

2.3 Teori Pendukung

Dalam merancang sebuah rangkaian penguat IF banyak faktor karakteristik komponen yang perlu diperhatikan seperti komponen pasif, komponen aktif, jenis penguat, biasing dan penyesuaian impedansi yang akan digunakan.

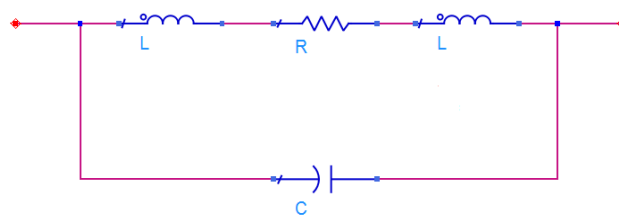
2.3.1 Komponen Pasif Pada Frekuensi Tinggi

Pada frekuensi tinggi komponen pasif seperti resistor, kapasitor dan induktor akan mengalami perubahan sifat tidak lagi menjadi komponen pasif murni hal ini terjadi ketika frekuensi komponen telah beresonansi.[3]

2.3.1.1 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika. Resistor bersifat resistif dan termasuk salah satu komponen elektronika dalam kategori komponen pasif. Pada frekuensi tinggi sifat resistor akan mengalami perubahan, hal ini dikarenakan adanya induktansi dan kapasitansi parasitik yang mengubah sifat resistor menjadi induktor atau kapasitor atau sering dikenal dengan *parasitic effect*. [3] Satuan dari resistansi adalah ohm dengan simbol Ω (omega).

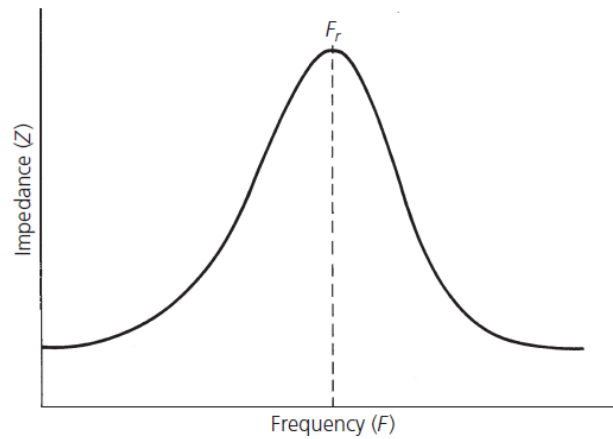
Gambar dibawah menunjukkan rangkaian ekuivalen resistor ketika digunakan pada frekuensi tinggi.



Gambar 2.1 Rangkaian Ekuivalen Resistor

Pada kisaran frekuensi 10 MHz hingga 200 MHz, sifat resistor akan berubah seperti induktor dan impedansinya akan bertambah seiring dengan meningkatnya frekuensi. Pada frekuensi tertentu (f_r), L akan beresonansi dengan *shunt*

Capacitance (C) yang akan menghasilkan impedansi puncak. Setiap kenaikan frekuensi maka impedansi akan menurun.



Gambar 2.2 Karakteristik Impedance Resistor

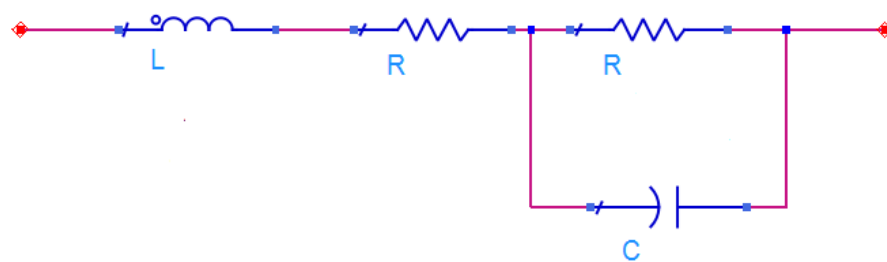
2.3.1.2 Kapasitor

Kapasitor (kondensator) adalah komponen pasif elektronika yang mampu menyimpan muatan listrik dalam suatu medan elektrostatik. Kemampuan menyimpan energi listrik disebut kapasitansi dengan satuan Farad.

Fungsi kapasitor:

1. Menyimpan muatan atau energi listrik
2. Sebagai filter arus seperti bisa melewatkan arus bolak balik (AC) dan bisa menahan arus searah (DC).

Penggunaan kapasitor terutama tergantung pada karakteristik dielektriknya. Karakteristik dielektrik juga menentukan level tegangan dan suhu yang ekstrem pada perangkat yang digunakan. Dengan demikian, kerugian atau ketidaksempurnaan di dielektrik memiliki efek yang sangat besar pada operasi rangkaian. Sama halnya seperti resistor, Pada frekuensi tinggi kapasitor juga mengalami perubahan sifat. Gambar 2.3 berikut ini menunjukkan rangkaian ekuivalen kapasitor ketika bekerja pada frekuensi tinggi.



Gambar 2.3 Rangkaian Ekuivalen Kapasitor

Dengan timbulnya efek induktansi saat bekerja di frekuensi tinggi akan menimbulkan perubahan sifat karakteristik dari kapasitor tersebut dan akan mengakibatkan komponen menjadi komponen yang kompleks seperti pada gambar 2.3. Oleh karena itu besarnya pengaruh nilai reaktansi kapasitif dapat dilihat pada persamaan (1):

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

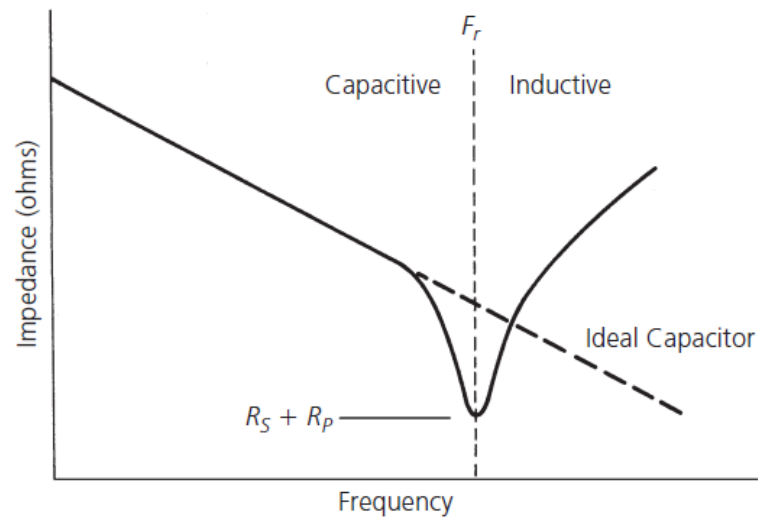
X_c = Reaktansi Kapasitif(Ω)

f = Frekuensi(Hz)

C = Kapasitansi (F)

Efek dari ketidaksempurnaan dalam kapasitor dapat dilihat dalam grafik Gambar 2.4. Dimana seperti yang ditunjukkan, ketika frekuensi operasi meningkat, maka nilai induktansi menjadi penting. Jika saat frekuensi kerja mencapai nilai f_r , maka induktansi menjadi resonansi seri dengan kapasitor. Kemudian ketika

frekuensi kerja melebihi frekuensi F_r maka kapasitor akan bertindak sebagai induktor.



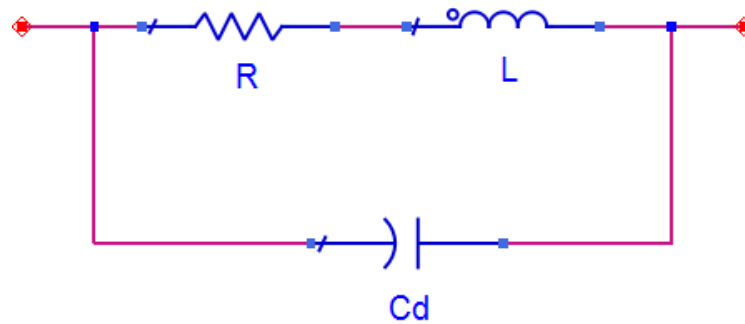
Gambar 2.4 Karakteristik Impedansi Kapasitor

2.3.1.3 Induktor

Induktor adalah lilitan kawat beisolasi yang dibentuk sedemikian rupa sehingga akan menghasilkan induktansi apabila lilitan dialiri oleh arus bolak balik. Kemampuan induktor atau coil dalam menyimpan energi magnet disebut dengan induktansi yang satuan unitnya adalah Henry (H). Satuan Henry pada umumnya terlalu besar untuk komponen induktor yang terdapat di rangkaian elektronika. Oleh karena itu, satuan-satuan yang merupakan turunan dari Henry digunakan untuk menyatakan kemampuan induktansi sebuah Induktor atau Coil.

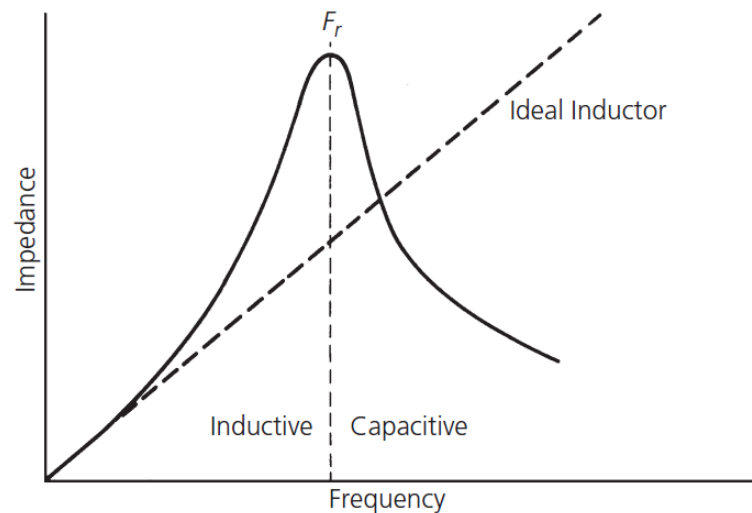
Induktor sering digunakan pada RF desain sebagai rangkaian filter, resonansi, penggerser fasa serta sebagai RF *choke* yang digunakan untuk mengurangi aliran daya RF. Sama halnya dengan resistor dan kapasitor, induktor juga akan mengalami perubahan karakteristik, induktor mungkin merupakan komponen yang paling rentan perubahan yang sangat drastis dari frekuensi.

Gambar 2.5 berikut ini menunjukkan rangkaian ekuivalen induktor ketika bekerja pada frekuensi tinggi dimana C_d merupakan jumlah dari kapasitansi parasit yang terdistribusi pada sebuah induktor .



Gambar 2.5 Rangkaian ekuivalen Induktor

Efek C_d pada reaktansi induktor ditunjukkan pada gambar 2.6 dibawah ini. Awalnya, pada frekuensi yang lebih rendah, reaktansi induktor sejajar dengan induktor yang ideal. Saat frekuensi kerja mencapai puncak F_r , maka induktansi menjadi resonansi paralel dengan induktor. Ketika frekuensi kerja terus meningkat melewati frekuensi resonansi F_r maka induktor mulai terlihat seperti kapasitor.[3]



Gambar 2.6 Karakteristik Impedansi Induktor

Besarnya nilai reaktansi induktif (X_L) pada sebuah induktor tergantung pada frekuensi yang digunakan dan untuk mencari nilai induktansi pada sebuah induktor dapat diselesaikan dengan persamaan berikut ini:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f L \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

X_L = Reaktansi Induktif(Ω)

f = Frekuensi(Hz)

L = Induktansi (H)

Ada tiga jenis inti yang biasa digunakan untuk membuat induktor yaitu:

1. Inti besi untuk induktor yang bekerja pada frekuensi rendah
2. Inti Ferrit (serbuk besi yang dipadatkan dengan perekat) untuk induktor yang bekerja di frekuensi tinggi
3. Inti udara untuk induktor yang bekerja di frekuensi tinggi

Pada perancangan rangkaian penguat RF yang bekerja pada frekuensi tinggi maka induktor yang digunakan adalah induktor dengan inti udara.

Nilai induktansi sebuah induktor (coil) tergantung pada 4 faktor, diantaranya adalah:

1. Jumlah lilitan, semakin banyak lilitannya maka semakin tinggi pula induktansinya.
2. Diameter inductor, semakin besar diameternya semakin tinggi pula induktansinya.
3. Permeabilitas inti, bahan inti yang digunakan seperti udara, besi, ataupun ferrit.
4. Ukuran panjang inductor, semakin pendek induktor (coil) tersebut semakin tinggi induktansinya.

Untuk mencari nilai sebuah induktor dapat dihitung menggunakan persamaa dibawah ini:

$$L = \frac{0,394 \times r^2 \times N^2}{9r + 10l} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

L = induktansi dalam mikroHenry (μH)

r = jari-jari induktor (cm)

l = panjang induktor (cm)

N = banyaknya lilitan

Untuk diameter aawat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$d_{kawat} = \frac{1}{N} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana

d_{kawat} = Diameter kawat tembaga (cm)

l = Panjang Lilitan (cm)

N = Banyak Lilitan

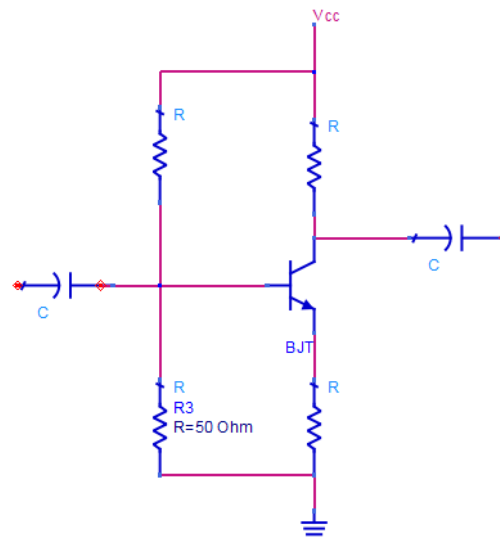
2.3.2 Kelas Penguat Daya RF

Penguat daya RF diklasifikasikan berdasarkan kelas pengoperasiannya. Dimana setiap kelas memiliki sifat yang berbeda-beda, penggunaan dari kelas ini tergantung dari kebutuhan dalam perancangan. Pembagian kelas penguat daya ini juga menentukan linearitas dan efisiensi dari penguat daya. Berikut ini adalah penjelasan mengenai kelas-kelas pengoperasian penguat berdasarkan titik kerjanya:

2.3.2.1 Penguat Kelas A

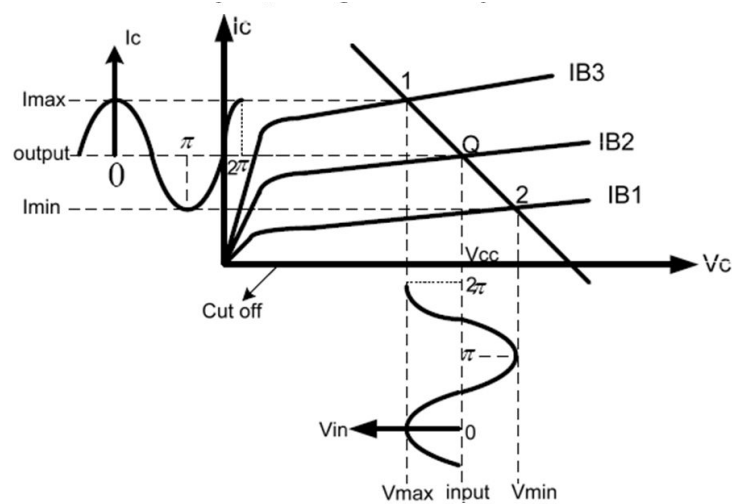
Penguat kelas A adalah penguat yang mempunyai titik kerja efektif setengah tegangan Vcc, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi distori pada saat penguatan sinyal. Penguat kelas ini memiliki desain yang paling sederhana dan

paling umum digunakan. Penguat Kelas A memiliki tingkat distorsi (efisiensi) sinyal yang rendah namun memiliki linearitas yang tertinggi dari semua kelas penguat lainnya. Penguat Kelas A ini menguatkan sinyal Input satu gelombang penuh atau 360° . Untuk mencapai Linearitas dan penguatan yang tinggi hampir menyerupai sinyal input, penguat ini mengharuskan Transistor dalam keadaan aktif selama siklus AC. Hal ini akan menyebabkan pemborosan dan pemanasan yang berlebihan sehingga menyebabkan ketidakefisienan. Efisiensi Penguat kelas ini hanya berkisar sekitar 25% hingga 50%.



Gambar 2.7 Rangkaian Penguat Kelas A

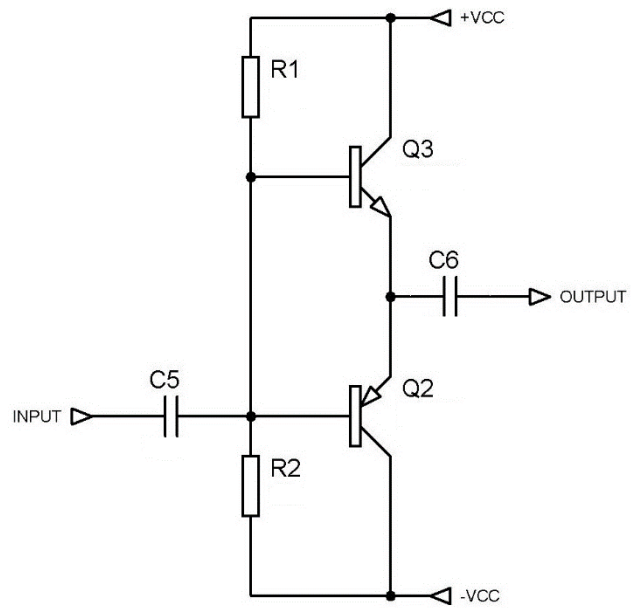
Gambar dibawah ini menunjukkan kurva titik kerja dan linieritas penguat kelas A



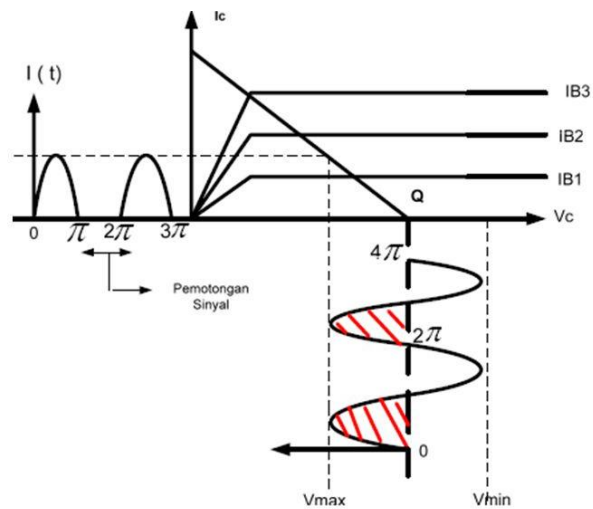
Gambar 2.8 Kurva Linearitas dan Titik Kerja Penguat Kelas A

2.3.2.2 Penguat Kelas B

Penguat kelas B merupakan penguat yang titik kerja (Q-point) berada di ujung kurva karakteristik sehingga hanya menguatkan setengah input gelombang atau 180° gelombang. Titik kerja penguat kelas B berada dititik Cut-Off transistor dan bekerja berdasarkan tegangan bias dari sinyal input yang masuk. Penguat Kelas B ini diciptakan untuk mengatasi masalah efisiensi dan panas yang berlebih dari penguat kelas A. Efisiensi penguat kelas B mencapai sebesar 75%. Kelemahan pada Penguat Kelas B ini adalah terjadinya distorsi cross-over, yaitu cacat pada persimpangan sinus bagian atas dan bawah. Rangkaian biasing yang sering digunakan pada penguat kelas B adalah penguat *Push and Pull*. Pada rangkaian ini sinyal input pertama bekerja selama setengah siklus positif (phase 0° - 180°) dan selanjutnya bekerja setengah siklus negatif (phase 180° - 360°).



Gambar 2.9 Rangkaian Penguat Kelas B

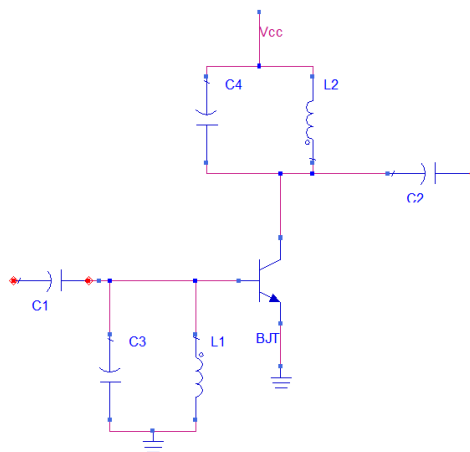


Gambar 2.10 Kurva Linearitas dan Titik Kerja Penguat Kelas B

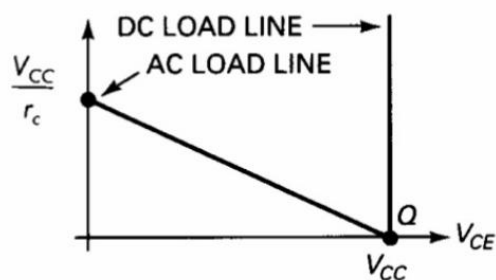
2.3.2.2 Penguat Kelas C

Penguat kelas C bekerja pada daerah *cut off* transistor sama halnya dengan penguat kelas B, namun dalam perancangan rangkaian hanya membutuhkan satu transistor agar bekerja normal. Hal ini dapat dilakukan karena penguat kelas C hanya menguatkan sinyal pada satu sisi atau bahkan hanya saja pada bagian puncak-puncak sinyal.

Penguat kelas C biasanya digunakan sebagai penguat pada frekuensi tinggi. Untuk meningkatkan kinerja rangkaian biasanya sering ditambahkan sebuah rangkaian resonator berupa induktor dan kapasitor. Penguat kelas C memiliki tingkat efisiensi yang tinggi hingga 100%.

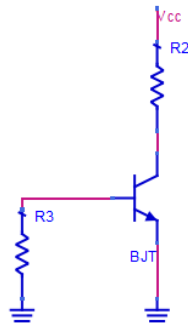


Gambar 2.11 Rangkaian Penguat Kelas C



Gambar 2.12 Garis beban AC dan DC Penguat Kelas C

Untuk menganalisa rangkaian penguat kelas C maka hal utama yang harus dilakukan adalah membuat rangkaian ekuivalen DC seperti dibawah ini



Gambar 2.13 Rangkaian Ekuivalen DC Penguat Kelas C

Transistor pada penguat kelas C tidak membutuhkan *biasing* hal ini dilakukan karna transistor kelas c didisain untuk menghasilkan *biasing* sendiri dengan memanfaatkan RF *choke*.

Berdasarkan rangkaian ekuivalen DC tersebut didapat:

- $V_{BE} = 0$; $I_c = 0$ untuk sinyal input $< 0,7V$
- Titik kerja (Q) akan *cut off* pada garis beban.
- R_s = Hambatan kolektri DC(resistansi Induktor RF; Garis beban DC relatif $CEQ_{vertikal}$ karena R_s kecil.

Berdasarkan rangkaian ekuivalen pada penguat kelas C berlaku rumus:

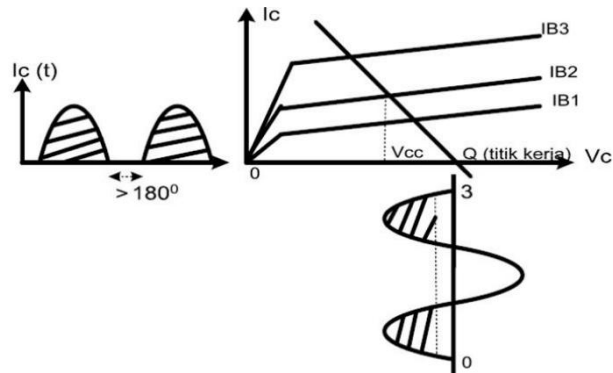
$$I_{c(sat)} = I_{CQ} + \frac{V_{ceq}}{r_c} \dots\dots\dots(5)$$

$$V_{CE(cut)} = V_{CEQ} + I_{CEQ} \cdot r_c \dots\dots\dots(6)$$

Pada penguat kelas , $I = 0$ dan $V_{CEQ} = V_{CC}$, sehingga :

$$I_{c(sat)} = \frac{V_{cc}}{r_c} \dots\dots\dots(7)$$

$$V_{CE(cut)} = V_{CC} \dots \dots \dots (8)$$



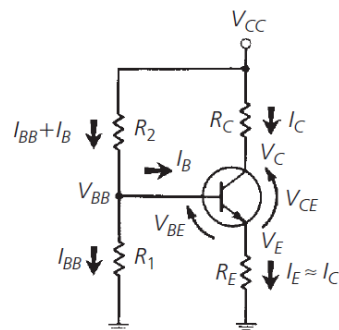
Gambar 2.14 Kurva Linearitas dan Titik Kerja Penguat Kelas C

2.3.3 Prategangan (*Biasing*)

Prategangan digunakan untuk mengaktifkan transistor agar dapat bekerja pada titik kerja(Q) yang telah ditentukan. Pemilihan titik kerja transistor juga berpengaruh terhadap penguatan dan output daya. Rangkaian prategangan terbagi menjadi 2 yaitu *Self Biasing* dan *Fixed Biasing*.

2.3.3.1 *Self Biasing*

Self bias sering disebut juga sebagai rangkaian pembagi tegangan, teknik pemberian tegangan pada basis transistor yang berdiri sendiri. Gambar berikut adalah rangkaian *self biasing*.



Gambar 2.15 Rangkaian *Self Bias*

Untuk mengetahui nilai dari komponen tersebut dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \dots\dots\dots(9)$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C} \dots\dots\dots(10)$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \dots\dots\dots(11)$$

$$V_{BB} = V_E + V_{BE} \dots\dots\dots(12)$$

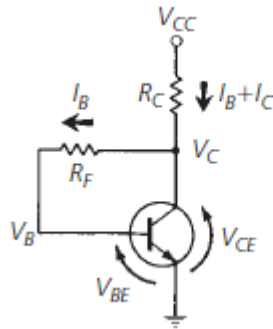
$$R_1 = \frac{V_{BB}}{I_{BB}} \dots\dots\dots(13)$$

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{BB}}{I_{BB} + I_B} \dots\dots\dots(14)$$

2.3.3.2 Fixed Biasing

Rangkaian *fix bias* sering disebut juga rangkaian bias tetap. Pada rangkaian *fixed bias* ini terdiri dari dua buah kapasitor yang berfungsi mengisolasi tegangan dc dari transistor namun tetap menyalurkan sinyal AC nya. Pemberian tegangan basis transistor dan kaki transistor yang bersatu dengan sumber tegangan pada rangkaian penguatnya. Prinsip kerja dari *fix bias* adalah kenaikan

temperatur yang mengakibatkan β_{dc} bertambah. Pertambahan ini menyebabkan naiknya arus kolektor, sehingga tegangan kolektor emiter berkurang. Rangkaian umpan balik kolektor dapat mengontrol arus kolektor terhadap β_{dc} , sehingga jika tidak adanya umpan balik, arus kolektor akan berbanding lurus dengan β_{dc} .



Gambar 2.16 Rangkaian *Fix Bias*

Untuk mengetahui nilai dari komponen tersebut dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \dots \dots \dots (15)$$

$$R_F = \frac{V_C - V_B}{I_B} \dots \dots \dots (16)$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_C}{I_B + I_C} \dots \dots \dots (14)$$

2.3.4 Penyepadanan Impedansi

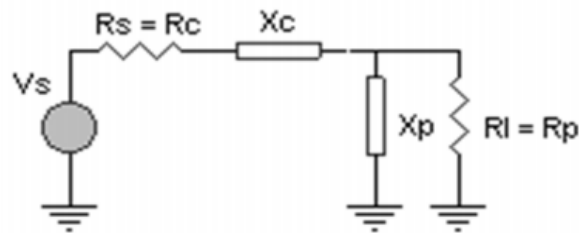
Rangkaian Penyepadanan impedansi ini digunakan untuk menghasilkan impedansi yang tampak sama dari impedansi beban maupun impedansi sumber agar terjadi transfer daya maksimum. Penyesuai impedansi ini hanya dapat diaplikasikan pada rangkaian dengan sumber AC.

Terdapat berbagai macam bentuk penyepadanan impedansi salah satunya penyesuaian impedansi menggunakan metode *Lumped Element*. Metode penyelesaian penyesuai impedansi ini dapat dilakukan dengan perhitungan matematis atau dengan bantuan smith chart. Berdasarkan bentuk rangkaian dan jumlah elemennya, penyepadanan impedansi ini dibagi menjadi 3:

2.3.4.1 Penyesuai Impedansi Bentuk L (2 Elemen)

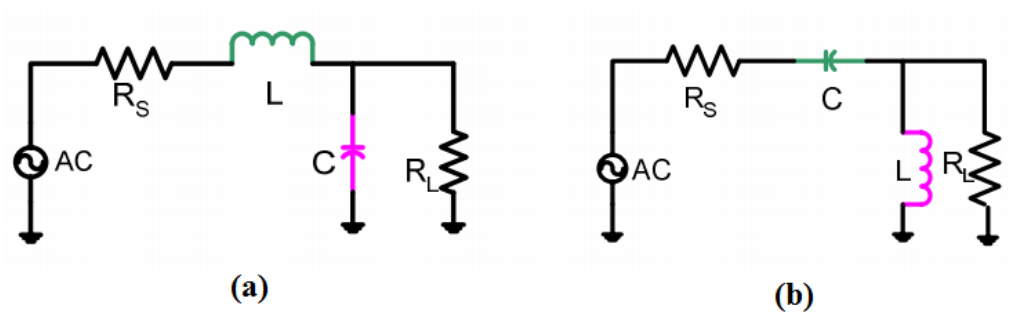
Penyesuai impedansi tipe L merupakan bentuk penyesuai impedansi yang paling sederhana dan merupakan dasar dari penyesuai impedansi tipe T dan Π (phi).

- a. Jika $R_s < R_L$ maka penyesuai impedansi berbentuk L kiri, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini



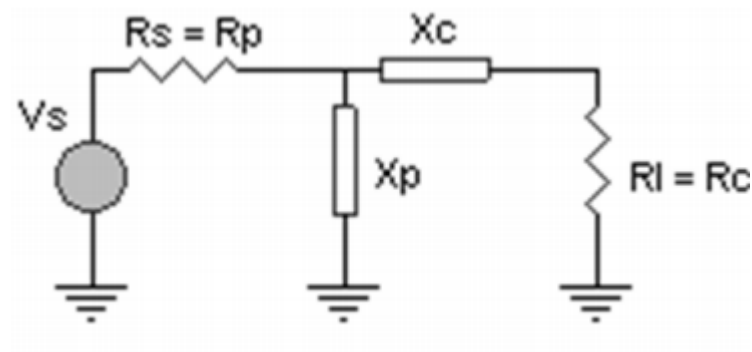
Gambar 2.17 Rangkaian penyesuai impedansi L kiri

Penyesuai impedansi bentuk L kiri memiliki dua kemungkinan konfigurasi



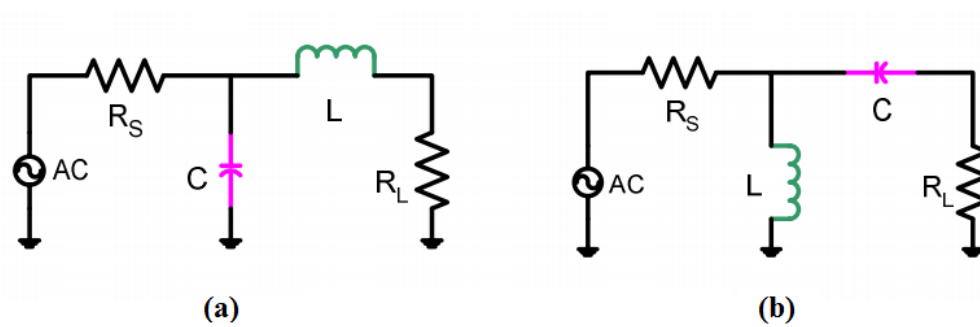
Gambar 2.18 (a) Bersifat Low Pass (b) Bersifat High Pass

- b. Jika $R_s > R_L$ maka penyesuai impedansi berbentuk L kanan, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.19 Rangkaian penyesuai impedansi L kanan

Penyesuai impedansi bentuk Lkanan memiliki dua kemungkinan konfigurasi



Gambar 2.20 (a) Bersifat Low Pass (b) Bersifat High Pass

Untuk mmendapatkan nilai komponen dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$Q_s = Q_p = \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} - 1 \dots\dots\dots(15)$$

$$Q_s = \frac{X_s}{R_s} \dots\dots\dots(16)$$

$$Q_p = \frac{R_p}{X_p} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana:

Q_s = Faktor kualitas Seri

Q_p = Faktor Kualitas Paralel

X_s = Reaktansi seri

X_p = Reaktansi Paralel

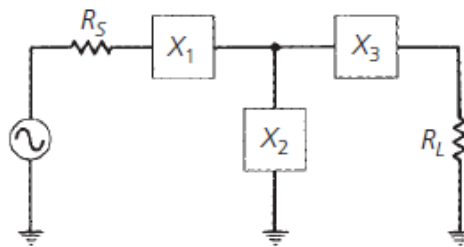
R_s = Resistansi Seri

R_p = Resistansi Paralel

2.3.4.2 Penyesuai Impedansi Bentuk Π dan T (3 Elemen)

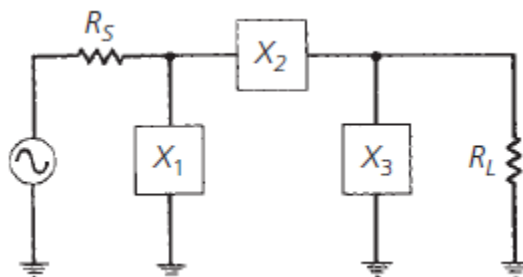
Penggunaan penyesuai impedansi tipe ini dilakukan dalam perancangan ingin memperoleh Q yang tinggi (bandwidth yang sempit). Rangkaian tipe Π dan T ini merupakan penggabungan dari penyesuai impedansi tipe L kiri dan L kanan.

Berikut ini adalah penyesuai impedansi tipe Π dari impedansi beban ke imedansi sumber



Gambar 2.21 Rangkaian Penyesuai Impedansi Tipe T

$$Q = \sqrt{\frac{R_v}{R_{kecil}}} - 1 \dots \dots \dots (18)$$



Gambar 2.22 Rangkaian Penyesuai Impedansi Tipe Π

$$Q = \sqrt{\frac{R_{\text{besar}}}{R_v}} - 1 \dots\dots\dots (19)$$

Dimana: R_v = Resistansi Virtual