

## **PETUNJUK UMUM**

### **KOMPETENSI**

1. Mendeskripsikan pengertian umpan balik
2. Mendeskripsikan penguatan tanpa umpan balik dan penguatan dengan umpan balik
3. Mendeskripsikan impedansi input tanpa umpan balik dan impedansi input dengan umpan balik
4. Mendeskripsikan impedansi output tanpa umpan balik dan impedansi output dengan umpan balik.

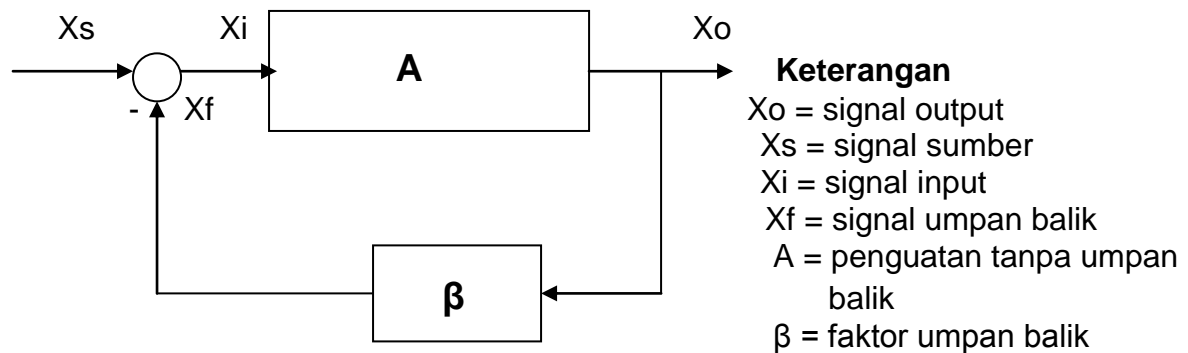
### **PETUNJUK MENGGUNAKAN MODUL**

1. Pelajari lembar informasi
2. Diskusi dan mengerjakan tugas untuk mendalami materi modul
3. Merancang praktik
4. Evaluasi

## UMPAN BALIK

### A. Pengertian Umpan Balik

Umpan balik adalah pengembalian sebagian output ke input. Secara blok diagram pengertian umpan balik dapat dilukiskan sebagai berikut



Gambar 1.

Dari gambar di atas didapat persamaan sebagai berikut

$$X_i = X_s - X_f$$

$$X_f = \beta X_o$$

$$X_o = A X_i$$

$$X_o = A(X_s - X_f)$$

$$X_o = A X_s - A \beta X_o$$

$$X_o(1 + \beta A) = A X_s$$

Penguatan dengan umpan balik  $A_f$  adalah

$$A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + \beta A}$$

Rumus di atas mempunyai tiga kemungkinan yaitu

1. Bila  $|1 + \beta A| > 1$  maka rangkaian umpan balik menjadi umpan balik negatif
2. Bila  $|1 + \beta A| < 1$  maka rangkaian umpan balik menjadi umpan balik positif
3. Bila  $|1 + \beta A| = 0$  maka rangkaian umpan balik menjadi osilator

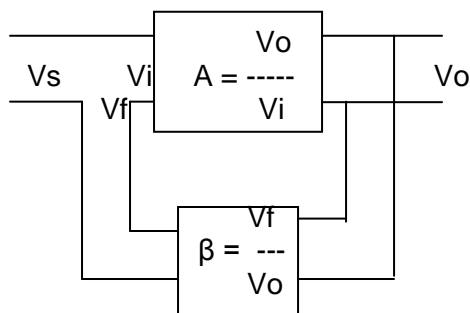
Kelebihan Umpan Balik Negatif

1. Impedansi input menjadi lebih besar
2. Penguatan tegangan menjadi lebih stabil
3. Bandwidth semakin lebar

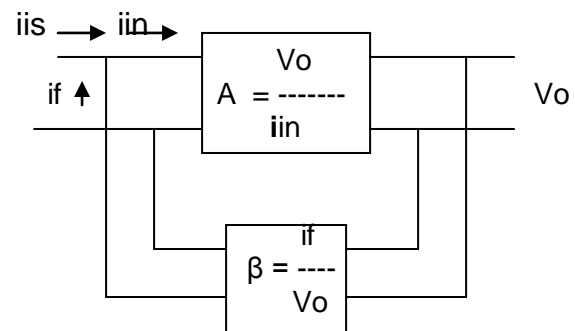
4. Impedansi input turun
5. Noise berkurang
6. Operasi lebih linier

### Model-model Umpan Balik

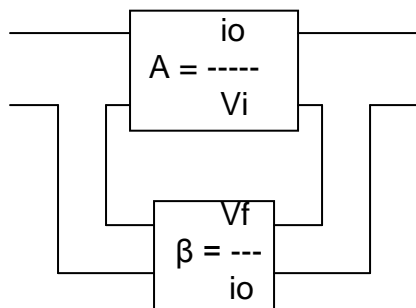
#### 1. Umpan balik tegangan seri



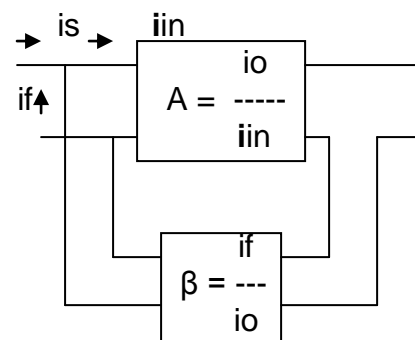
#### 2. Umpan balik tegangan paralel



#### 3. Umpan balik arus seri



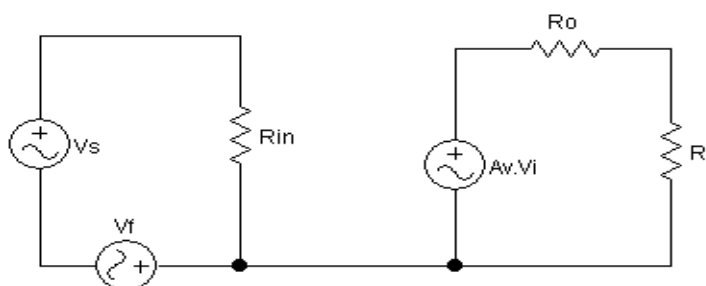
#### 4. Umpan balik arus paralel



Gambar 2.

## B. Pengaruh Umpan Balik Terhadap Penguatan, Impedansi input, dan Impedansi output

### 1. Umpan Balik Tegangan Seri



Gambar 3.

Penguatan tanpa umpan balik (AV)

$$AV = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_v R_l}{R_o + R_l}$$

Penguatan dengan umpan balik (Avf)

$$AV_f = \frac{V_o}{V_s} = \frac{AV}{1 + \beta AV}$$

Impedansi input dengan umpan balik Rif

$$R_{if} = \frac{V_s}{i_{in}}$$

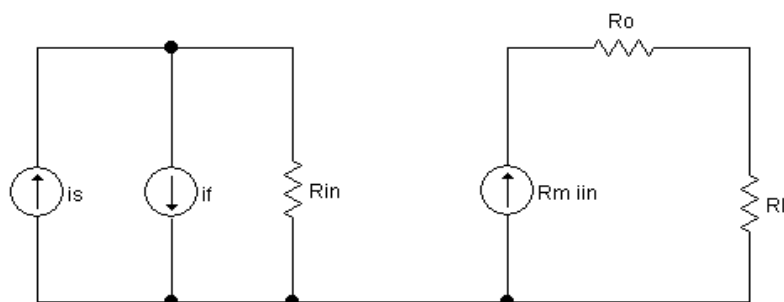
$$\begin{aligned} V_s &= V_i - V_f \\ &= V_i - \beta V_o \\ &= V_i - \beta AV V_i \\ &= i_{in} R_{in} (1 - \beta AV) \end{aligned}$$

$$R_{if} = \frac{V_s}{i_{in}} = R_{in}(1 - \beta AV)$$

Impedansi output Rof

$$R_{of} = \frac{V_o}{i_o} = \frac{R_o}{1 + \beta AV}$$

## 2. Umpan Balik Tegangan Paralel



Gambar 4.

Penguatan tanpa umpan balik  $R_M$

$$R_M = \frac{R_I}{R_o + R_I} R_m$$

Penguatan dengan umpan balik ( $R_{Mf}$ )

$$R_{Mf} = \frac{V_o}{i_s}$$

$$V_o = \frac{R_I}{R_o + R_I} R_m i_{in}$$

$$i_s = i_{in} + i_f$$

$$= i_{in} + \beta R_M i_{in}$$

$$= i_{in} (1 + \beta R_M)$$

$$R_{Mf} = \frac{R_M}{1 + \beta R_M}$$

Impedansi input dengan umpan balik ( $R_{if}$ )

$$i_{in} = i_s - \beta V_o$$

$$= i_s - \beta R_M i_{in}$$

$$i_s = i_{in}(1 + \beta R_M)$$

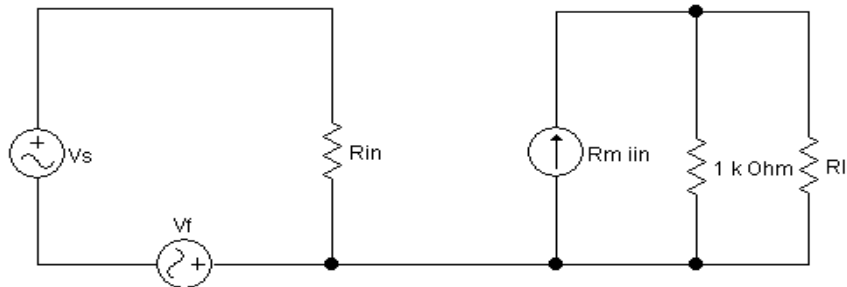
$$R_{if} = \frac{V_i}{i_s} = \frac{V_i}{i_{in}(1 + \beta R_M)}$$

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta R_M}$$

Impedansi output dengan umpan balik ( $R_{of}$ )

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + \beta R_m}$$

### 3. Umpan Balik Arus Seri



Gambar 5.

Penguatan tanpa umpan balik

$$GM = \frac{i_o}{V_{in}} = \frac{R_o}{R_o + R_L} G_m$$

Penguatan dengan umpan balik (GMf)

$$i_o = GM V_i$$

$$\begin{aligned} V_i &= V_s + V_f \\ &= V_s + \beta i_o \\ &= V_s + \beta GM V_i \end{aligned}$$

$$V_s = V_i(1 + \beta GM)$$

$$GM_f = \frac{i_o}{V_s} = \frac{GM V_i}{V_i(1 + \beta GM)}$$

$GM_f = \frac{GM}{1 + \beta GM}$
----------------------------------

Impedansi input dengan umpan balik (Rif)

$$R_{if} = \frac{V_s}{i_{in}}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_i + V_f \\ &= V_i + \beta i_o \end{aligned}$$

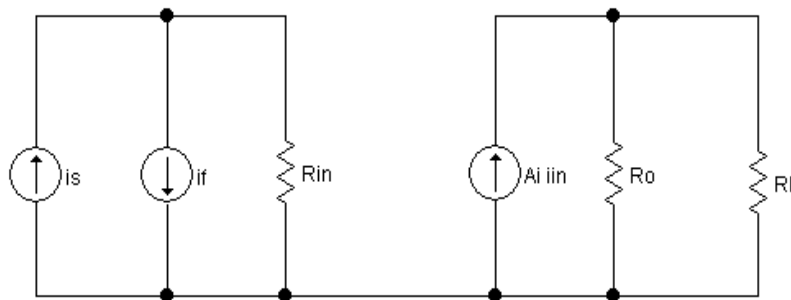
$$= V_i + \beta GM V_i = V_i(1 + \beta GM)$$

$$R_{if} = R_i(1 + \beta GM)$$

Impedansi output dengan umpan balik ( $R_{of}$ )

$$R_{of} = R_o(1 + \beta G_m)$$

#### 4. Umpan Balik Arus Paralel



Gambar 6.

Penguatan tanpa umpan balik ( $A_i$ )

$$A_i = \frac{R_o}{R_o + R_L} A_i$$

Penguatan dengan umpan balik ( $A_{if}$ )

$$A_{if} = \frac{I_L}{i_s}$$

$$\begin{aligned} i_s &= i_{in} + \beta I_L \\ &= i_{in} + \beta A_i i_{in} \\ &= i_{in}(1 + \beta A_i) \end{aligned}$$

$$A_{if} = \frac{A_i i_{in}}{i_{in}(1 + \beta A_i)}$$

$$A_{if} = \frac{A_i}{1 + \beta A_i}$$

Impedansi input dengan umpan balik ( $R_{if}$ )

$$\begin{aligned}
 I_s &= i_{in} + \beta i_o \\
 &= i_{in} + \beta A_i i_{in} \\
 &= i_{in}(1 + \beta A_i)
 \end{aligned}$$

$$R_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{i_{in} R_i}{i_{in}(1 + \beta A_i)}$$

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta A_i}$$

Impedansi output dengan umpan balik ( $R_{of}$ )

$$R_{of} = R_o(1 + \beta A_i)$$

### C. Analisis Rangkaian

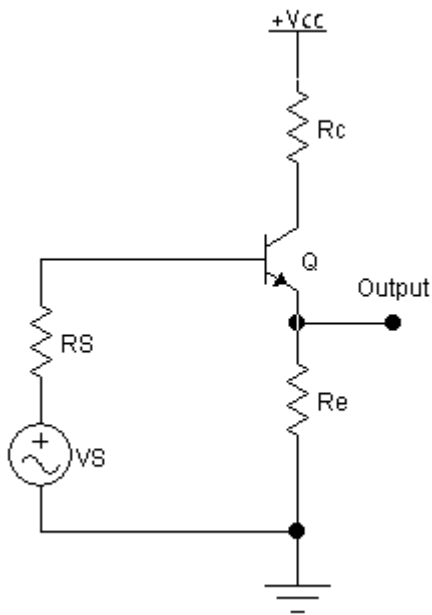
Beberapa patokan untuk analisis rangkaian umpan balik

1. Mengidentifikasi model umpan balik
  - $X_f$  : signal umpan balik arus atau umpan balik tegangan
  - $V_o$  : signal output yang diumpan balikkan arus atau tegangan
2. Menentukan rangkaian tanpa umpan balik
  - a. loop input
    - Untuk umpan balik tegangan  $V_o = 0$
    - Untuk umpan balik arus  $i_o = 0$
  - b. loop output
    - Untuk signal umpan balik ( $x_f$ ) arus  $V_{in} = 0$
    - Untuk signal umpan balik ( $x_f$ ) tegangan  $i_{in} = 0$
3. Menentukan faktor umpan balik ( $\beta$ )
4. Menentukan penguatan tanpa umpan balik  $A$  :  $A_V$ ,  $A_I$ ,  $G_M$ , atau  $R_M$
5. Menentukan penguatan dengan umpan balik  $A_f$ , impedansi input dengan umpan balik  $R_{if}$ , menentukan impedansi output dengan umpan balik ( $R_{of}$ ).

### Umpan Balik Tegangan Seri

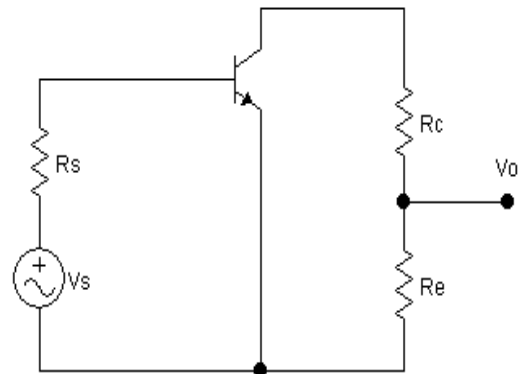
Salah satu rangkaian umpan balik tegangan seri adalah seperti gambar 7a.





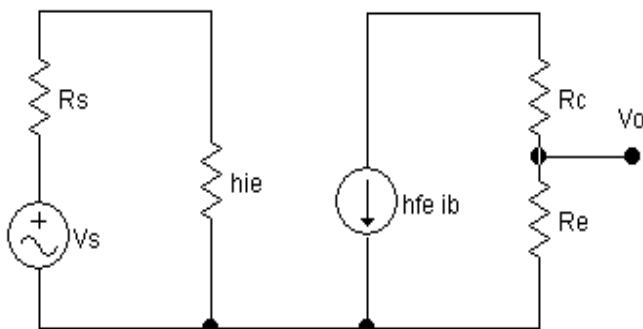
Gambar 7a.

Untuk mendapatkan rangkaian tanpa umpan balik, pada loop input di sumasikan  $V_o = 0$ , dan untuk mendapatkan loop output diasumsikan  $i_{in} = 0$



Rangkaian tanpa umpan balik

Gambar 7b.



Rangkaian ekuivalent

Gambar 8.

$$A_v = \frac{h_{fe} i_b R_e}{i_b} \times \frac{i_b}{V_s}$$

$$V_s = i_b(R_s + h_{ie})$$

$$A_v = \frac{h_{fe} R_e}{R_s + h_{ie}}$$

$$\beta = \frac{V_f}{V_o} = 1$$

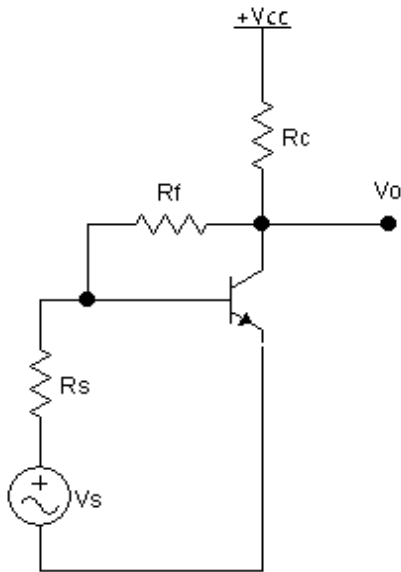
$$A_{vf} = \frac{A_v}{1 + \beta A_v} = \frac{h_{fe} R_e}{R_s + h_{ie} + h_{fe} R_e}$$

$$R_i = R_s + h_{ie}$$

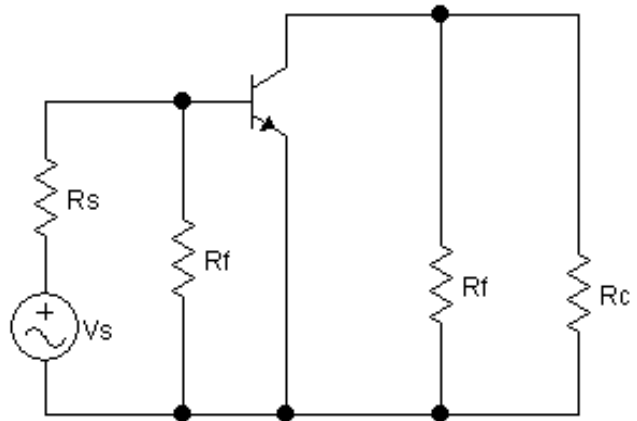
$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta A_v} = R_s + h_{ie} \frac{R_s + h_{ie} + h_{fe} R_e}{R_s + h_{ie}} = R_s + h_{ie} + h_{fe} R_e$$

$$R_{of} =$$

Umpan Balik Tegangan Paralel

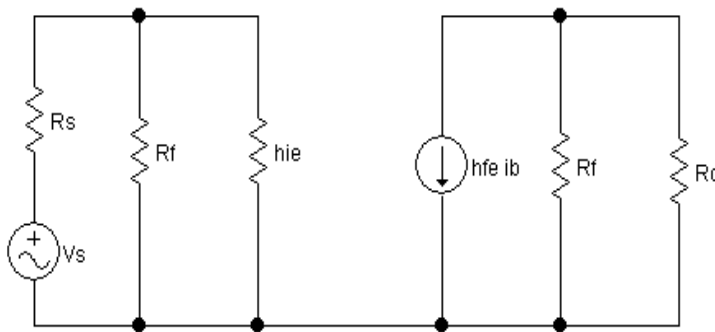


Gambar 9a



Rangkaian tanpa umpan balik

Gambar 9b



Rangkaian ekuivalent  
Gambar 10

$$A = R_M = \frac{V_o}{i_{in}}$$

$$= \frac{-h_{fe} i_b R_f // R_c}{i_b h_{ie}}$$

$$R_M = \frac{-h_{fe}(R_f // R_c)}{h_{ie} + R_f}$$

$$A_f = R_{Mf} = \frac{R_M}{1 + \beta R_M} \quad \beta = \frac{1}{R_f}$$

$$= \frac{-h_{fe} (R_f // R_c) h_{ie}}{h_{ie} + R_f} \times \frac{(h_{ie} + R_f) R_f}{(h_{ie} + R_f) R_f - h_{fe}(R_f // R_c) h_{ie}}$$

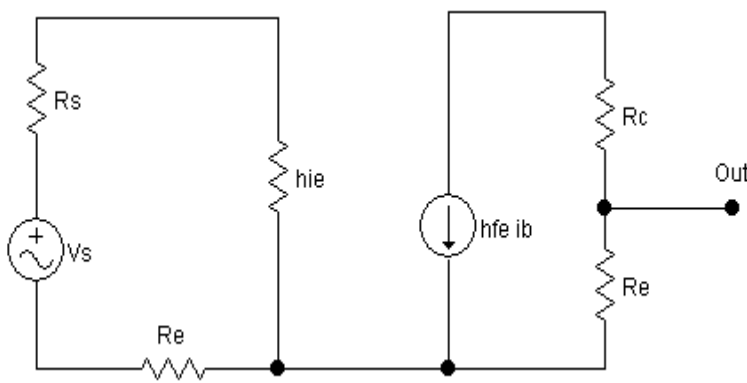
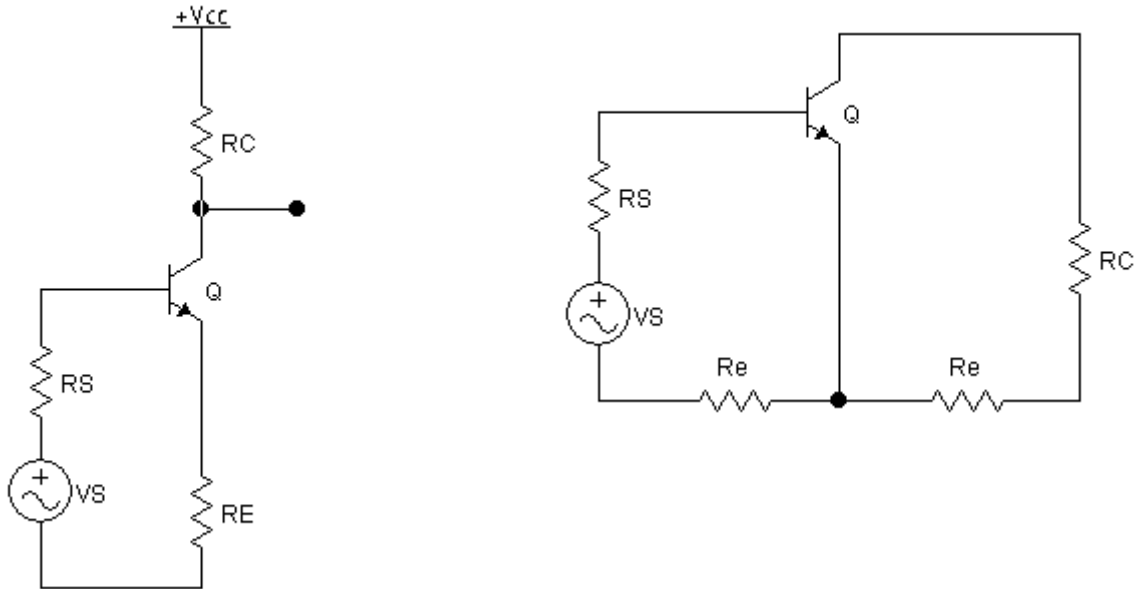
$$R_{Mf} = \frac{-h_{fe}(R_f // R_c) h_{ie} R_f}{(h_{ie} + R_f) R_f - h_{fe}(R_f // R_c) h_{ie}}$$

$$R_i = R_f // h_{ie}$$

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta R_M}$$

$$R_{if} = \frac{R_f // h_{ie}}{1 + \frac{h_{fe}(R_f // R_c)}{R_f (h_{ie} + R_f)}} = \frac{(R_f // h_{ie})(h_{ie} + R_e)R_f}{R_f (h_{ie} + R_f) - h_{fe}(R_f // R_c)}$$

Umpan Balik Arus Seri



$$A = GM = \frac{i_l}{V_s} = \frac{-h_{fe} i_b}{(R_s + h_{ie} + R_e) i_b}$$

$$GM = \frac{-h_{fe}}{(R_s + h_{ie} + R_e)}$$

Rangkaian ekuivalent Gambar 11

$$\beta = \frac{V_f}{i_l} = -R_e$$

$$GM_f = \frac{GM}{1 + \beta GM} = \frac{\frac{-h_{fe}}{R_s + h_{ie} + R_e}}{1 + (-R_e) \frac{-h_{fe}}{R_s + h_{ie} + R_e}} = \frac{-h_{fe}}{R_s + h_{ie} + (1 + h_{fe})R_e}$$

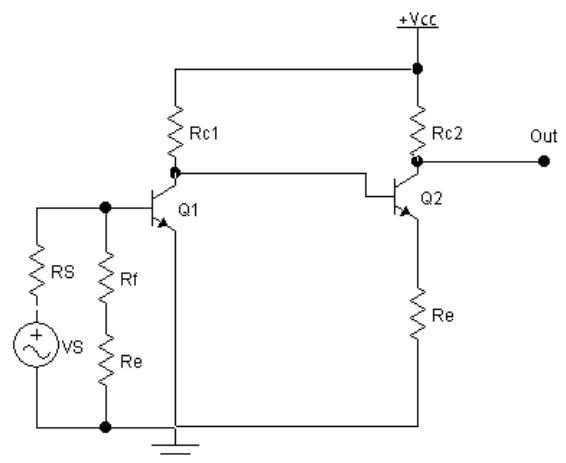
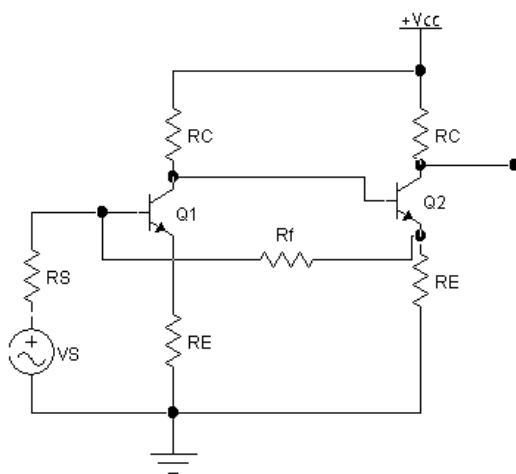
$$R_i = R_s + h_{ie} + R_e$$

$$R_{if} = R_i(1 + \beta GM)$$

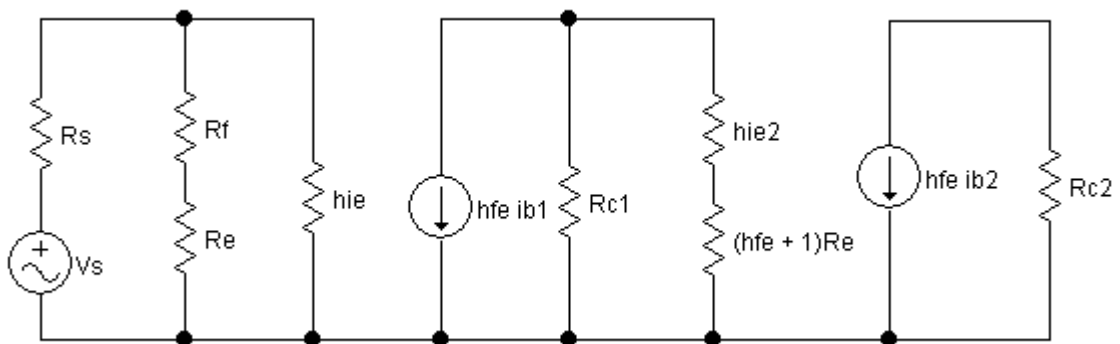
$$= (R_s + h_{ie} + R_e) \times \frac{R_s + h_{ie} + R_e + R_{ehfe}}{R_s + h_{ie} + R_e} = R_s + h_{ie} + (1 + h_{fe})R_e$$

$$R_{of} =$$

Umpan Balik Arus Paralel



Penguatan tanpa umpan balik



$$A = A_I = \frac{i_L}{I_s}$$

$$i_L = h_{fe} i_{b2}$$

$$i_{b2} = \frac{R_{c1}}{R_{c1} + h_{ie2} + (h_{fe} + 1)R_e} h_{fe} i_{b1}$$

$$I_{b1} = \frac{R_f + R_e}{h_{ie} + R_f + R_e} i_s$$

$$A_I = \frac{h_{fe} R_{c1}}{R_{c1} + h_{ie2} + (h_{fe} + 1)R_e} h_{fe} \times \frac{R_f + R_e}{h_{ie} + R_f + R_e}$$

$$\beta = \frac{R_e}{R_e + R_f}$$

$$A_{If} = \frac{\frac{h_{fe} R_{c1} h_{fe}(R_f + R_e)}{\{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)}}{1 + \frac{R_e h_{fe} R_{c1} h_{fe}(R_f + R_e)}{(R_e + R_f) \{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)}}$$

$$A_{If} = \frac{h_{fe} R_{c1} h_{fe}(R_f + R_e)}{\{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e) + h_{fe} R_e R_{c1} h_{fe}}$$

$$R_i = (R_e + R_f) / h_{ie}$$

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta A_I}$$

$$= \frac{(R_e + R_f) / h_{ie}}{1 + \frac{R_e h_{fe} R_{c1} h_{fe}(R_f + R_e)}{(R_e + R_f) \{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)}}$$

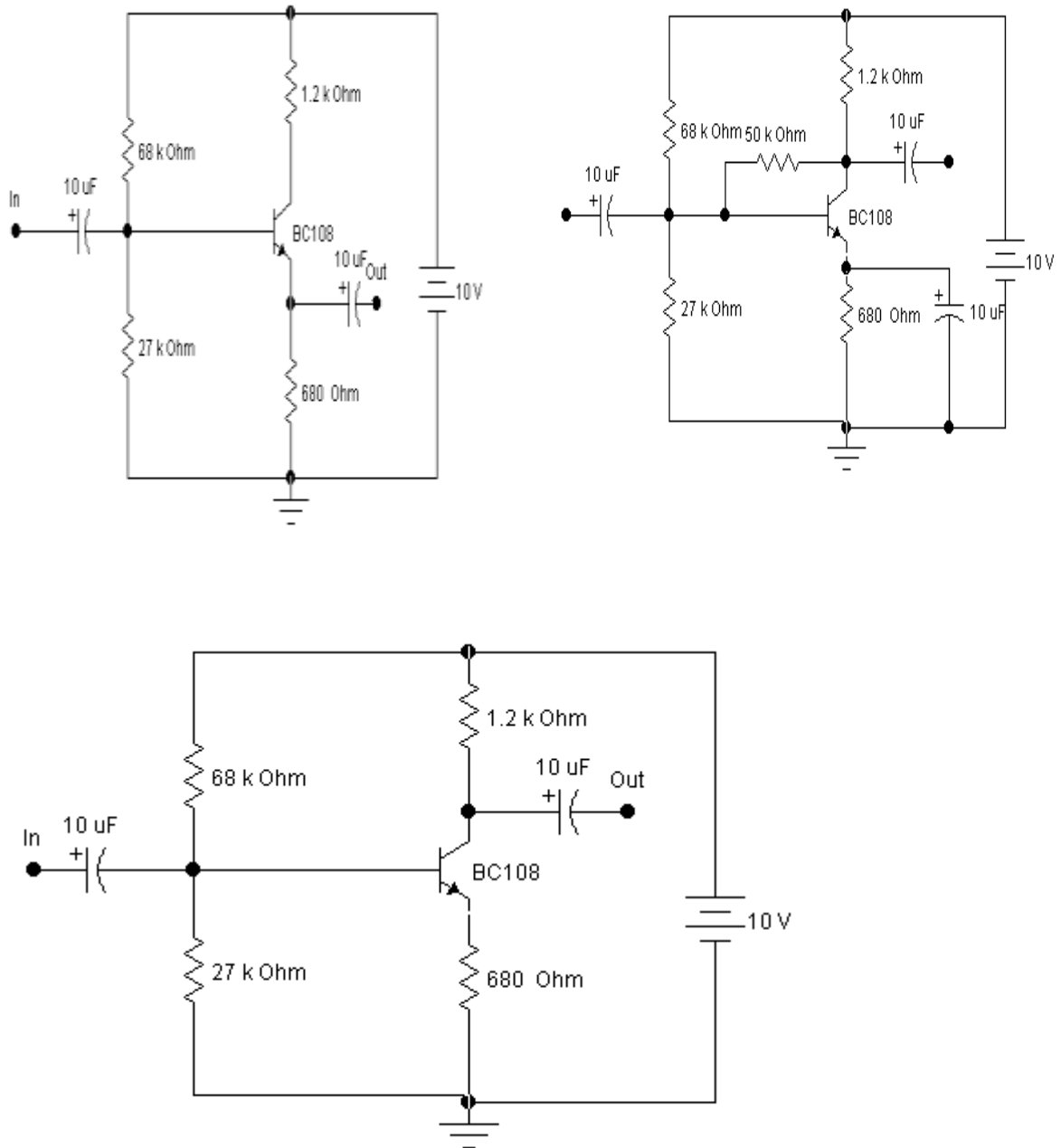
$$= \frac{(R_e + R_f) / h_{ie} [(R_e + R_f) \{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)]}{R_e h_{fe} R_{c1} h_{fe}(R_f + R_e) + (R_e + R_f) \{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)}$$

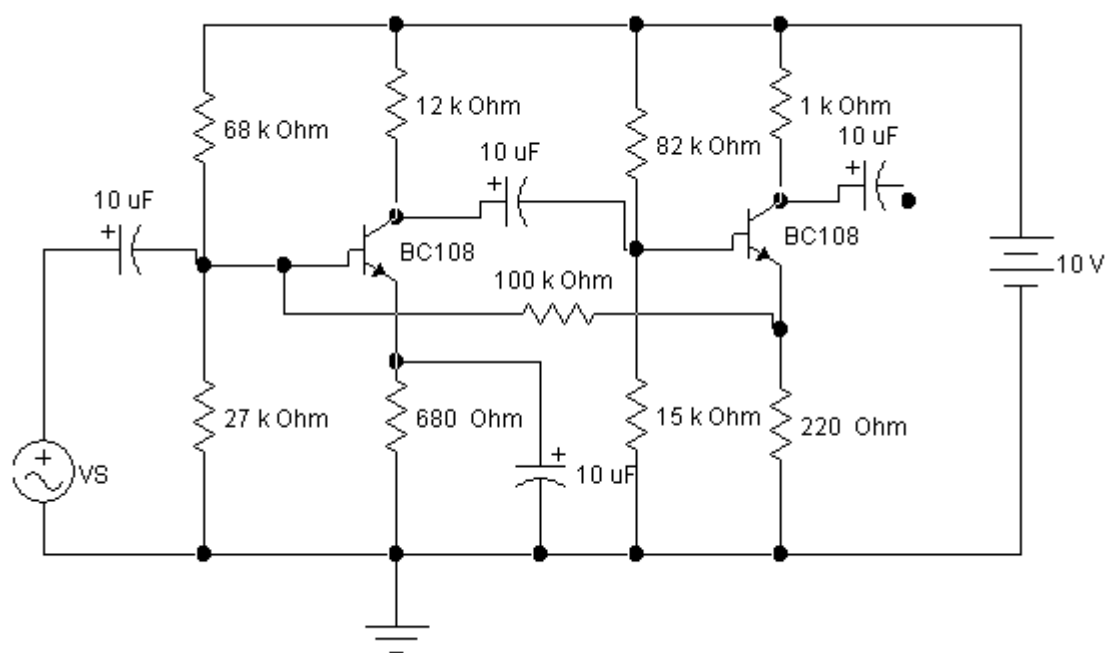
$$R_{if} = \frac{[(R_e + R_f) / h_{ie}] \{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)}{R_e h_{fe} R_{c1} h_{fe} + \{R_{c1} + h_{ie2} + (1 + h_{fe})R_e\}(h_{ie} + R_f + R_e)}$$

$$R_{of} =$$

### Tugas

1. Tentukan penguatan, impedansi input, impedansi output dari rangkaian sebagai berikut











## **PETUNJUK UMUM**

### **KOMPETENSI**

1. Mendeskripsikan pengertian respon frekuensi
2. Mendeskripsikan frekuensi low cut off frequency
3. Mendeskripsikan high cut off frequency

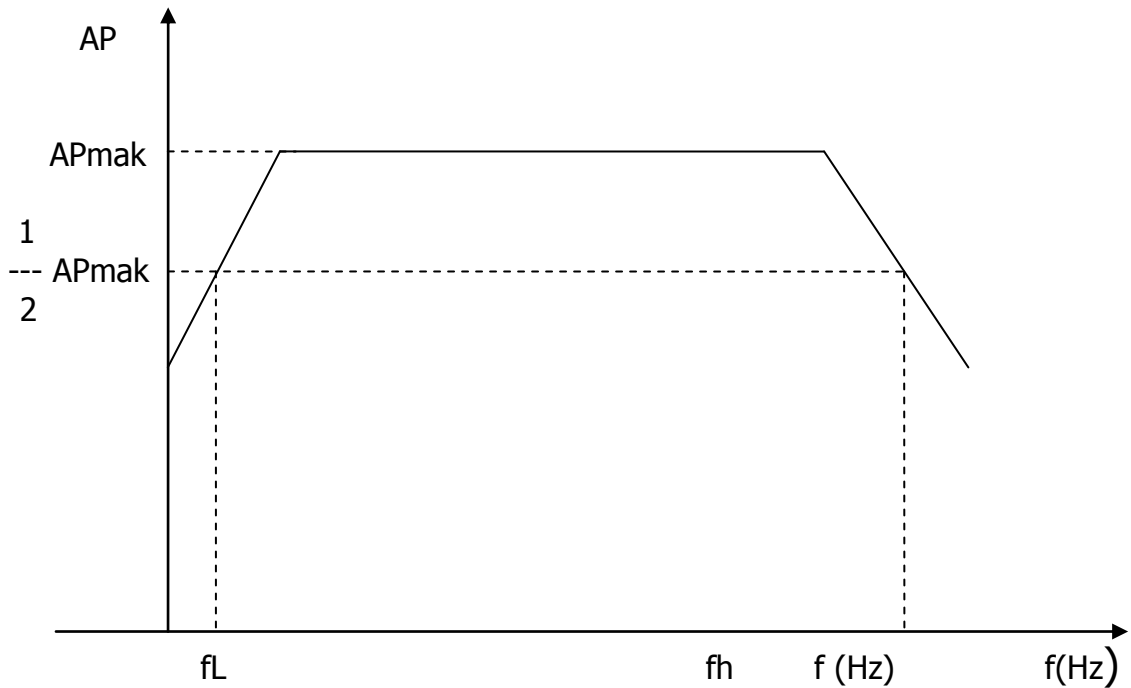
### **PETUNJUK MENGGUNAKAN MODUL**

1. Pelajari lembar informasi
2. Diskusi dan mengerjakan tugas untuk mendalami materi modul
3. Merancang praktik
4. Evaluasi

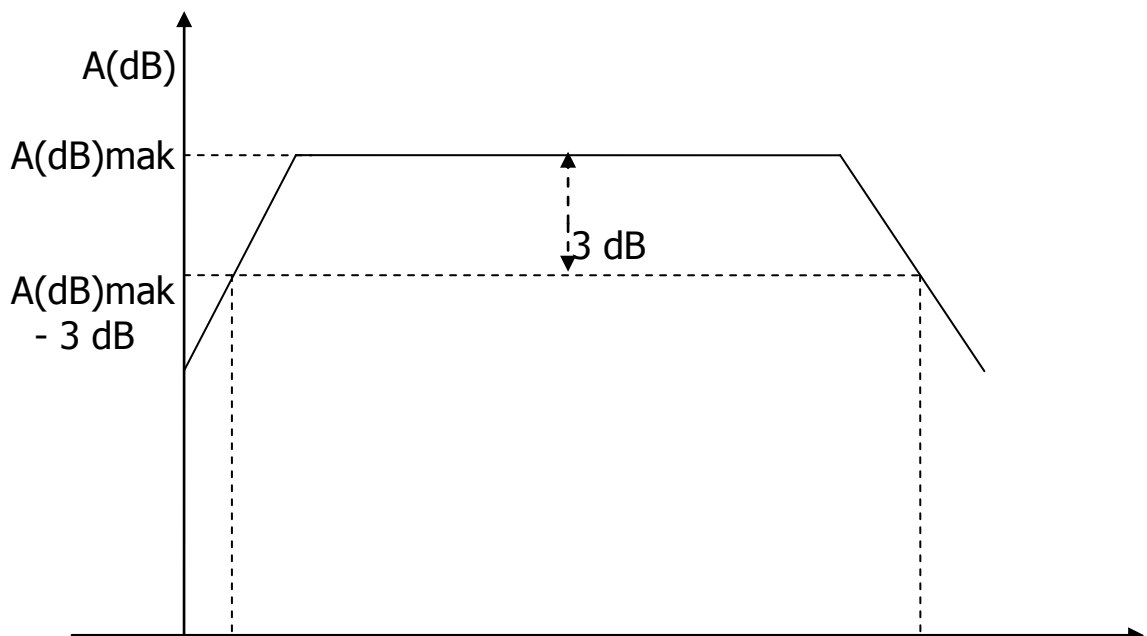
## RESPON FREKUENSI PENGUAT

Adalah tanggapan penguat terhadap frekuensi signal input

Penguat menguatkan signal-signal pada daerah frekuensi yang dibatasi oleh frekuensi rendah ( $f_l$ ) frekuensi tinggi ( $f_h$ )

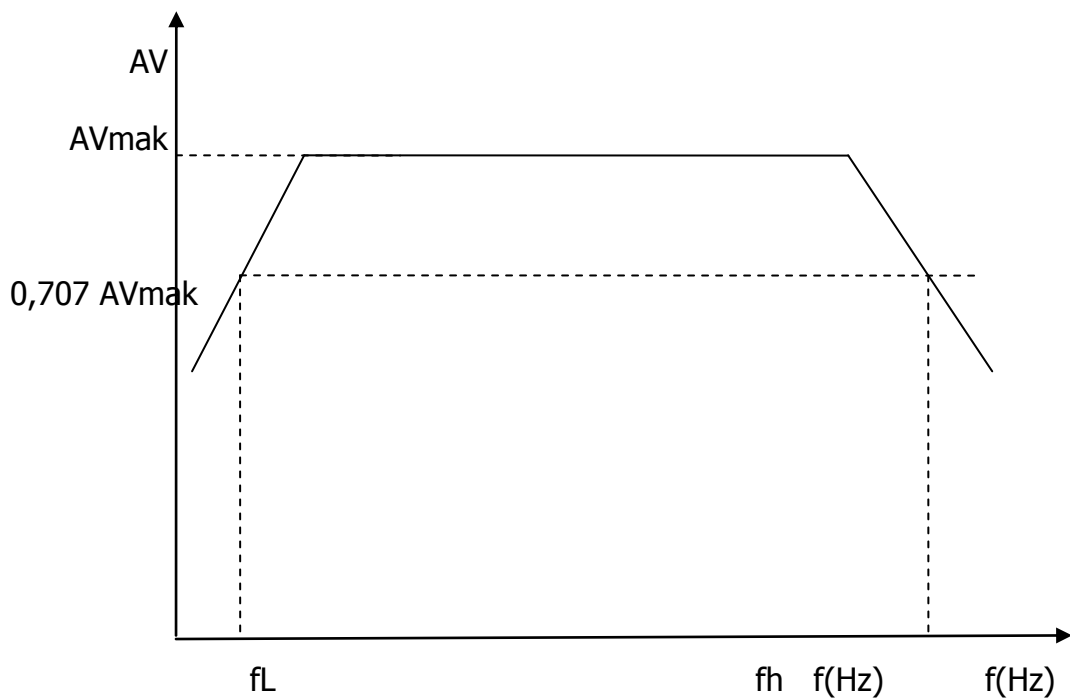


$$\begin{aligned} \frac{AP_{mak}}{2} \text{ (dB)} &= 10 \log AP_{mak} - 10 \log 2 \\ &= AP_{mak} \text{ (dB)} - 3 \text{ dB} \end{aligned}$$

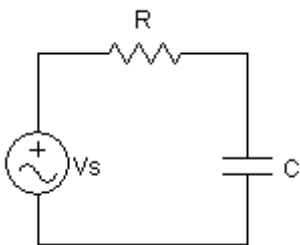


$$\frac{AP_{\text{mak}}}{2} = \frac{V_o^2/R_o}{2 V_i^2/R_i} = \frac{V_o^2}{2V_i^2}$$

$$= \frac{AV}{\sqrt{2}} = 0,707 AV$$



### Rangkaian RC



$$V_C = \frac{1}{j\omega C + R} V_S$$

$$V_C = \frac{1}{1 + j\omega CR} V_S$$

$$A_v = \frac{V_c}{V_s} = \frac{1}{1 + j\omega CR} = \frac{1}{1 + j2\pi fCR}$$

Dari persamaan di atas apabila  $f = \frac{1}{2\pi RC}$  maka  $A_v = \frac{1}{\sqrt{2}}$

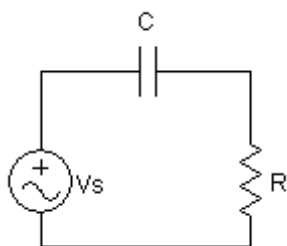
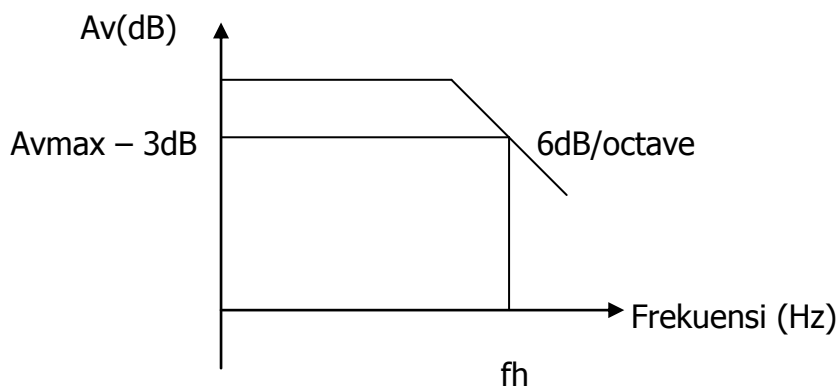
Frekuensi  $f = \frac{1}{2\pi RC}$  disebut high cut off frekuensi ( $f_h$ )

Pada frekuensi  $f_l$   $A_v(\text{dB}) = 20 \log 1 - 20 \log \frac{1}{\sqrt{2}} = -3\text{dB}$ . Dengan kata lain penguatannya turun 3 dB dari penguatan maksimal.

Apabila frekuensi  $f = 2f_h$  maka  $A_v = \frac{1}{\sqrt{3}}$

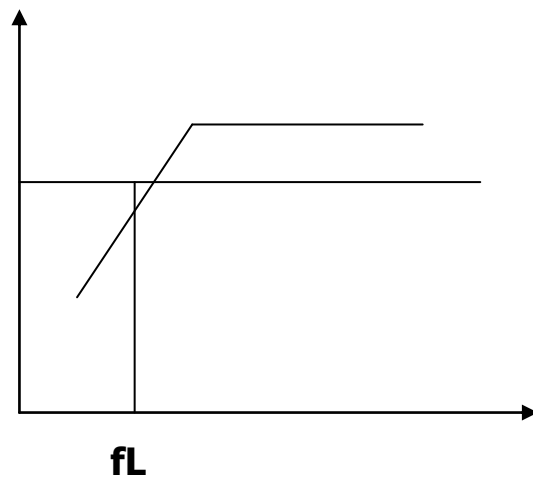
$A_v(\text{dB})$  pada frekuensi  $2f_l$  :  $20 \log 1 - 20 \log \frac{1}{\sqrt{3}} = -6\text{dB}$

Jadi kemiringan respon frekuensi adalah 6dB/octave. Satu octave adalah perbandingan frekuensi 1 berbanding 2



**Dengan analisis yang sama didapat**

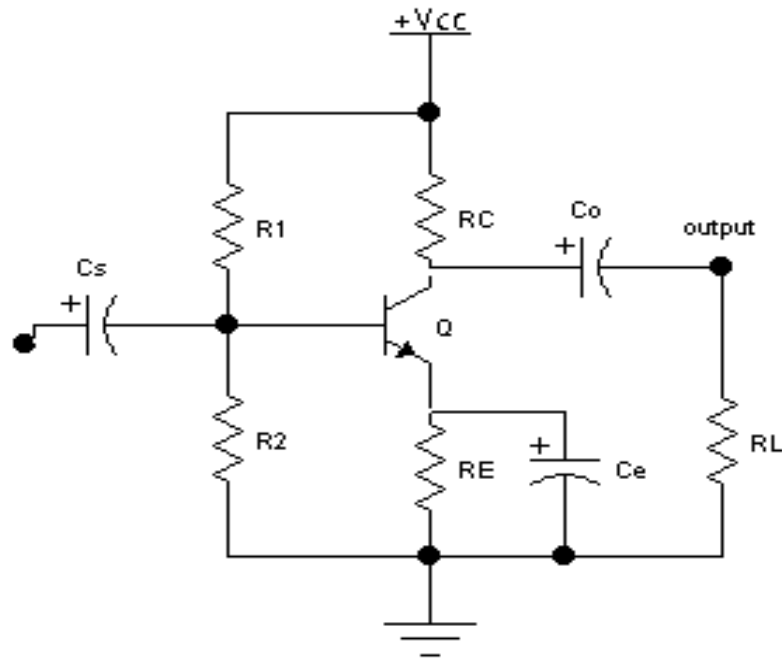
$$F_h = \frac{1}{2\pi RC}$$



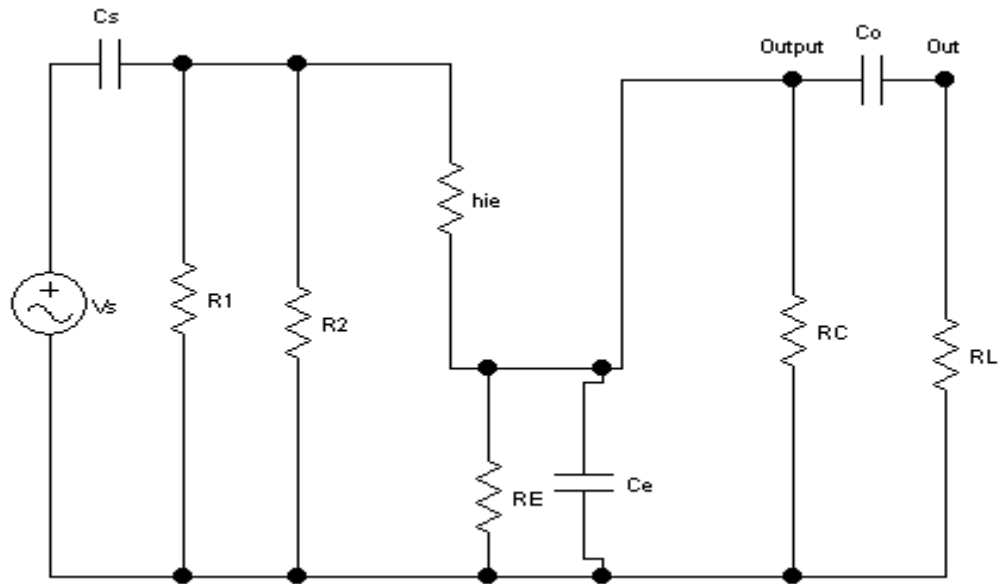
## ANALISIS RESPON PENGUAT TRANSISTOR

### A. Analisis Frekuensi Rendah

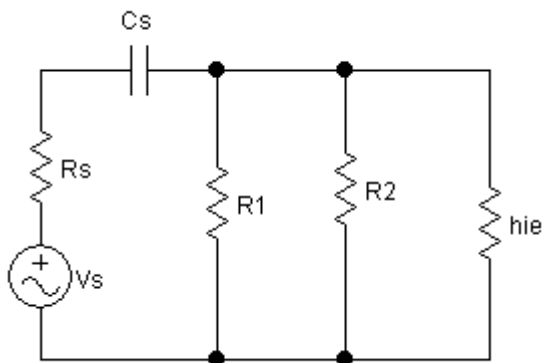
Semua kapasitor diuar transistor menentukan respon frekuensi pada frekuensi rendah



Rangkaian ekuivalent

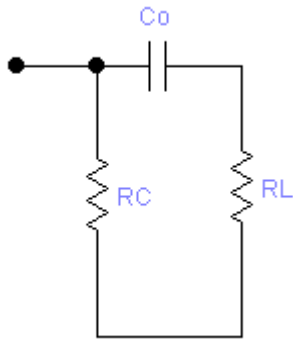


Pengaruh Cs



$$f_{LCS} = \frac{1}{2\pi (R_s // R_1 // R_2 // h_{ie}) C_s}$$

Pengaruh Co



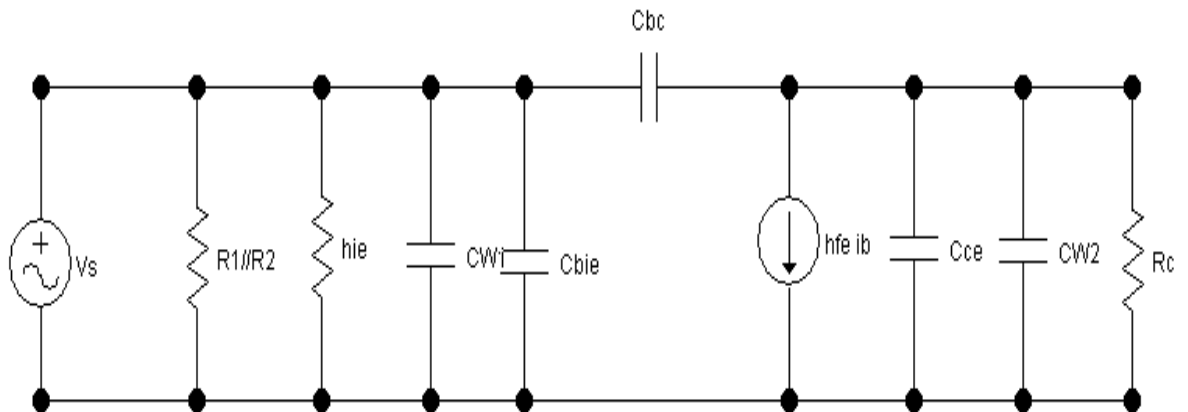
$$f_{co} = \frac{1}{2\pi (R_c + R_L)}$$

### Pengaruh Ce

	$f_{ce} = \frac{1}{(2\pi R_{s'} // R_e) C_e}$ $R_{s'} = \left( \frac{h_{ie}}{h_{fe}} \right) // \left( \frac{R_1 // R_2 // R_s}{h_{fe}} \right)$
--	--

Low cut off frequency  $f_l$  diambil harga yang tertinggi

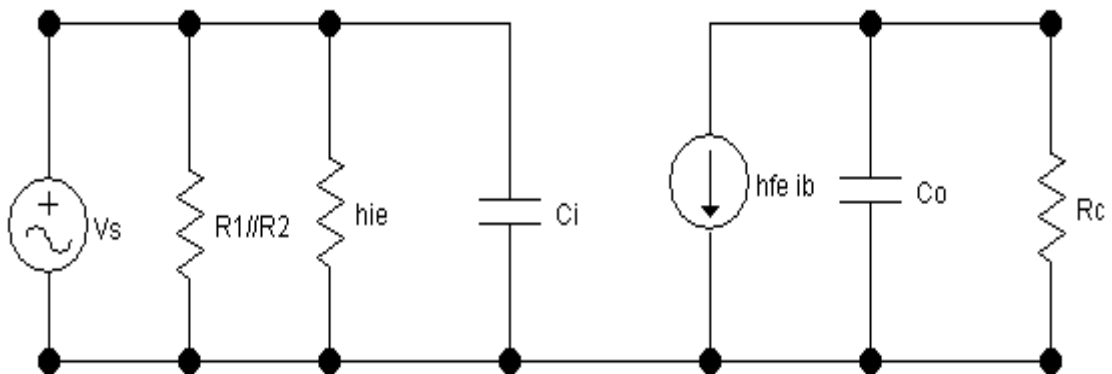
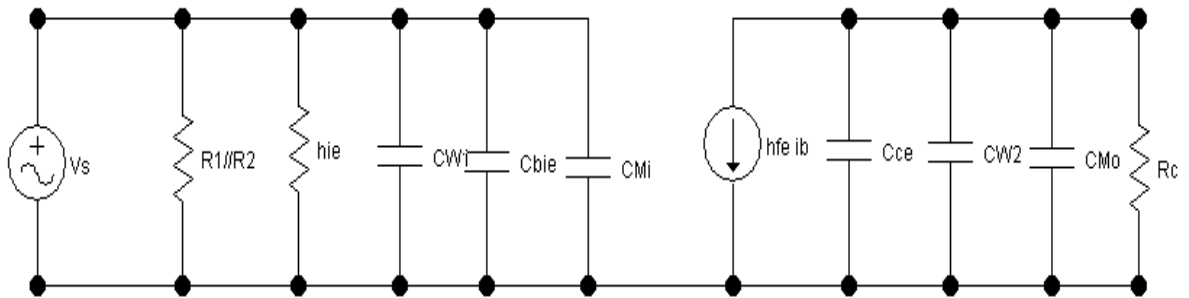
### B. Analisis Frekuensi Tinggi



$$C_{Mi} = (1 - AV)C_{ce} \quad C_{Mo} = (1 - 1/AV)C_{ce}$$



$$AV = \frac{-hfe R_c}{hie}$$



$$C_i = C_{wi} + C_{be} + C_{Mi}$$

$$C_o = C_{ce} C_{W2} + C_{Mo}$$

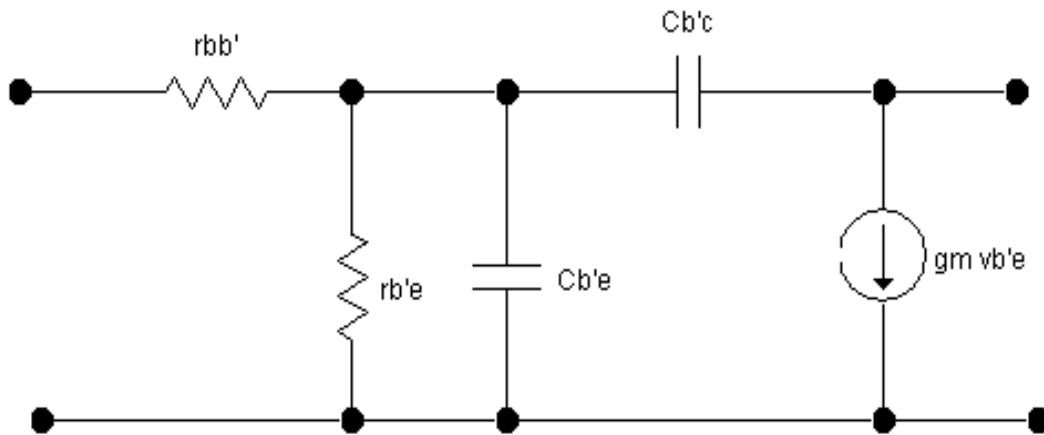
$$f_{hi} = \frac{1}{2\pi(R1//R2//hie)C_i}$$

$$f_{ho} = \frac{1}{2\pi C_o R_c}$$

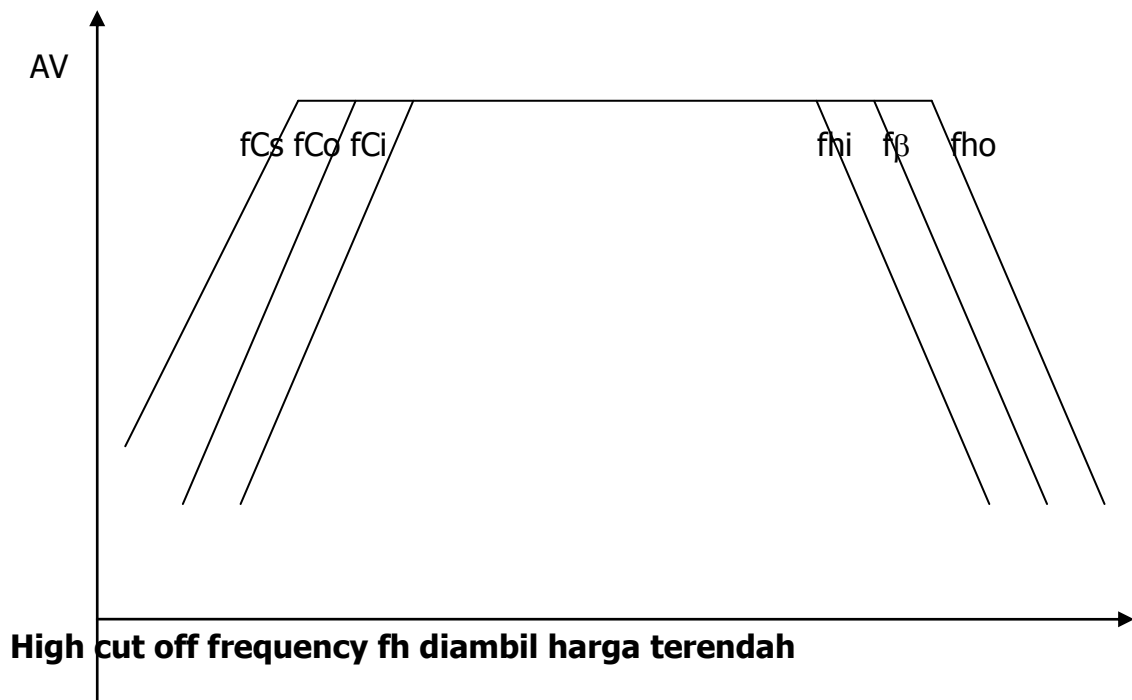
### Short circuit Current Gain

Harga  $hfe$  bervariasi menurut frekuensi seperti dilukainya dengan persamaan sebagai berikut.

$$hfe = \frac{hfe_{mid}}{1 + jf/f\beta} \quad f_T = hfe_{mid} \times f\beta \quad f\beta = \frac{1}{2\pi hfe_{mid} r_e (C_{be} + C_{bc})}$$



Pada frekuensi  $f = h_{fe} \text{ mid} \times f_{\beta}$ ,  $h_{fe} = 1$ . Frekuensi pada saat ini disebut gain bandwidth product yang dinyatakan dengan  $f_T$ . Harga  $f_T$  ini biasanya dicantumkan pada buku manual. Diharapkan besarnya variasi  $h_{fe}$  tidak mempengaruhi high cut off frequency ( $f_h$ ).



Tugas :  
Hitung  $f_L$  dan  $f_H$  penguat satu tingkat dari unit praktik topik respon frekuensi

Transistor BC 108

$$h_{fe} = 125$$

$$V_T = 26 \text{ mV}$$

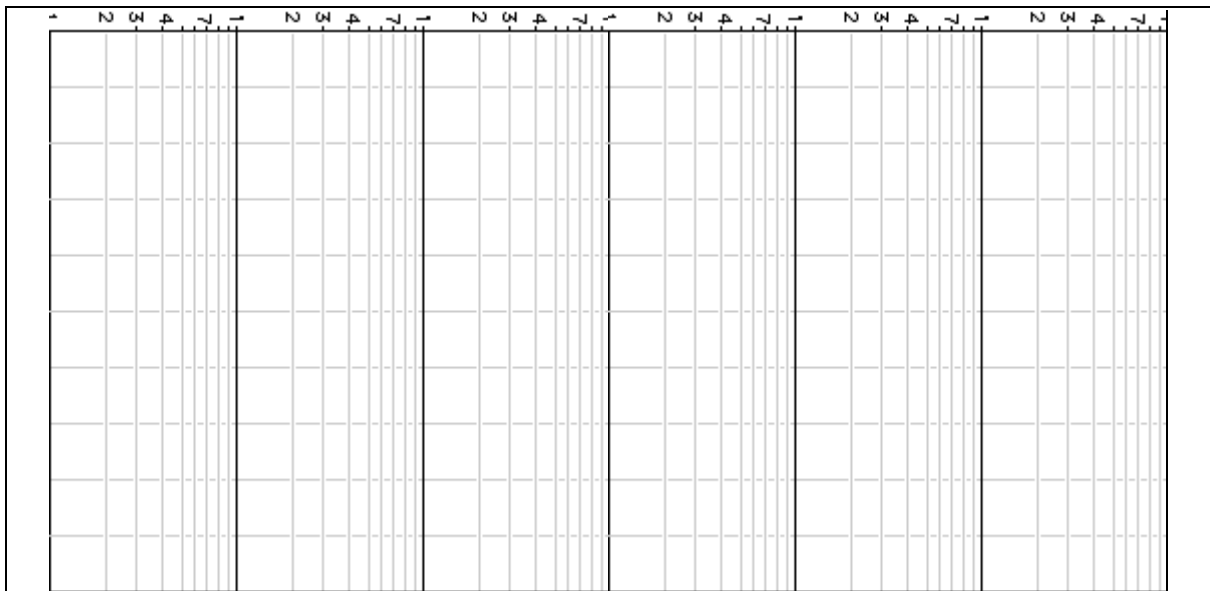
$$h_{ie} = \frac{V_T}{I_{EQ}} \times h_{fe}$$

$$f_T = 300 \text{ MHz}$$

$$C_{bc} = 4,5 \text{ pf}$$

$$C_{wi} = 4 \text{ pf}$$

$$C_{W2} = 8 \text{ pf}$$



## REGULATED POWER SUPPLY (RPS)

Sumber tegangan DC yang didapat dari penyearahan dan filter listrik rumah tegangannya masih belum stabil apabila ada fluktuasi beban dan fluktuasi tegangan sumber. Secara matematik dapat dilukiskan sebagai berikut

$$V_o = f(V_i, I_L, T)$$

$$dV_o = \left[ \frac{\delta V_o}{\delta V_i} \bigg|_{\substack{I_L = c \\ T = c}} \right] dV_i + \left[ \frac{\delta V_o}{\delta I_L} \bigg|_{\substack{V_i = c \\ T = c}} \right] dI_L + \left[ \frac{\delta V_o}{\delta T} \bigg|_{\substack{V_i = c \\ I_L = c}} \right] dT$$

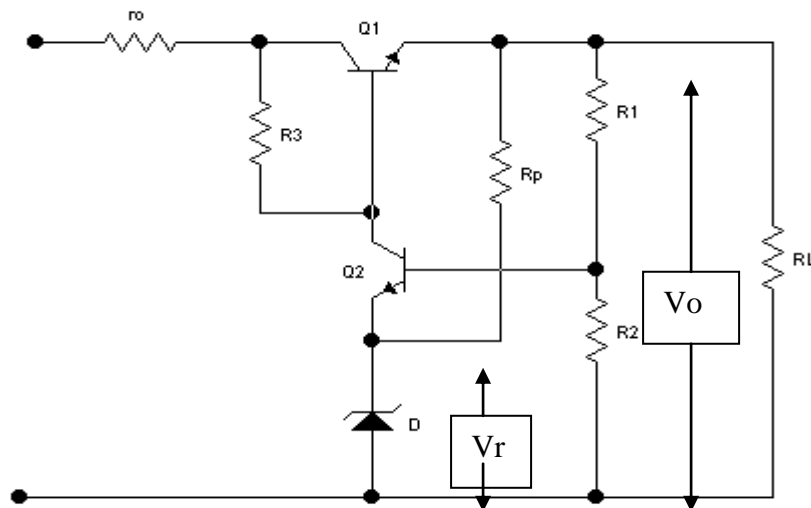
$$dV_o = \frac{\delta V_o}{\delta V_i} \bigg|_{\substack{I_L = c \\ T = c}} = S_v \quad \frac{\delta V_o}{\delta I_L} \bigg|_{\substack{V_i = c \\ T = c}} = R_o \quad \frac{\delta V_o}{\delta T} \bigg|_{\substack{V_i = c \\ I_L = c}} = S_t$$

$S_v$  = faktor regulasi input

$R_o$  = faktor regulasi beban

$S_t$  = faktor regulasi temperatur

Salah satu bentuk rangkaian pensabil tegangan adalah seperti gambar dibawah



Dari gambar di atas didapat persamaan

$$V_o = V_r + V_{BE} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_o = (V_r + V_{BE}) \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

$$V_o = \frac{(V_r + V_{BE})}{\beta}$$

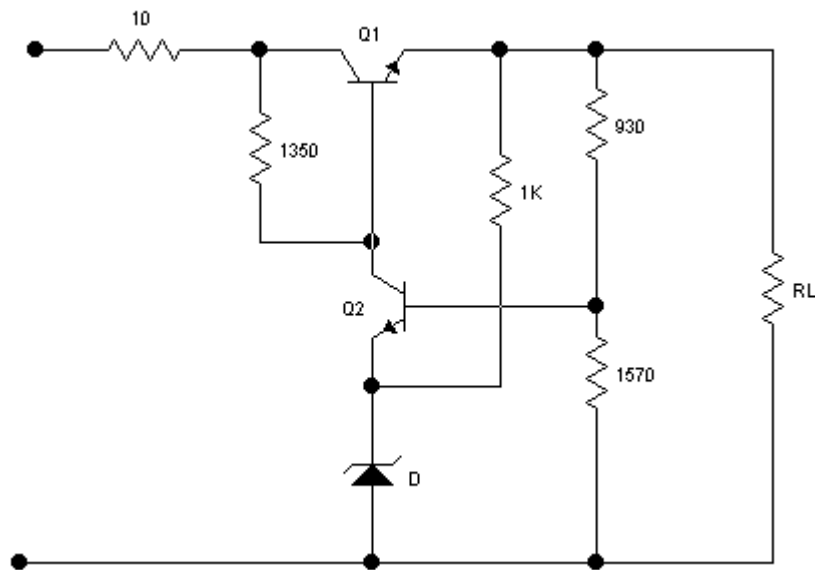
$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$G_m = h_{fe2} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1}{(R_1 // R_2) + h_{ie} + (1 + h_{fe})R_z}$$

$$S_v = \frac{1}{G_m R_3}$$

$$R_o = \frac{R_o + (R_3 + h_{ie1}) / (1 + h_{fe1})}{1 + G_m(R_3 + r_o)}$$

Contoh  
Penstabil tegangan seperti gambar



$$h_{fe1} = 100$$

$$h_{ie1} = 20 \text{ ohm}$$

$$V_i = 50 \pm 5V$$

$$h_{fe2} = 200$$

$$h_{ie2} = 800 \text{ ohm}$$

$$R_z = 12 \text{ ohm}$$

$$G_m = 200 \frac{1570}{930 + 1570} \frac{1}{(930//1570) + 20 + (1 + 200)12}$$

# OSILATOR

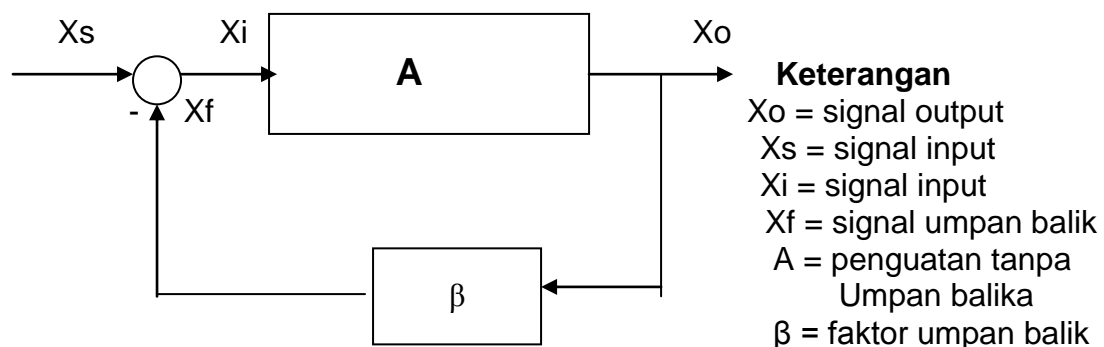
## A. Pendahuluan

Dalam berbagai sistem elektronika dalam bekerjanya memerlukan signal. Seperti signal generator untuk eksperimen, signal untuk membangkitkan suara, signal untuk pengendalian.

## B. Pengertian Osilator

Osilator adalah suatu rangkaian yang membangkitkan signal. Dasar rangkaian osilator dapat dilukiskan sebagai berikut. Dilihat dari signal yang dibangkitkan oleh osilator, osilator ada dua macam yaitu osilator sinus dan osilator non sinus.

Untuk membangkitkan signal sinus ada dua macam yaitu osilator LC yang membangkitkan signal frekuensi tinggi, dan osilator RC adalah osilator yang membangkitkan signal frekuensi rendah.

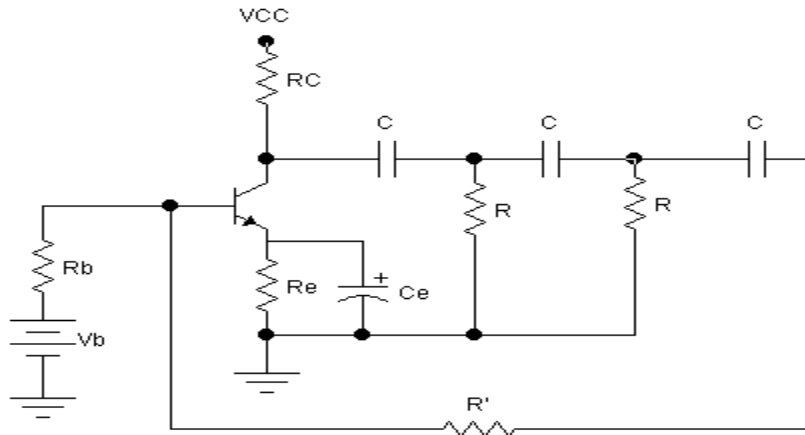


Gambar 1.

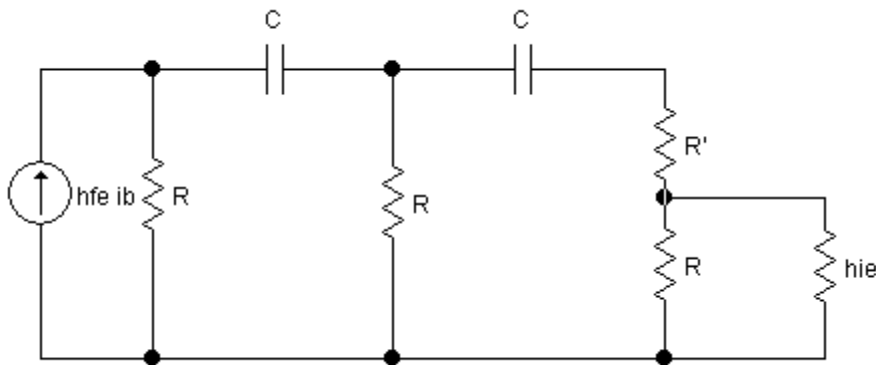
Rangkaian umpan balik akan menjadi osilator apabila  $1 + \beta A = 0$ . Apabila  $1 + \beta A < 0$  maka  $\beta A = -1$

## C. Macam-macam Osilator

# 1. Osilator Phase Shift



Rangkaian ekuivalent



$$\beta A = \frac{ib}{ib'} = 1 < 0$$

$$\frac{1}{\omega^2 R R_c C^2} = 4 + 6 \frac{R}{R_c}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \frac{1}{\sqrt{6 + 4(R_c/R)}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \frac{1}{\sqrt{6 + 4(R_c/R)}}$$



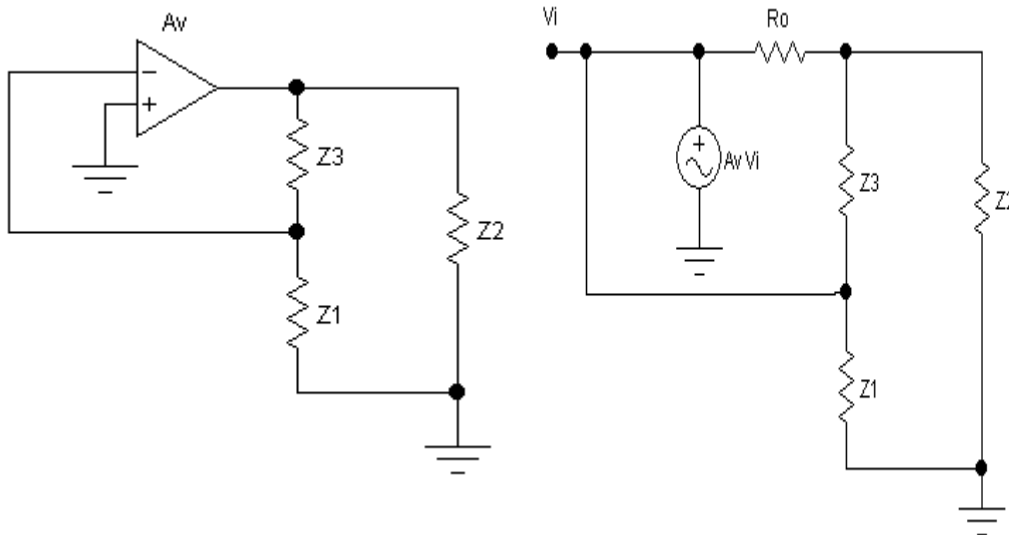
Persyaratan osilasi

$$h_{fe} = 3 + \frac{R}{R_c} \frac{4 + 6 R/R_c}{R/R_c} - 5 \left| 4 + 6 \frac{R}{R_c} \right|$$

$$\frac{R}{R_c} = \left| \frac{h_{fe} - 23}{58} \right| + \sqrt{\left| \frac{h_{fe} - 23}{58} \right| - 4/29}$$

$$h_{fe} > 44,6$$

## 2. Osilator Colpitt dan Hartlay



$$A_V = - A_v \frac{Z_1}{Z_1 + R_o}$$

$$Z_1 = Z_2 // (Z_1 + Z_3)$$

$$\beta = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_3}$$

$$\beta A = \frac{- A_v Z_1 Z_2}{R_o(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2(Z_1 + Z_3)}$$

$$Z_1 = jX_1; \quad Z_2 = jX_2; \quad Z_3 = jX_3$$

$$-\beta A = \frac{A_v X_1 X_2}{jR_o (X_1 + X_2 + X_3) - X_2(X_1 + X_3)}$$

$$= 1 < 0$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 0$$

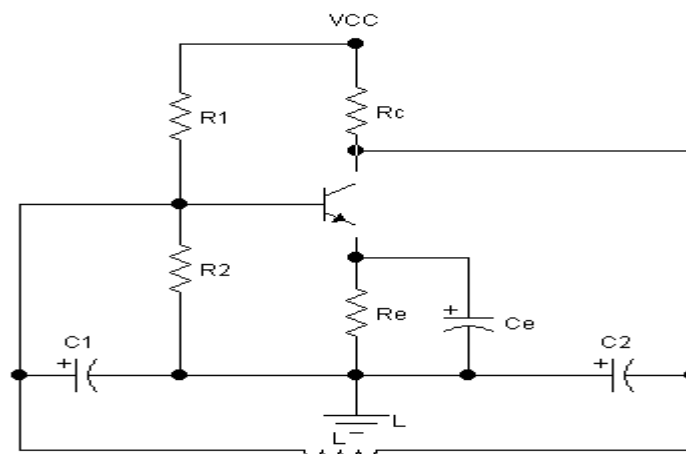
$$-\beta A = \frac{A_v X_1 X_2}{-X_2(X_1 + X_3)} = \frac{A_v X_1}{-(X_1 + X_3)}$$

$$= 1 < 0$$

$$-\beta A = \frac{A_v X_1 X_2}{-X_2(X_1 + X_2)} = \frac{A_v X_1}{X_2}$$

X1 dan X2 harus bertanda sama, artinya bila X1 kapasitor maka X2 juga kapasitor dan bila X1 induktor maka X2 juga induktor. Bila X1 dan X2 kapasitor maka osilatornya dinamakan osilator Colpitt. Bila X1 dan X2 induktor maka osilatornya dinamakan osilator Hartley.

Osilator Colpitt



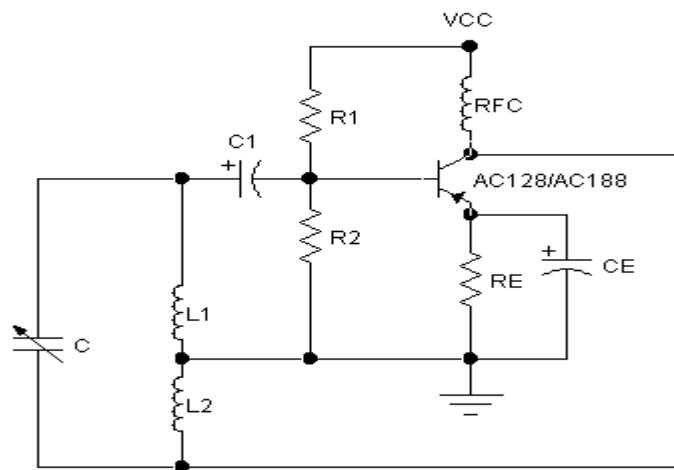
$$-\beta A = \frac{\begin{bmatrix} 1 \\ \omega C_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \omega C_2 \end{bmatrix}}{j\omega R_o \left[ \frac{-1}{\omega C_1} + \frac{-1}{\omega C_2} + \omega L \right] - \begin{bmatrix} 1 \\ \omega C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \omega C_1 \end{bmatrix} + \omega L} \quad \left\langle \begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix} \right.$$

$$\frac{-1}{\omega C1} + \frac{-1}{\omega C2} = -\omega L$$

$$\omega L = \frac{C1 + C2}{\omega C1 \omega C2} \quad \omega \omega = \frac{C1 + C2}{L C1 C2}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C1 C2}{C1 + C2}}}$$

Osilator Hartley



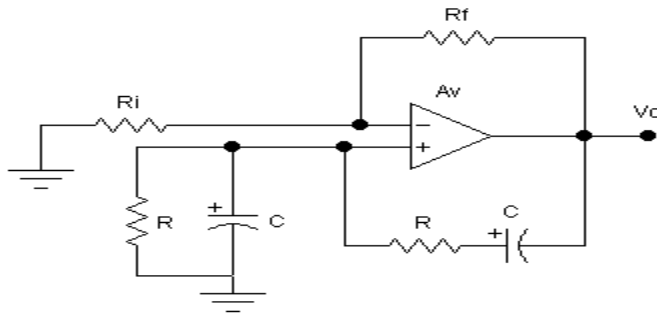
$$-\beta A = \frac{A_v \omega L1 \omega L2}{j\omega R_o \left[ \omega L1 + \omega L2 - \frac{1}{\omega C} \right] \omega L2 \left[ \omega L1 - \frac{1}{\omega C} \right]}$$

$$\omega L1 + \omega L2 - \frac{1}{\omega C} = 0$$

$$\omega \omega = \frac{1}{\sqrt{(L1 + L2)/C}}$$

$$\omega \omega = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L1 + L2)/C}}$$

### 3. Osilator Wien Bridge



$$\beta A = \left( \begin{array}{c} \frac{R}{1 + j\omega RC} \\ \frac{R}{1 + j\omega RC} - R + \frac{1}{j\omega C} \end{array} \right) \frac{R_i}{R_i + R_f} \quad A_o = 1 \angle 0$$

$$\frac{j\omega}{R_i + R_f + A_o R_i} \frac{A_o}{RC} = \frac{j\omega}{RC} + \left( 1 + \frac{j\omega}{RC} \right)^2$$

$$1 - \left( \frac{\omega}{RC} \right) + j \frac{\omega}{RC} \left( 3 - \frac{A_o(R_i + R_f)}{R_i + R_f + A_o R_i} \right)$$

Frekuensi osilasi  $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$

Persyaratan osilasi

$$3 = \frac{A_o(R_i + R_f)}{R_i + R_f + A_o R_i}$$

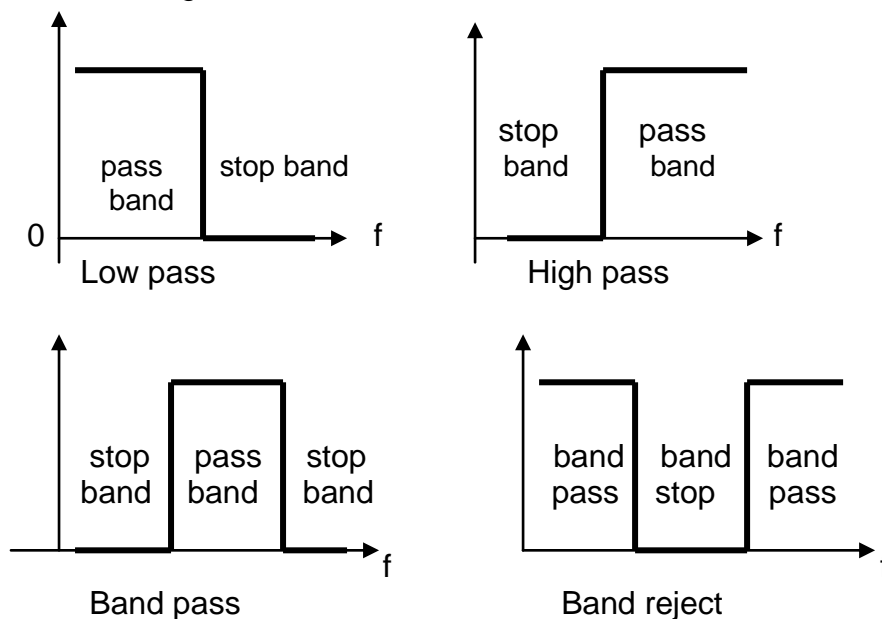
$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{2 A_o + 3}{A_o - 3}$$

$$A_o \gg \frac{R_f}{R_i} = 2$$

## FILTER AKTIF

### A. Pendahuluan

Filter adalah rangkaian yang melakukan signal pada daerah frekuensi tertentu. Daerah frekuensi yang dapat melewati signal disebut pass band, dan daerah yang tidak dapat melewati signal disebut daerah stop band. Dengan melihat daerah yang melewati signal, ada beberapa macam filter yaitu band pass filter, low pass filter, high pass filter dan band reject filter. Filter yang hanya melewati signal pada daerah frekuensi bawah disebut low pass filter. Filter yang hanya melewati signal pada daerah frekuensi tinggi disebut high pass filter. Filter yang melewati signal pada frekuensi tengah disebut band pass filter. Filter yang hanya tidak melewati signal pada daerah frekuensi tengah disebut band reject filter. Filter ideal mempunyai karakteristik sebagai berikut.



Gambar 1

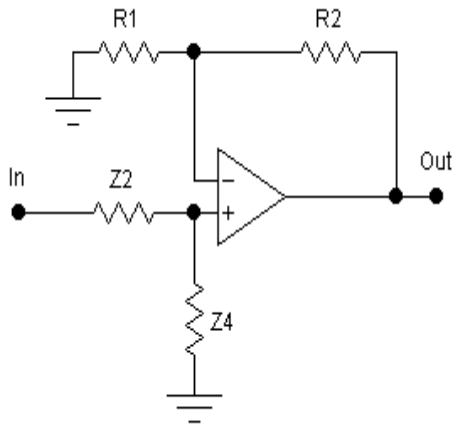
### B. Filter Butterworth

Pada filter ideal batas antara daerah pass band dan stop band sangat tajam. Filter yang yang dipakai filter orde 1, orde 2, orde 3, sampai orde n. Filter orde 1 grafik kemiringan antara daerah pass band dan stop band 6 dB/octave, filter orde 2 kemiringannya 12 dB/octave, dan filter orde 3 kemiringannya 18 dB/octave

Salah satu filter aktif yang banyak digunakan adalah filter Butterworth

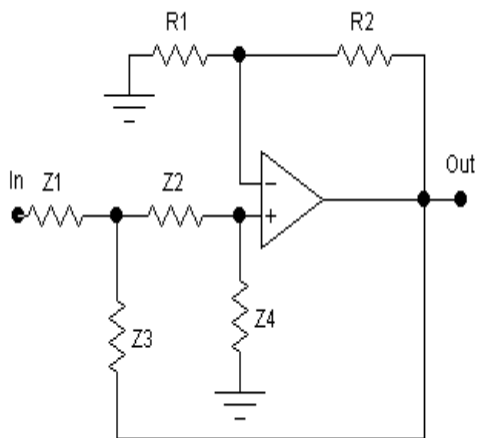
Persamaan filter Butterworth orde 1

$$\frac{AV(s)}{A_{vo}} = \frac{1}{\frac{S}{\omega_0} + 1} \dots\dots\dots 1)$$



Persaam filter Butterworth orde 2

$$\frac{AV(s)}{A_{vo}} = \frac{1}{\left[ \frac{S}{\omega_0} \right]^2 + 2k \left[ \frac{S}{\omega_0} \right] + 1} \dots\dots\dots 2)$$



$$AV(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A_{vo} Z_3 Z_4}{Z_3(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1 Z_2 + Z_1 Z_4(1 - A_{vo})} \dots\dots\dots 3)$$

Apabila Z1 dan Z2 resistan, Z3 dan Z4 kapasitor maka rangkaian menjadi low pass filter. Apabila Z1 dan Z2 kapasitor, Z3 dan Z4 resistan maka rangkaian menjadi high pass filter.

Dari persamaan 2 didapat persamaan

$$A_{vs} = \frac{V_o}{V_s} = A_{Vo} \frac{\left[ \frac{1}{RC} \right]^2}{S^2 + \left[ \frac{3 - A_{Vo}}{RC} \right] S + \left[ \frac{1}{RC} \right]^2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Untuk merancang filter orde lebih tinggi digunakan tabel berikut ini.

n	Faktor Polinomial
1	(S + 1)
2	(S <sup>2</sup> + 1,414S + 1)
3	(S + 1)(S <sup>2</sup> + S + 1)
4	(S <sup>2</sup> + 0,765S + 1)(S <sup>2</sup> + 1,848S + 1)
5	(S + 1)(S <sup>2</sup> + 0,618S + 1)(S <sup>2</sup> + 1,618S + 1)

### 3. Band pass filter

Band pass filter dibentuk dari low pass filter yang diseri dengan high pass filter. Sedangkan band reject filter dibentuk dari high pass filter paralel dengan low pass filter/.