

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sinyal Modulasi AM

Modulasi merupakan penumpangan suatu sinyal (sinyal informasi) ke sinyal pembawa (*carrier*). Apabila yang dimodulasi adalah amplitudo dari sinyal pembawa, maka sistem modulasinya disebut dengan modulasi amplitudo (*amplitude modulation*). Apabila yang di modulasi adalah frekuensi dari sinyal pembawa, maka disebut modulasi frekuensi (*frequency modulation*). Fase dari sinyal pembawa yang dimodulasi disebut dengan modulasi fase (*phase modulation*). Dua sistem modulasi yakni modulasi frekuensi dan modulasi fase disebut juga sebagai modulasi sudut (*angle modulation*). Sinyal pembawa sebelum dimodulasi dinyatakan pada persamaan 2.1.

$$V_c = V_c \sin \omega_c t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :  $\omega_c$  = kecepatan sudut *carrier* =  $2\pi f_c$

$V_c$  = sinyal pembawa

$f_c$  = frekuensi sinyal pembawa (Hz)

Sedangkan sinyal informasi ( $V_a$ ) pada persamaan 2.2.

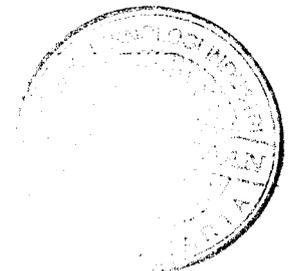
$$V_a = A_a \sin \omega_a t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :  $A_a$  = Amplitudo sinyal informasi

$\omega_a$  = kecepatan sudut *audio* =  $2 (\pi f_a )$

$f_a$  = frekuensi sinyal informasi (Hz ).

catatan bahwa  $f_a \ll f_c$ .



Sehingga dihasilkan sinyal AM pada persamaan 2.3.

$$V_{am} = (1 + m \cdot \sin \omega_a t) \cdot A_c \sin \omega_c t \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$V_{am}$  = sinyal AM

$m$  = modulasi

$A_c$  = Amplitudo sinyal pembawa

Tegangan *peak to peak* dan frekuensi dari suatu sinyal didapat dari persamaan 2.4 dan 2.5.

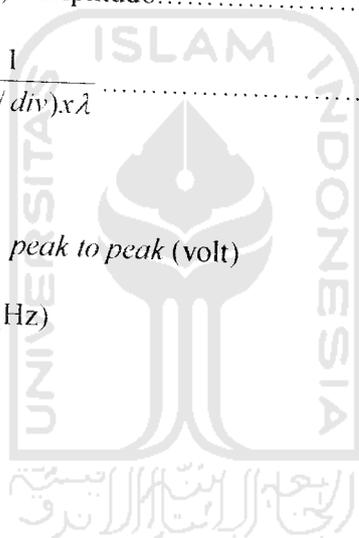
$$V_{pp} = (\text{volt/div}) \times \text{amplitudo} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$f = \frac{1}{(\text{time / div}) \times \lambda} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$V_{pp}$  = tegangan *peak to peak* (volt)

$f$  = frekuensi (Hz)



Gambar 2.1. sinyal pemodulasi (informasi)

### Gambar 2.2. sinyal modulasi AM

Bila terjadi modulasi, maka amplitudo sinyal termodulasi berubah sesuai perubahan amplitudo sinyal pemodulasinya. Indeks modulasi berharga antara 0 sampai 1 dan sering disebut persentase modulasi.

Dalam modulasi AM, seberapa besarnya carrier termodulasi disebut sebagai persentase modulasi (derajat modulasi). Saat amplitudo (*peak to peak*) sinyal permodulasi sama dengan amplitudo (*peak to peak*) dari *unmodulated carrier*, maka dikatakan termodulasi 100 %. Untuk menghitung derajat modulasi (M) dapat digunakan rumus pada persamaan 2.6.

$$M\% = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \cdot 100 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana : M = modulasi (%)

$E_{\max}$  = tegangan *peak to peak* maksimal (volt)

$E_{\min}$  = tegangan *peak to peak* minimal (Volt)

$E_{max}$  adalah nilai *peak to peak* terbesar dan  $E_{min}$  adalah nilai *peak to peak* terkecil dari *carrier* yang termodulasi.

Gambar 2.3. Persentase modulasi AM

Sinyal AM mengandung komponen sinyal pembawa dan komponen sinyal *sideband* sehingga mengandung daya yang lebih banyak. Total daya pada sinyal AM menjadi lebih besar, seperti pada persamaan 2.7.

$$P_t = \frac{V^2_{pemb}}{R} + \frac{V^2_{LSB}}{R} + \frac{V^2_{USB}}{R} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$P_t$  = total daya (watt)

$V^2_{pemb}$  = tegangan pembawa (volt)

$V^2_{LSB}$  = komponen sinyal *sideband*

$V^2_{USB}$  = komponen sinyal *sideband*

$R$  = resistansi (ohm)

Ketika harga tegangan dari persamaan 2.7 merupakan harga rms dan harga resistansi  $R$  merupakan resistansi antenna yang menyerap daya ( $P_c$ ).

$$P_c = \frac{V^2_{pemb}}{R} = \frac{(V_c / \sqrt{2})^2}{R} = \frac{V_c^2}{2R} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana  $V_c$  = sinyal pembawa.

Daya sinyal pembawa sebelum termodulasi

$$P_{LSB} = P_{USB} = \frac{V_{SB}^2}{R} = \frac{(mV_c/2)^2}{(\sqrt{2})^2} : R = \frac{m^2 V_c^2}{4 \cdot 2R} \dots\dots\dots(2.9)$$

Total daya dapat dirumuskan pada persamaan 2.10.

$$P_t = \frac{V_c^2}{2R} + \frac{m^2 V_c^2}{4 \cdot 2R} + \frac{m^2 V_c^2}{4 \cdot 2R} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Bila kita menganggap tegangan efektif (rms) sinyal termodulasi AM dengan  $V$  maka total daya ( $P_t$ ) sinyal tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.11.

$$P_t = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dibandingkan dengan rumus total daya sebelumnya

$$P_t = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\frac{V_c^2}{R} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan  $V_c$  merupakan harga tegangan efektif sinyal pembawa sebelum termodulasi. Maka dapat diturunkan persamaan tegangan ( $V$ ) pada persamaan 2.13.

$$V = V_c \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Penurunan seperti diatas dapat dilakukan untuk menghitung arus ( $I$ ) dimana  $I_c$  merupakan kuat arus sinyal pembawa.

$$I = I_c \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Pembangkitan sinyal AM secara prinsip dipisah menjadi dua, pertama pemancar AM dan kedua pembangkit sinyal AM yang dibuat di labolatorium. Pemancar AM akan membangkitkan sinyal AM dengan daya besar, sehingga faktor efisiensi menjadi penting. Sedangkan pembangkit AM dilabolatorium memerlukan daya kecil dan kesederhanaan rangkaian menjadi lebih penting dibandingkan dengan faktor efisiensi.

Untuk membangkitkan sinyal AM secara prinsip hanya perlu untuk mengoperasikan sederetan pulsa-pulsa arus. Deretan arus tersebut dihasilkan oleh sebuah penguat kelas C yang sebanding dengan tegangan sinyal pemodulasinya. Setiap pulsa akan mengoperasikan timbulnya satu *damped oscilation* pada rangkaian tuning. Osilasi yang terjadi memiliki amplitudo awal yang sebanding dengan bentuk pulsa arus dan satu laju kelandaian yang tergantung pada waktu konstan rangkaian tuningnya. Karena diberikan satuderet pulsa tuning maka setiap pulsa akan membangkitkan satu sinyal sinusoidal lengkap yang sebanding dengan amplitude masing-masing pulsa. Proses tersebut diikuti oleh sinyal sinusoidal berikutnya yang sebanding pula dengan bentuk pulsa yang diberikan dan seterusnya.

Secara lengkap bentuk sinyal AM yang dihasilkan dari rangkaian tuning bila pulsa arusnya dibangkitkan sebanding dengan tegangan pemodulasi dinamakan dengan *flywheel effect*. Untuk menghasilkan pulsa arus dari penguat kelas C yang sebanding dengan pemodulasi dilakukan dengan mencatukan

tegangan tersebut seri dengan sembarang sumber DC rangkaian. Sehingga modulasi emitter, basis dan kolektor penguat kelas C yang digunakan.

Pada suatu pemancar AM proses modulasi dapat dilakukan disembarang titik dalam blok rangkain asal setelah pembangkit sinyal Rf. Jika bagian output dari blok pemancar AM merupakan plate-modulated atau collector-modulated maka system ini dinamakan system modulasi level tinggi. Jika modulasi dilakukan dititik keluaran yang lainnya maka dihasilkan modulasi level rendah. Secara konsep hasil akhir kedua system tersebut sama hanya berbeda pada susunan rangkaian pemancarnya.

## 2.2. Sinyal Demodulasi AM

Demodulasi adalah suatu rangkaian yang menerima sinyal termodulasi dan mengolah ulang menjadi sinyal informasi asli pemodulasi. Rangkaian ini dikenal juga sebagai detektor. Untuk sinyal AM dikenal dua tipe demodulator yaitu :

### 1. detektor selubung

Detektor selubung terdiri dari sebuah diode penyearah, sebuah susunan RC paralel dengan *time* konstan yang memadai dan diikuti sebuah rangkaian *high pass filter* RC untuk membatasi komponen DC.

### 2. detektor koheren

Pada rangkaian demodulator ini terdapat sebuah rangkaian osilator lokal untuk menghasilkan sinyal pembawa lain yang frekuensi dan phasanya persis sama dengan frekuensi dan phase sinyal pembawa termodulir yang dikirimkan oleh pemancar. Kedua sinyal pembawa tersebut dicampur oleh

rangkaian mixer yang menghasilkan rangkaian baseband setelah melalui satu rangkaian *low pass filter*.

Detektor pada dasarnya adalah penyearah puncak. Dinamai pula sebagai detektor sampul sebab keluarannya berupa sampul frekuensi tinggi yang masuk. Detektor dalam penerima radio adalah sebuah detektor puncak. Persyaratan dari sebuah detektor yakni :

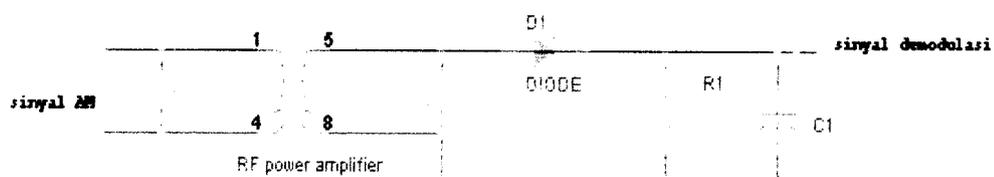
1.  $RC >$  perioda isyarat pembawa

2. berlaku :  $f_{m. maks} = \frac{1}{2\pi.R.C.m}$  .....(2.16)

dimana :  $m$  = indeks modulasi

$f_m$  = frekuensi audio tertinggi yang perlu dideteksi.

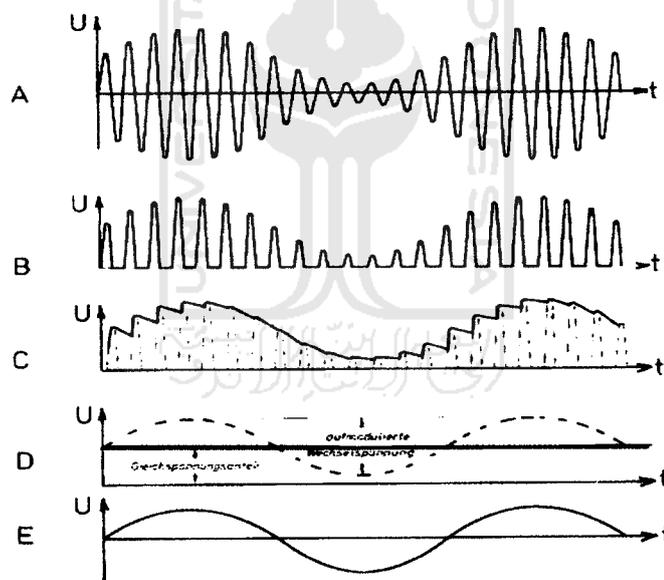
Prinsip dari rangkaian demodulator AM yakni sinyal AM akan di kopel dengan trnformer. Sinyal ini selanjutnya diberikan ke rangkaian *half-wave rectifier* yang tersusun dari  $D_1$  dan  $R_1$ . Diode konduksi ketika terjadi setengah siklus positif pada sinyal AM. Selama setengah siklus negatif, diode dibias *reverse* dan tidak ada arus yang mengalir melalui rangkaian ini. Sebagai hasilnya bahwa sinyal yang melintas  $R_1$  merupakan suatu bentuk deretan pulsa positif dengan amplitudo yang bervariasi sesuai perubahan pada sinyal pemodulasi. Untuk lebih jelasnya dapat diamati pada skematik pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. skematik dasar demodulator AM

Untuk merecover ulang sinyal pemodulasi asli, sebuah kapasitor disambungkan melintasi  $R_1$ . Nilai kapasitor dipilih secara teliti sedemikian hingga memiliki impedansi yang rendah saat frekuensi kerjanya berada pada frekuensi carriernya. Sedangkan saat frekuensi kerjanya berada pada frekuensi pemodulasi maka rangkaian pada Gambar 2.4 akan memiliki impedansi jauh lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa kapasitor secara efektif memotong atau memfilter keluar sinyal carrier sehingga kita dapatkan sinyal pemodulasi aslinya.

Bentuk perubahan sinyal AM yang masuk kerangkaian demodulasi dapat diamati pada Gambar 2.5.

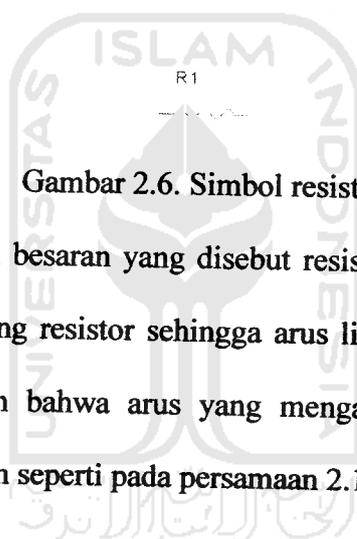


Gambar 2.5 Bentuk Perubahan Gelombang AM

- A. Gelombang modulasi AM
- B. Gelombang dari bagian penguat awal
- C. Gelombang dari DC blok
- D dan E. Gelombang AM setelah melalui rangkaian demodulasi

### 2.3 Resistor

Resistor merupakan komponen elektrik yang berfungsi memberikan hambatan terhadap aliran arus listrik. Setiap benda dapat dikatakan sebagai resistor, karena pada dasarnya setiap benda dapat memberikan hambatan listrik. Dalam rangkaian listrik dibutuhkan adanya resistor dengan spesifikasi tertentu, seperti besar hambatan, arus maksimum yang boleh dilewatkan dan karakteristik hambatan terhadap suhu dan panas.



Gambar 2.6. Simbol resistor

Resistor memiliki besaran yang disebut resistansi. Ketika diberikan beda potensial pada ujung-ujung resistor sehingga arus listrik dapat mengalir melalui resistor maka didapatkan bahwa arus yang mengalir sebanding dengan beda potensial. Dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.17.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan : R = resistansi ( ohm /  $\Omega$  )

V = beda potensial ( Volt / V)

I = arus ( ampere / A)

Seluruh resistor memiliki tingkat daya. Karena resistor dialiri arus listrik, terjadi disipasi daya berupa panas.

$$P = I^2 R \dots\dots\dots(2.18)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.19)$$

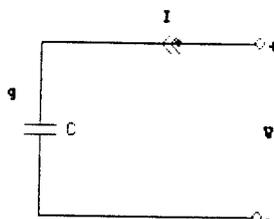
Dimana :  $P = \text{daya (watt)}$

Ukuran fisik resistor menunjukkan besarnya tingkat daya disipasi yang dapat diberikan pada resistor tersebut. Makin besar resistor, makin besar daya maksimum yang dapat diberikan pada resistor.

#### **2.4. Kapasitor Non Polar**

Kapasitor adalah komponen elektrik yang berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik. Salah satu jenis kapasitor adalah kapasitor keping sejajar atau yang biasa disebut kapasitor non polar. Kapasitor ini terdiri atas dua buah keping metal sejajar dipisahkan oleh isolator yang disebut dielektrik. Bila kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan maka kapasitor akan terisi hingga beda potensial antar kedua terminalnya sama dengan tegangan sumber. Jika sumber tegangan di cabut maka muatan listrik tersebut akan dihabiskan dalam waktu yang sangat lama, terkecuali bila sebuah konduktor dihubungkan pada kedua terminal kapasitor.

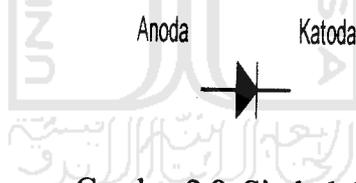
Kapasitansi sebuah kapasitor merupakan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik. Kapasitansi tergantung pada luas keping, jarak antar kedua keping dan dielektrik yang digunakan. Kapasitansi berbanding lurus dengan luas permukaan keping dan berbanding terbalik dengan jarak antar dua keping sejajar. Rangkaian kapasitor dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Rangkaian kapasitor.

### 2.5. Dioda D1N914

Dioda adalah komponen elektrik yang terbuat dari bahan semikonduktor yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan searah dari tegangan bolak-balik sehingga dapat diaplikasikan untuk membuat berbagai bentuk gelombang isyarat, untuk mengatur tegangan searah agar tidak berubah dengan beban maupun dengan perubahan jala-jala (PLN), untuk saklar elektronik, LED dan laser semikonduktor.



Gambar 2.8. Simbol dioda

Dioda terbuat dari germanium atau silikon yang lebih dikenal dengan *dioda junction*. Struktur dari dioda ini terdiri dari sambungan antara semikonduktor tipe P yang berfungsi sebagai anoda dan semikonduktor tipe N yang berfungsi sebagai katoda. Sehingga arus hanya dapat mengalir dari sisi P ke sisi N.

Kondisi anoda dioda bersifat positif dan katoda dioda bersifat negatif atau yang lebih dikenal dengan *forward bias* terjadi karena arus yang melewati dioda besar. Elektron-elektron di sisi N mendapat tambahan energi sehingga mereka

mampu menyebrangi *junction* masuk kedalam *hole* dan menjadi elektron valensi. Perjalanan elektron valensi berlanjut hingga ke ujung sisi P dan meninggalkan sisi P lalu mengalir kedalam kutub positif sumber sehingga terjadilah arus listrik.

*Reverse bias* terjadi ketika anoda dioda bersifat negatif dan katoda dioda bersifat positif. Keadaan ini terjadi karena elektron pada sisi N menjauhi *junction* begitu pula dengan *hole* pada sisi P. Akibatnya daerah pengosongan menjadi makin lebar . semakin lebar daerah pengosongan maka makin tinggi beda potensialnya. Sehingga beda potensial pada lapisan pengosongan sama dengan beda potensial sumber. Pada saat itu elektron dan hole berhenti bergerak serta tidak terjadi arus listrik.

## 2.6. Transistor

Transistor merupakan piranti yang mempunyai tiga terminal dan memiliki kemampuan dalam fungsi penguatan dan *switching*. Transistor dibagi menjadi 2 kelompok besar yaitu *Bipolar Junction Transistor (BJT)* dan *Field Effect Transistor (FET)*. Transistor FET dibagi menjadi 2 kelompok yaitu *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)* dan *Junction Field Effect Transistor (JFET)*.

BJT mempunyai struktur yang terdiri dari 3 lapis semikonduktor ekstrinsik. Baik pada NPN maupun PNP. Keduanya mempunyai terminal yang sama yaitu basis (B), kolektor (K) dan emitor (E). Transistor dapat bekerja pada 4 macam kondisi. Keempat macam kondisi transistor ini didasarkan pada 4 daerah kerjanya seperti daerah jenuh, daerah aktif, daerah sumbat dan daerah dadal.

Transistor akan bekerja pada daerah jenuh apabila arus kolektor bernilai maksimum. Untuk membuat transistor jenuh dapat dilakukan dengan memberi arus basis yang cukup besar. Transistor yang bekerja pada titik jenuh mempunyai ciri berupa tegangan antara kolektor – emitor bernilai sangat kecil sekitar 0,1 – 0,3 volt sehingga dapat dikatakan mendekati nol.

Transistor yang bekerja pada daerah aktif difungsikan sebagai penguat. Ada hubungan penguatan antara arus basis yang mengalir dengan arus kolektor. Pada keadaan ini tegangan kolektor ke emitor bernilai diatas tegangan  $V_{ce}$  saat keadaan jenuh tetapi dibawah nilai tegangan catunya ( $V_{cc}$ ).

Transistor yang bekerja pada daerah sumbat (*cut-off*) akan mempunyai arus kolektor yang sangat kecil atau mendekati nol. Karena arus kolektor yang mendekati nol maka tegangan kolektor ke emitor akan mendekati tegangan catu dayanya ( $V_{cc}$ ). Untuk membuat transistor sumbat dapat dilakukan dengan membuat arus basis nol.

Transistor yang sampai ke daerah dadal dipastikan akan rusak. Walaupun arus basis dibuat kecil atau mendekati nol, arus kolektor yang mengalir tetap besar. Arus kolektor ipengaruhi oleh perubahan nilai catu dayanya. Tegangan kolektor ke emitor menjadi nol dan tidak terpengaruh oleh perubahan arus kolektor. Transistor akan bekerja pada daerah ini jika  $V_{cc}$  dibuat sangat besar sehingga diluar ambang batas kemampuan transistor.

Transistor akan bekerja bila ada arus diantara terminal-terminal kolektor-emitor (arus  $I_c$ ) dan ada arus yang mengalir diantara terminal-terminal basis

emitor (arus  $I_B$ ). Perbandingan antara kuat  $I_C$  dan kuat  $I_B$  disebut bandingan hantaran arus maju disingkat  $h_{fe}$ .

$$h_{fe} = \frac{I_C}{I_B} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :  $h_{fe}$  = hantaran arus maju.

$I_C$  = arus kolektor – emitor (A)

$I_B$  = arus basis – emitor (A)

Pada transistor daya, harga  $h_{fe}$  ada kira-kira 25 atau lebih. Untuk penguatan frekuensi tinggi, ada transistor dengan  $h_{fe} = 1000$  atau lebih. Untuk  $I_C$  dan  $I_B$  yang searah (dc) ditulis  $h_{FE}$ . Untuk  $I_C$  dan  $I_B$  yang searah (dc) ditulis  $h_{fe}$ . Harga  $h_{FE}$  dan  $h_{fe}$  lumrahnya sangat berdekatan hingga boleh kita anggap sama.

Parameter –parameter tidaklah konstan. Meskipun tipe sama, parameter dapat berbeda. Parameter juga akan berlain-lainan bagi setelan arus yang berlainan. Dalam praktek dapat kita anggap bahwa parameter-parameter adalah konstan.

## 2.7. Transistor Penguat Daya Kelas A

Transistor yang digunakan dalam penguat sinyal kecil disebut transistor sinyal kecil, yang digunakan dalam pengut daya disebut transistor daya. Biasanya transistor sinyal kecil mempunyai disipasi daya kurang dari setengah watt, transistor daya, lebih dari setengah watt. Jika sinyal yang terlalu besar diberikan kepada penguat, sinyal output akan tergantung pada salah satu atau kedua puncaknya. Karena titik Q lebih dekat ke titik sumber daripada ke titik penjenuhan, titik operasi sesaat mengenai titik sumber sebelum titik penjenuhan.

Jika titik Q terlalu tinggi yaitu lebih dekat ke titik penjuhan daripada ketitik sumbat, didapat pengguntingan penjuhan, titik operasi sesaat bergerak ke titik penjuhan dan menghasilkan pengguntingan positif dari arus kolektor. Untuk mndapatkan sinyal tak tergunting maksimum, dapat menempatkan titik Q pada pusat dari garis beeban ac. Dengan cara ini, titik operasi sesaat dapat berayun secara bersama dalam kedua arah sebelum terjadi pengguntingan . dengan ukuran yang benar dari sinyal input, akan didapat sinyal output tak tergunting maksimum yang mungkin.

Transistor harus tinggal dalam daerah aktif untuk seluruh siklus ac. Untuk membedakan ini dari jenis lain, kita menamakannya operasi kelas A. Dalam hubungannya dengan garis beban ac, operasi kelas A berarti tidak ada pengguntingan yang terjadi pada salah satu ujung dari garis beban. Jika terjadi pengguntingan operasi tersebut tidak lagi disebut operasi kelas A. Dalam penguat kelas A tempat yang terbaik untuk menempatkan titik Q adalah di pusat garis beban ac. Alasannya jika garis Q ditengah garis beban, kita dapatkan siklus output tak tergunting dengan kemungkinan yang terbesar.

Titik Q didapat dari menghitung  $I_c$  dan  $V_{CE}$  dengan menggunakan rangkaian ekuivalen dc. Untuk menjaga jejak dari titik Q dari perhitungan kita memberikan subskrip padanya sebagai  $I_{CQ}$  berarti arus kolektor stasioner dan  $V_{CEQ}$  berarti tegangan kolektor-emitor stasioner. Titik Q dapat diamati pada Gambar 2.9.