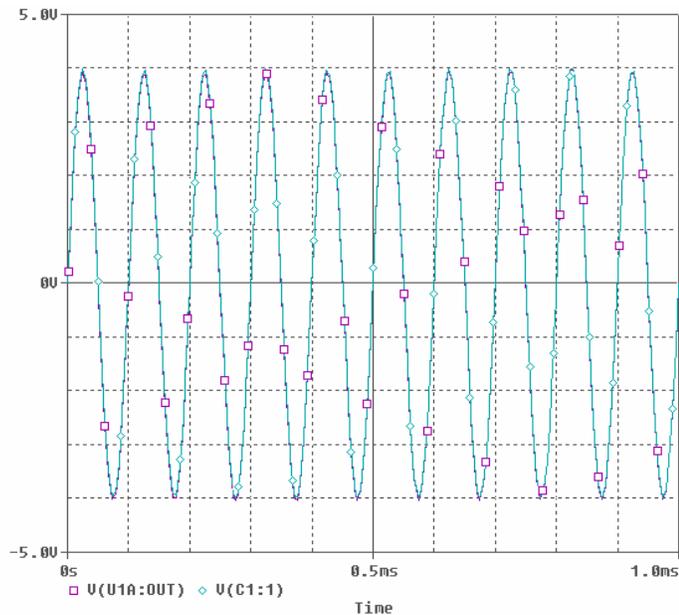


high pass -40 dB/dekade

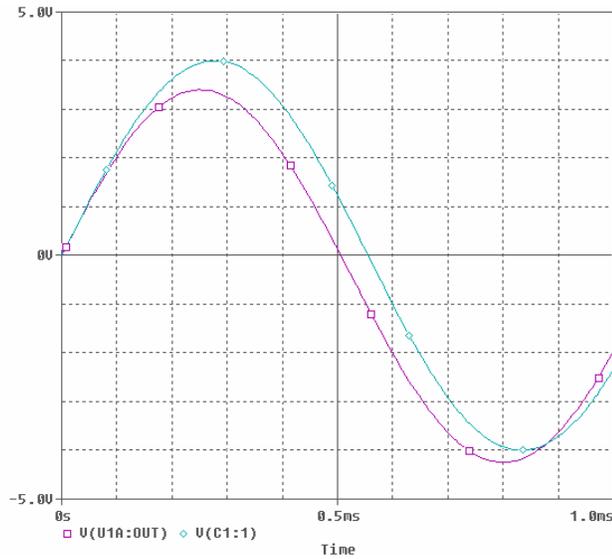
Rumus:  
 $\omega C = 2 \cdot \pi \cdot f_c$   
 $R4 = R5$   
 $C3 = C4$   
 $R5 = 2 \cdot R3$   
 $1,414 = \omega C \cdot R3 \cdot C3$   
 $1,414 = 2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot R3 \cdot C3$

Contoh:  
 $C3 = C4 = 0,001\mu F$   
 $R5 = R4 = 22,5k\Omega$   
 maka  $R3 = 0,5 \cdot R5 = 11,3k\Omega$   
 maka frekuensi cut off -nya 10kHz

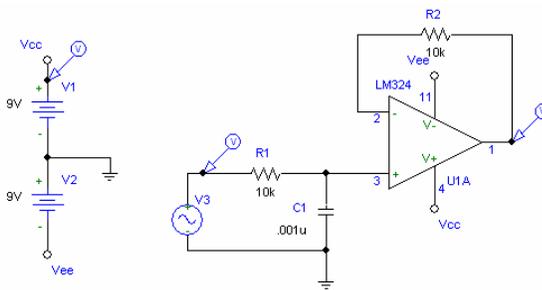
Pada filter high pass diberi masukan V3 sebesar 10 kHz, sinyal keluaran sama dengan sinyal masukan (meloloskan), seperti grafik di bawah.



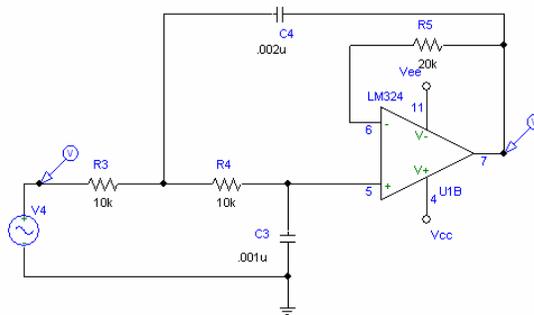
Pada filter high pass diberi masukan V3 sebesar 1 kHz, sinyal keluaran mempunyai amplitudo lebih kecil daripada sinyal masukan (melemahkan) , seperti grafik di bawah.



**Filter low pass**

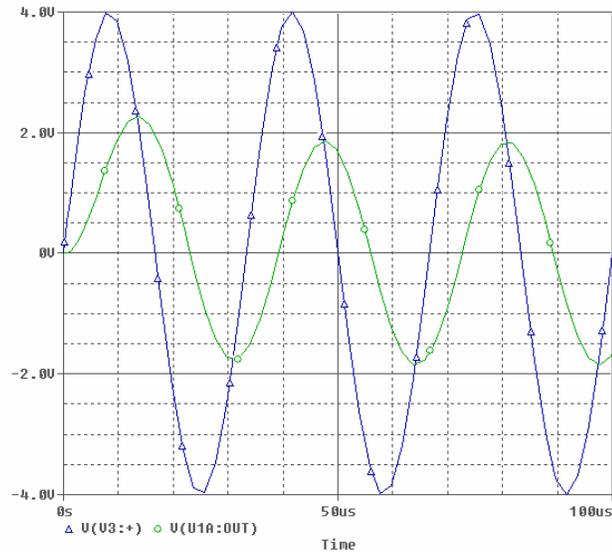


Low pass -20 dB/dekade  
 Rumus:  
 $\omega C = 2 \cdot \pi \cdot f_c$   
 $R1 = R2$   
 $1 = \omega C \cdot R1 \cdot C1$   
 $1 = 2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot R1 \cdot C1$   
 Contoh:  
 $C1 = 0,001\mu F$      $R1 = 10k\Omega$   
 maka frekuensi cut off -nya 15,9kHz

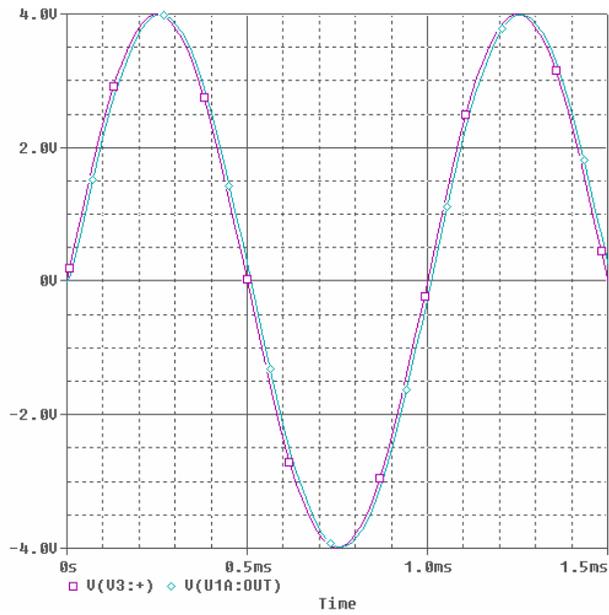


Low pass -40 dB/dekade  
 Rumus:  
 $\omega C = 2 \cdot \pi \cdot f_c$   
 $R4 = R3$   
 $C3 = C4$   
 $R5 = 2 \cdot R3$   
 $1,414 = \omega C \cdot R3 \cdot C3$   
 $1,414 = 2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot R3 \cdot C3$   
 Contoh:  
 $C3 = C4 = 0,001\mu F$   
 $R5 = R4 = 22,5k\Omega$   
 maka  $R3 = 0,5 \cdot R5 = 11,3k\Omega$   
 maka frekuensi cut off -nya 10kHz

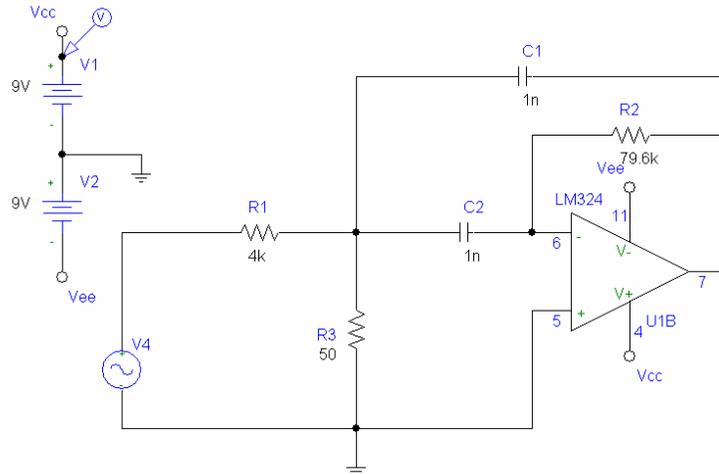
Pada filter high pass diberi masukan V3 sebesar 30 kHz, sinyal keluaran mempunyai amplitudo lebih kecil daripada sinyal masukan (melemahkan) , seperti grafik di bawah.



Pada filter high pass diberi masukan V3 sebesar 10 kHz, sinyal keluaran sama dengan sinyal masukan (meloloskan) , seperti grafik di bawah.



**Filter band pass**



band pass  
 Dibagi 2, yaitu:  
 # filter pita sempit  
 $B < 0.1 \text{ wr}$   
 $Q > 10$   
 # filter pita lebar  
 $B > 0.1 \text{ wr}$   
 $Q < 10$

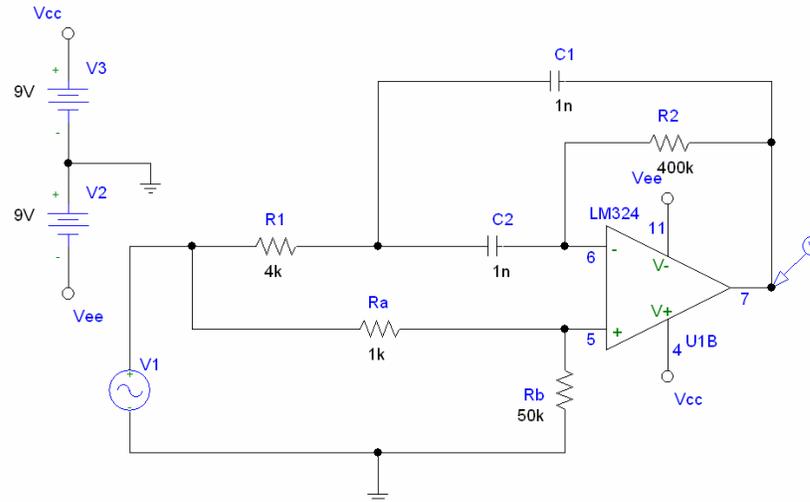
Keterangan variabel  
 $A_r$  = gain tegangan maksimum  
 $V_{maks}$  = tegangan keluaran maksimum  
 $f_h$  = frekuensi yang gain tegangannya  $0,707 A_r$ ,  
 dimana frekuensi ini lebih besar daripada  $f_r$   
 $f_l$  = frekuensi yang gain tegangannya  $0,707 A_r$ ,  
 dimana frekuensi ini lebih kecil daripada  $f_r$   
 $f_r$  = frekuensi resonan  
 $B$  = lebar pita (rad/dtk)  
 $Q$  = faktor kualitas  
 $C$  = nilai kapasitor yang digunakan ( $C=C1=C2$ )

Rumus:  
 $\text{wr} = 2 \cdot \pi \cdot f_r$  (rad/dtk)  
 $B = \text{wh} - \text{wl}$  (rad/dtk)  
 $Q = \text{wr} / B$   
 $R_2 = 2 / (B \cdot C)$   
 $R_1 = R_2 / (A_r^2)$   
 $R_3 = R_2 / (4 \cdot Q^2 - 2 \cdot A_r)$

Ditentukan:  
 $C_1 = C_2 = 0,001 \mu\text{F}$        $A_r = 10$   
 $f_r = 80 \text{kHz}$  (pita sempit  $Q = 20$ )

Dihitung:  
 $\text{wr} = 2 \cdot \pi \cdot 80 \text{k} = 502,4 \text{ krad/dtk}$   
 $B = 502,4 \text{ k} / 20 = 25,12 \text{ krad/dtk}$   
 $R_2 = 79,6 \text{ kohm}$   
 $R_1 = 4 \text{ kohm}$   
 $R_3 = 50 \text{ ohm}$

### Filter Band Elimination



band elimination

Dibagi 2, yaitu:

# filter pita sempit

$B < 0.1 \text{ wr}$

$Q > 10$

# filter pita lebar

$B > 0.1 \text{ wr}$

$Q < 10$

Keterangan variabel

$A_r$  = gain tegangan maksimum

$V_{maks}$  = tegangan keluaran maksimum

$f_h$  = frekuensi yang gain tegangannya  $0,707 A_r$ ,

dimana frekuensi ini lebih besar daripada  $f_r$

$f_l$  = frekuensi yang gain tegangannya  $0,707 A_r$ ,

dimana frekuensi ini lebih kecil daripada  $f_r$

$f_r$  = frekuensi resonan

$B$  = lebar pita (rad/dtk)

$Q$  = faktor kualitas

$C$  = nilai kapasitor yang digunakan ( $C=C_1=C_2$ )

Rumus:

$w_r = 2 \cdot \pi \cdot f_r$  (rad/dtk)

$B = w_h - w_l$  (rad/dtk)

$Q = w_r / B$

$C_1 = C_2$

$R_2 = 2 / (B \cdot C)$

$R_1 = R_2 / (4 \cdot Q \cdot Q)$

$R_b = (2 \cdot Q \cdot Q \cdot R_a)$

Ditentukan:

$C_1 = C_2 = 0,01 \mu\text{F}$

$f_r = 400 \text{ kHz}$  (pita sempit  $Q = 5$ )

Dihitung:

$w_r = 2 \cdot \pi \cdot 400 \text{ k} = 2,51 \text{ krad/dtk}$

$B = 2,51 \text{ k} / 5 = 500 \text{ krad/dtk}$

$R_2 = 400 \text{ kohm}$

$R_1 = 4 \text{ kohm}$

$R_b = 50 \text{ ohm}$

**TUGAS**

1.     Jelaskan yang dimaksud op amp ideal
2.     Jelaskan yang dimaksud tegangan off set
3.     Sebutkan aplikasi op amp
4.     Rancang filter lowpass dengan frekuensi cut off 15kHz dengan menggunakan opamp

**DAFTAR PUSTAKA**

Malvino. 'Prinsip-prinsip Elektronika'. Erlangga. Jakarta. 1996

Mismail, Budiono. 'Rangkaian Listrik I'. Penerbit ITB. Bandung. 1995

Wasito. 'Vademekum Elektronika'. Gramedia. Jakarta. 1992

[http://notes.ump.edu.my/fkee/BEE2213\\_Farizan/3.Bipolar Junction Transistor \(BJT\).ppt](http://notes.ump.edu.my/fkee/BEE2213_Farizan/3.Bipolar%20Junction%20Transistor%20(BJT).ppt)

[http://tk.unikom.ac.id/tk-files/download/modul praktikum eldas/modul VI.pdf](http://tk.unikom.ac.id/tk-files/download/modul_praktikum_eldas/modul_VI.pdf)