

BAB II

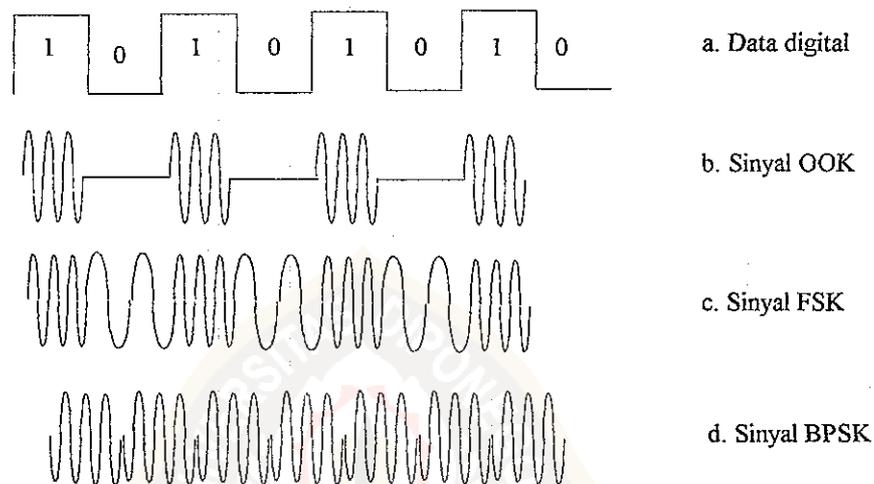
DASAR TEORI

2.1. Sistem Komunikasi Data Digital

Dalam sistem digital hanya dikenal dua keadaan yaitu logika tinggi (1) yang setara dengan tegangan 5 volt dan logika rendah (0) setara dengan 0 volt. Data digital tidak dapat ditransmisikan secara langsung untuk jarak yang jauh karena data digital akan rusak. Agar data yang ditransmisikan tidak mengalami kerusakan, data tersebut dimodulasi. Modulasi adalah suatu proses perubahan parameter gelombang pembawa (amplitudo, frekuensi atau fase) menggunakan sinyal masukan. Dalam komunikasi data digital dikenal beberapa bentuk modulasi data digital yaitu *On-off keying* (OOK), *Binary phase shift keying* (BPSK), dan *Frequency shift keying* (FSK). Modulasi data digital dapat dilihat pada gambar 2.1.

- a. *On-off keying* (OOK) atau *Amplitude shift keying* (ASK) yaitu perubahan data digital menjadi dua amplitudo gelombang pembawa yang berbeda. Pada saat data digital bernilai 1, amplitudo gelombang pembawa mempunyai nilai tertentu misalnya 5 V, dan ketika data bernilai 0, amplitudo gelombang pembawa sama dengan 0.
- b. *Binary phase shift keying* (BPSK) yaitu pengubah data digital menjadi parameter pergeseran frekuensi. Jika data digital bernilai 1 fase gelombang pembawa bergeser 0° , ketika data digital bernilai 0, fase gelombang pembawa bergeser 180° .

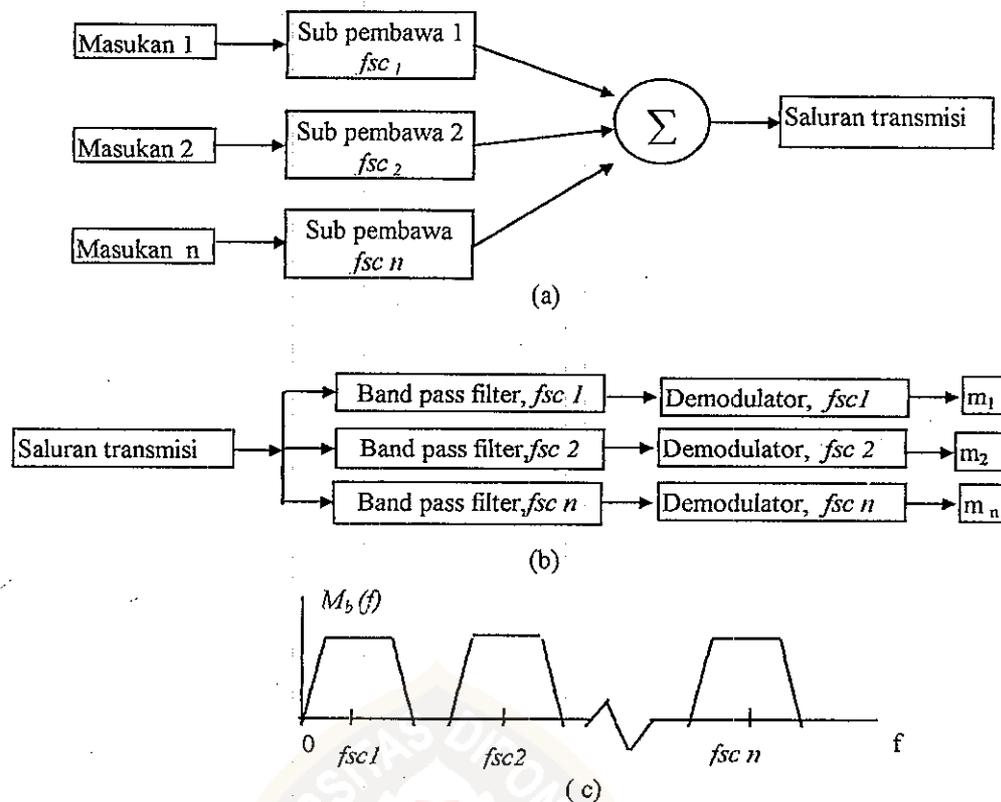
c. *Frequency shift keying*(FSK) yaitu pengubah data digital menjadi dua buah gelombang dengan frekuensi yang berbeda. Pada saat data digital bernilai 1, frekuensi gelombang pembawa akan bernilai f_1 (misalnya 1200 Hz) dan ketika data digital bernilai 0, frekuensi pembawa bernilai f_2 (misalnya: 2400 Hz) (Couch,1993).



Gambar. 2.1. Modulasi data digital (Couch,1993).

2.2. Pelipat Pembagi Frekuensi (FDM)

Pelipat-pembagi frekuensi (FDM, *frequency deviation multipleksing*) adalah suatu proses penggabungan beberapa saluran informasi ke dalam satu saluran dengan jalan menggeser sinyal-sinyal pada kelompok-kelompok dengan frekuensi sub pembawa yang berbeda-beda dalam spektrum frekuensi transmisi yang sama, sehingga semua informasi dapat ditransmisikan bersamaan. Sistem transmisi FDM dapat dilihat pada gambar 2.2.



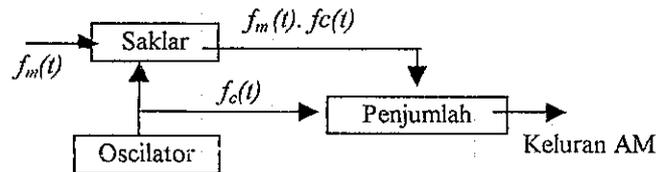
Gambar.2.2. Sistem Transmisi dengan FDM (a). Bagan penyampur masukan pada FDM, (b). Bagan pemisahan masukan yang ditransmisikan secara FDM, (c). Spektrum frekuensi FDM (Couch,1993).

Untuk mendapatkan data yang ditransmisikan, dapat digunakan rangkaian filter pelewat frekuensi antara (*band pass filter*, BPF) dengan frekuensi potong f_c yang sama dengan frekuensi sub pembawa (Rody, 1990).

2.3. Sistem modulasi Amplitudo

Modulasi amplitudo banyak diterapkan dalam sistem komunikasi melalui saluran gelombang radio maupun saluran telepon. Modulasi amplitudo dapat direalisasikan menggunakan metode modulator balans dengan inti rangkaian saklar elektronik, seperti gambar 2.3. Modulator balans mempunyai kelebihan lebih murah dan mudah dibandingkan sistem pembangkit modulator amplitudo

yang lain, tetapi tidak efektif untuk frekuensi tinggi karena keterbatasan pada frekuensi kerja rangkaian saklar.

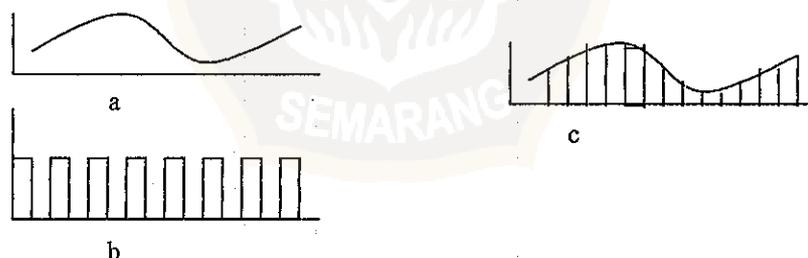


Gambar.2.3. Bagan pembangkit AM dengan saklar (Krauss, 1990).

Bila $f_c(t)$ merupakan gelombang pembawa yang dimodulasi dengan sinyal modulator $f_m(t)$, maka sinyal modulasi amplitudo yang terjadi adalah:

$$f(t) = f_c(t) + f_c(t) \cdot f_m(t) \quad (1)$$

Apabila saklar analog mendapatkan masukan sinyal $f_m(t)$, pada saat isyarat pembawa berlogika 0 saklar akan terbuka sehingga tidak ada sinyal yang diteruskan. Pada waktu frekuensi pembawa berlogika 1, saklar tertutup dan sinyal akan diteruskan. Dengan kata lain, frekuensi pembawa akan memotong-motong isyarat masukan $f_m(t)$ (Krauss, 1990).

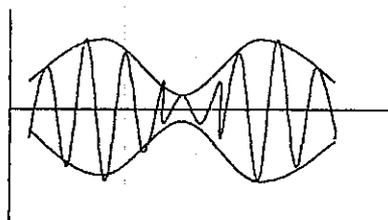


Gambar. 2.4. Pembangkit isyarat AM dengan saklar. (a) sinyal masukan, (b) Sinyal frekuensi pembawa, (c). Keluaran saklar (Krauss, 1990).

Amplitudo keluaran saklar tidak dipengaruhi oleh amplitudo pembawa, tetapi dipengaruhi oleh amplitudo masukan. Apabila keluaran saklar dilewatkan rangkaian filter pelewat pita dan ditambah dengan frekuensi pembawa akan

menghasilkan isyarat modulasi amplitudo seperti gambar 2.5 dengan indeks modulasi m sebesar (Rody, 1990):

$$m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}} \times 100\% \quad (2)$$



Gambar. 2.5. Bentuk gelombang termodulasi amplitudo (Rody, 1990).

2.4. Proses Pembangkitan Gelombang FM

Sistem modulasi frekuensi untuk transmisi informasi sangat banyak digunakan dalam sistem komunikasi. Modulasi frekuensi dipilih karena mempunyai beberapa keunggulan antara lain komunikasi dapat dilakukan dengan bising yang kecil, kualitas informasi sama dengan sistem modulasi AM dengan daya yang lebih kecil, dan dapat menghindari perubahan level bentuk gelombang sinyal akibat fading (pelemahan selama transmisi). Gambar 2.6. menunjukkan bentuk perubahan gelombang pembawa pada modulasi frekuensi.

Sinyal modulasi e_m digunakan untuk merubah frekuensi pembawa f_c sebesar ke_m dengan k adalah konstanta deviasi frekuensi, maka frekuensi pembawa sesaat menjadi:

$$f_i = f_c + ke_m \quad (3)$$

Jika sinyal modulasi e_m merupakan gelombang sinus:

$$e_m = E_{m \max} \sin \omega_m t \quad (4)$$

maka frekuensi sesaat akan menjadi :

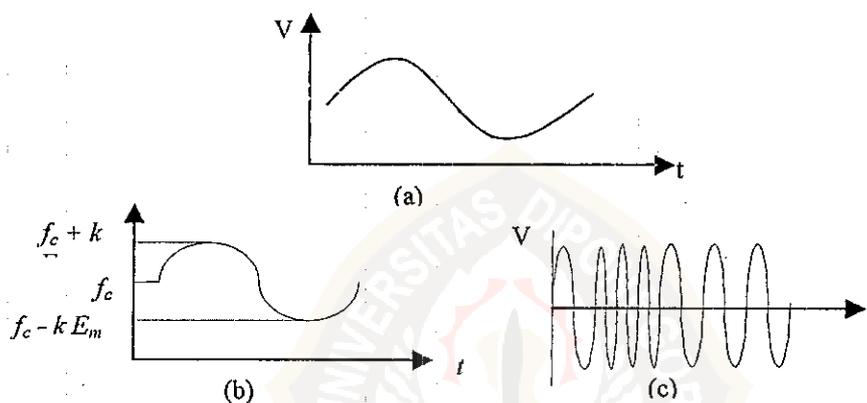
$$f_i = f_c + kE_{m \max} \sin \omega_m t \quad (5)$$

Deviasi frekuensi puncak dari sinyal didefinisikan sebagai :

$$\Delta f = kE_{\max} \quad (6)$$

Sehingga frekuensi pembawa sesaat menjadi:

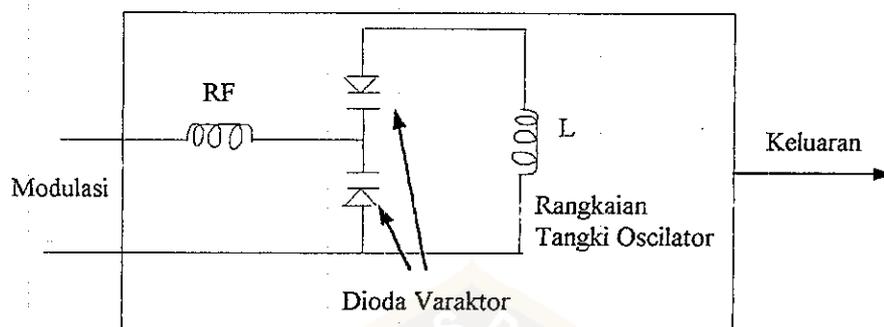
$$f_i = f_c + \Delta f \sin \omega_m t. \quad (7)$$



Gambar 2.6. (a). Lengkung sinyal masukan, (b). Lengkung frekuensi-waktu sesaat, (c). Lengkung amplitudo-waktu frekuensi pembawa untuk suatu pembawa yang dimodulasi frekuensi (Rody, 1990).

Modulasi frekuensi dapat dilakukan secara langsung dengan modulator reaktansi oleh dioda varaktor (*Vareabel reaktor*) dapat dilihat pada gambar 2.7. Dioda varaktor adalah suatu komponen yang mempunyai nilai kapasitans yang dapat diubah nilainya sebanding dengan perubahan tegangan bias yang diberikan. Modulasi reaktansi bila dihubungkan dengan rangkaian osilator seperti gambar 2.7 akan dapat digunakan untuk mengeser frekuensi osilator, sehingga terjadi modulasi frekuensi. Dioda varaktor dan induktor L_1 akan beresilasi menghasilkan frekuensi pembawa f_c pada saat modulasi kosong. Tegangan bias yang diberikan

pada dioda varaktor dilewatkan melalui RFC digunakan untuk mengatur besarnya frekuensi f_c . Tegangan bias digabungkan dengan sinyal modulasi sehingga apabila tegangan modulasi berubah, tegangan bias juga berubah selanjutnya akan mengubah nilai kapasitans dioda yang varaktor akhirnya mengubah frekuensi oscilator (Roddy, 1990).



Gambar 2.7. Diagram rangkaian modulator Frekuensi dioda varaktor (Rody, 1990).

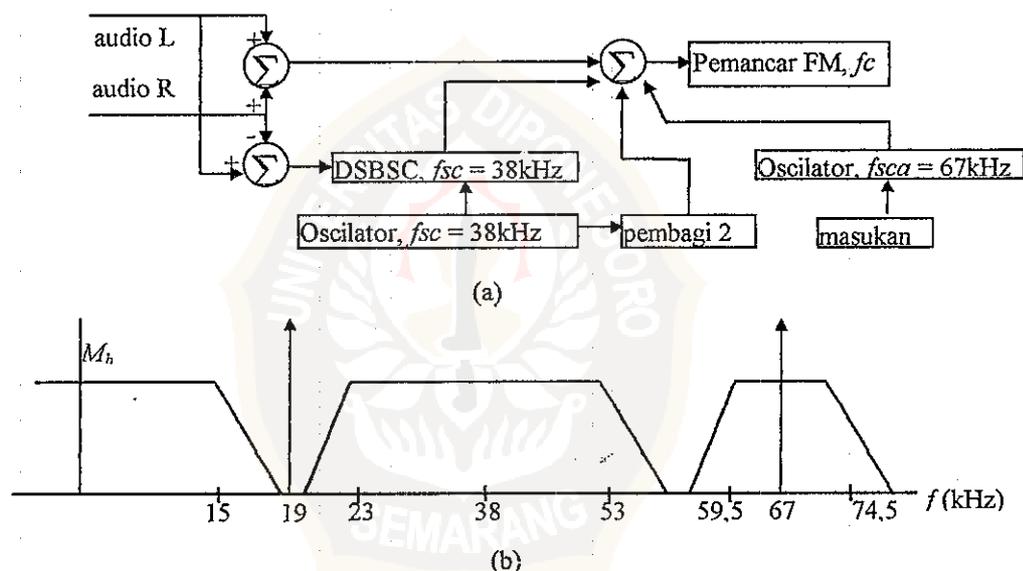
2.5. Multiplexer Radio FM Stereo

Perkembangan radio FM diawali dari siaran radio FM mono. Radio FM mono memerlukan lebar pita sebesar 15 kHz sesuai rentang frekuensi audio yaitu antara 0-15.000 Hz. Seiring perkembangan tata suara dengan ditemukan sistem stereo, maka stasiun radio FM dituntut dapat mentransmisikan sistem stereo dan tetap dapat diterima dengan penerima FM mono. Bagan dan spektrum multiplexer FM stereo dapat dilihat pada gambar 2.8.

Proses pemodulasian dimulai dengan menjumlahkan kedua sinyal masukan kiri + kanan. Selain dijumlahkan kedua sinyal masukan juga diselisahkan (kiri – kanan) dan dimodulasikan dengan sistem jalur sisi-ganda pembawa ditekan (DSBSC, *double-sideband suppressed carrier*) dengan frekuensi sub pembawa

sebesar 38 kHz. Selain kedua sinyal tersebut, dibuat sinyal dengan frekuensi 19 kHz yang digunakan untuk menghidupkan sinyal stereo pada pesawat penerima. Selanjutnya ketiga sinyal digabungkan untuk dimodulasikan pada jalur dasar frekuensi transmisi (Rondy, 1990).

Selain dua sinyal masukan yang ada, pemancar FM stereo dapat membawa informasi lain yang diletakkan pada kedudukan frekuensi antar (59,5-74,5) kHz dengan sinyal frekuensi sub pembawa sebesar 67 kHz. Saluran sub pembawa ini dikenal dengan SCA (*subsidiary communication authorization*) (Couch, 1993).



Gambar 2.8. Sistem multiplexser FM stereo. (a). Multiplexser pemancar FM stereo
(b). Spektrum frekuensi FM stereo dengan SCA(Couch, 1993).

2.6. Penemu Kembali Isyarat Modulasi (Detektor)

Sistem transmisi menggunakan modulasi amplitudo atau frekuensi, membutuhkan suatu rangkaian pemisah isyarat modulasi dengan frekuensi pembawa. Rangkaian ini dalam sistem komunikasi dinamakan rangkaian detektor.

2.6.1. Detektor Amplitudo Modulasi

Detektor amplitudo modulasi yang sering diterapkan dalam penerima modulasi amplitudo adalah detektor selubung. Detektor selubung adalah detektor modulasi amplitudo dengan mengambil selubung sinyal masukan termodulasi amplitudo, seperti ditunjukkan gambar 2.9. Detektor ini berisikan sebuah dioda dan rangkaian filter RC. Dioda digunakan untuk mengambil salah satu sisi amplitudo sinyal masuk. Rangkaian RC digunakan mengatasi kerutan frekuensi pembawa pada keluaran detektor dan mengatasi distorsi selubung.

Ketika sinyal masukan mempunyai tegangan maksimum, dioda akan terbias maju dan tegangan diteruskan untuk mengisi kapasitor dan pada saat sinyal menuju minimum, dioda terbias balik sehingga tidak ada tegangan yang diteruskan. Pada saat itu kapasitor mengeluarkan tegangan lewat tahanan.

Bila selubung sinyal masukan mempunyai persamaan:

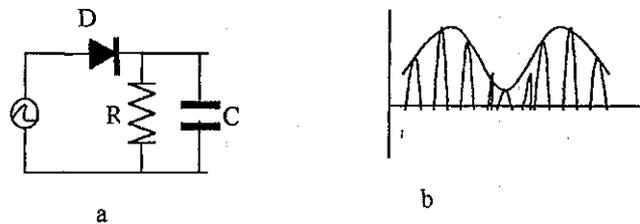
$$V_c(t) = V_c(1 + m_a \sin \omega_m t) \quad (8)$$

V_c adalah amplitudo pembawa, m_a merupakan indeks modulasi, dan ω_m merupakan frekuensi pemodulasi, maka kemiringan selubung adalah:

$$S_e = \omega_m V_c m_a \cos \omega_m t. \quad (9)$$

Pada saat ω_c jauh lebih besar dari ω_m dioda akan berhenti menghantar dan periode lucutan RC dimulai. Harga RC ditentukan sesuai harga pertidaksamaan (Krauss, 1990):

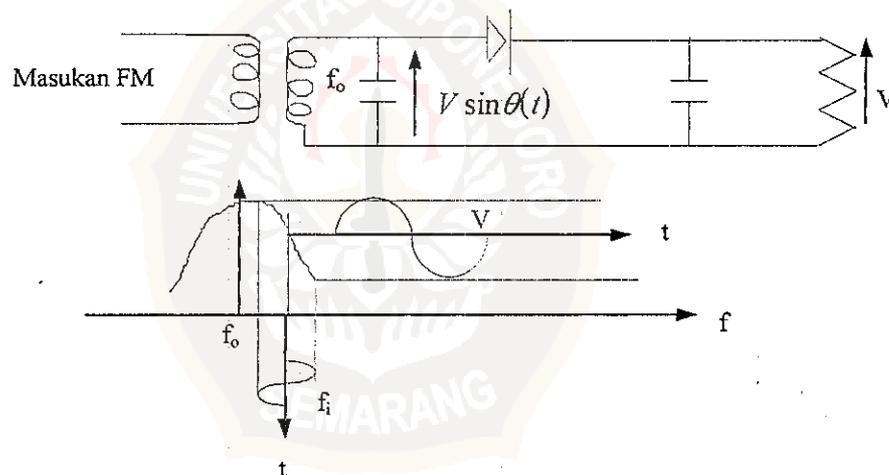
$$RC \leq \frac{1}{\omega_m} \sqrt{\frac{1}{m_a^2} - 1} \quad (10)$$



Gambar 2.9. (a). Skema rangkaian dan (b). Keluaran detektor (Krauss, 1990).

2.6.2. Detektor Frekuensi Modulasi

Rangkaian dasar detektor frekuensi modulasi adalah rangkaian detektor kecuraman yang ditunjukkan gambar 2.10.



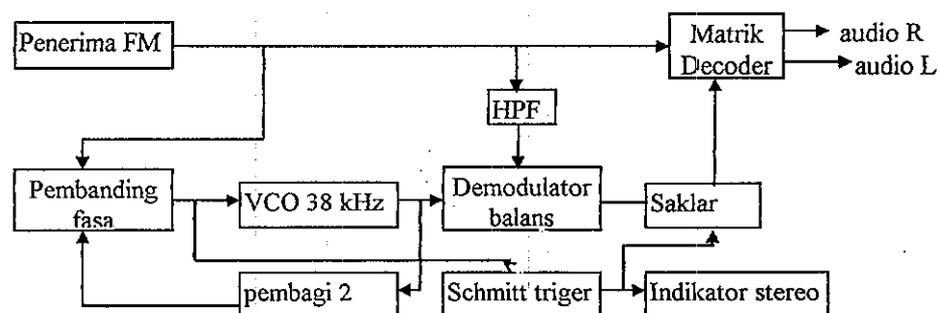
Gambar 2.10. Rangkaian detektor dan lengkung respon detektor (Krauss, 1990).

Dengan menala rangkaian untuk menerima sinyal pada kecuraman dari lengkung respon gambar di atas, besarnya tegangan V berubah-ubah sesuai frekuensi masukan. Rangkaian ditala sehingga frekuensi resonansi f_0 lebih rendah dari f_i . Bila frekuensi meningkat ke atas f_i , maka modulasi amplitudo tegangan pembawa akan jatuh. Bila frekuensi menurun ke

bawah f_c , maka tegangan akan meningkat. Perubahan tegangan terjadi karena perubahan besarnya impedansi rangkaian tala sebagai fungsi frekuensi. (Krauss, 1990).

2.7. Dekoder FM Stereo

Sinyal yang diterima dekoder sinyal terdiri dari sinyal kiri + kanan, sinyal DSB-SC, sinyal 19 kHz. Diagram pemisahan masukan audio stereo dapat dilihat pada gambar 2.11. Dekoder akan membangkitkan sinyal 19 kHz untuk mendeteksi frekuensi 19 kHz yang dipancarkan melalui rangkaian pembanding. Jika dekoder menemukan sinyal 19 kHz dalam sinyal masukan, maka saklar akan aktif dan menghidupkan indikator stereo. Selain untuk penggerak saklar sinyal keluaran pembanding dilewatkan filter 38 kHz, untuk menghilangkan frekuensi sub pembawa 38 kHz sehingga didapat sinyal kiri - kanan. Sinyal kiri - kanan diteruskan melalui saklar ke rangkaian matrik untuk dijumlahkan dengan sinyal kiri - kanan. Hasil penjumlahan matrik menghasilkan keluaran seperti sinyal yang dikirim di jalur L dan R (Roddy, 1990).



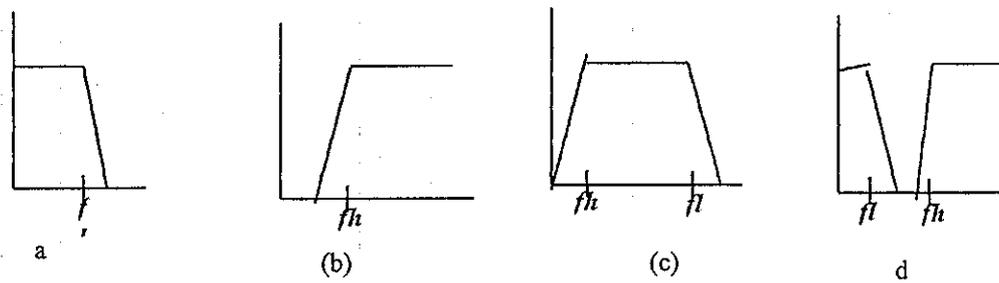
Gambar 2.11. Diagram dekoder sinyal FM stereo (Roddy, 1990).

2.8 Filter

Dalam sistem komunikasi, filter diperlukan untuk memisahkan sinyal yang dikehendaki dari sinyal-sinyal lain yang ikut terpancar dan menghindari interferensi antar sinyal-sinyal yang dikehendaki. Filter dapat dibuat menggunakan resistor, kapasitor dan induktor. Filter yang digunakan dalam komunikasi harus memiliki karakteristik pembatas frekuensi yang tajam.

Filter menurut respon amplitudonya dapat diklasifikasikan menjadi: filter lolos frekuensi rendah (*low pass filter*, LPF), filter lolos frekuensi tinggi (*high pass filter*, HPF), filter lolos frekuensi antara (*band pass filter*, BPF) dan filter penolak frekuensi antara, seperti ditunjukkan gambar 2.12. Filter lolos frekuensi rendah adalah suatu rangkaian penyaring yang hanya akan meneruskan sinyal-sinyal dengan frekuensi di bawah frekuensi potongnya, sedangkan filter lolos frekuensi tinggi adalah rangkaian filter yang hanya akan melewatkan sinyal dengan frekuensi lebih tinggi dari frekuensi potongnya. Jika suatu sinyal dilewatkan filter pelewat antara maka frekuensi di daerah frekuensi potong BPF yang akan diteruskan, sedangkan kebalikan dari filter pelewat antara adalah filter penolak frekuensi antara. Filter pelewat antara dapat dibuat dengan menyusun seri filter lolos frekuensi rendah dan filter lolos frekuensi tinggi, jika filter lolos frekuensi rendah dan filter lolos frekuensi tinggi disusun paralel menjadi rangkaian filter penolak frekuensi antara. Besarnya frekuensi potong filter yang disusun dengan resistor dan kapasitor adalah :

$$f_c = \frac{1}{2 \pi R C} \dots\dots\dots(11)$$



Gambar 2.12. Tanggapan frekuensi filter: (a) LPF, (b) HPF, (c) BPF, (d) penolak frekuensi (Milman. 1993)

Rangkaian filter RC cocok digunakan untuk frekuensi audio dan kurang baik untuk frekuensi tinggi. Untuk memfilter frekuensi tinggi digunakan rangkaian filter LC. Besar nilai frekuensi potong filter LC diberikan persamaan:

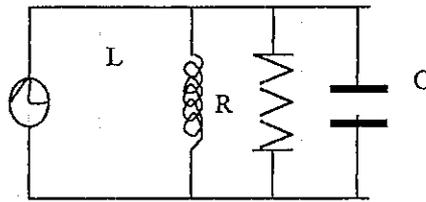
$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (12)$$

2.9. Resonansi Rangkaian Paralel RLC

Rangkaian RLC merupakan bagian terpenting yang mendasari rangkaian oscilator atau rangkaian filter pada sistem komunikasi radio. Apabila sebuah rangkaian RLC disusun paralel dengan sebuah sumber seperti gambar 2.13, maka ketika tegangan dan arus sefase akan terjadi resonansi. Jika induktor yang digunakan adalah induktor murni dan sumber mempunyai tegangan V_{ab} , besarnya impedansi dapat dinyatakan sebagai:

$$Y = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) \quad (13)$$

$$V_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j(\omega C - \omega L)} \quad (14)$$



Gambar 2.13. Rangkaian RLC paralel (Sutrisno,1986).

Rangkaian akan beresonansi jika impedansi X_C dan X_L sama pada frekuensi :

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, maka impedansi rangkaian Z sama dengan R , pada keadaan ini nilai

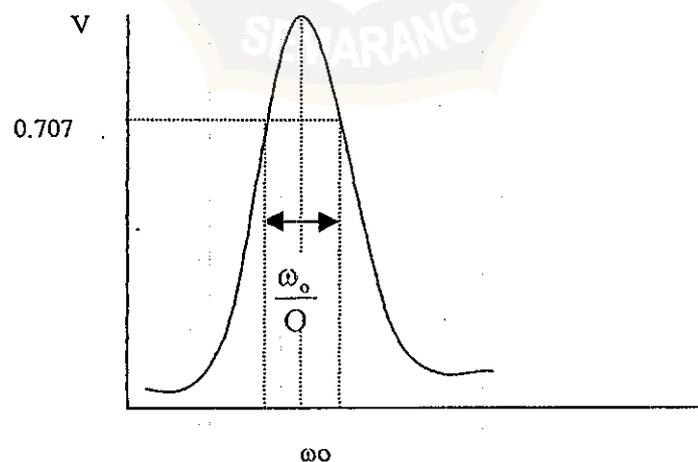
Z akan maksimal dan tegangan yang keluar juga merupakan tegangan maksimal.

Besarnya faktor kualitas adalah :

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = R\omega_0 C \quad (15)$$

Gambar 2.14 menunjukkan karakteristik rangkaian RLC, dengan lebar pita sebesar (Sutrisno,1986):

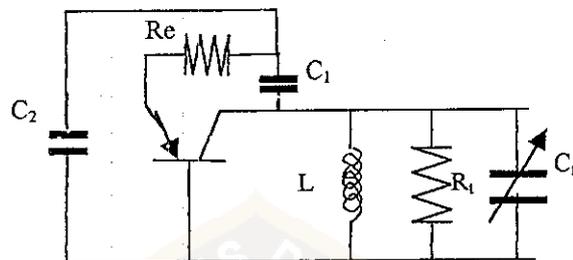
$$B = \frac{\omega_0}{Q} \quad (16)$$



Gambar 2.14. Karakteristik tegangan LC paralel (Sutrisno,1986).

2.10. Oscilator

Dalam sistem radio, oscilator gelombang sinus digunakan untuk frekuensi pembawa dan menggerakkan pencampur yang mengubah satu frekuensi ke frekuensi lainnya. Oscilator gelombang sinus pada umumnya dibangun oleh rangkaian LC dan sebuah penguat umpan balik yang memberikan penguatan sama dengan satu dengan beda fase 0 seperti gambar 2.15.



Gambar 2.15. Skema rangkaian Oscilator Colpitts (Krauss, 1990).

Besarnya frekuensi keluaran dari oscilator dapat dinyatakan dengan persamaan (12), sehingga dengan mengubah C_f atau L akan mengubah frekuensi keluaran Oscilator. C_1 dan C_2 membentuk jaringan umpan balik sedangkan R_e digunakan untuk menjaga penguatan agar tetap bernilai satu (Krauss, 1990).

2.11. Penguat Umpan Balik

Penguat umpan balik banyak diterapkan dalam rangkaian elektronika, terutama rangkaian komunikasi yang menuntut stabilitas tinggi. Dalam sistem komunikasi radio dibutuhkan informasi dengan tegangan kecil, tetapi setelah diterima harus memiliki tegangan yang cukup besar. Penguat umpan dipilih karena mempunyai beberapa keuntungan antara lain: dapat memperbesar tahanan

masukan dan memperkecil tahanan keluran, memperbaiki tanggapan frekuensi dan linieritas serta penguatan yang stabil.

Penguat umpan balik terdiri dari beberapa bagian antara lain:

1. Sumber sinyal: merupakan sumber masukan yang akan dikuatkan.
2. Jaringan umpan balik: jaringan pasif yang terdiri konfigurasi resistor, kapasitor atau induktor yang menghubungkan terminal pencuplik dan penjumlah.
3. Jaringan pencuplik adalah jaringan untuk mengambil tegangan atau arus yang akan diumpan balik.
4. Jaringan pencampur adalah suatu jaringan yang digunakan untuk mencampur isyarat masukan dan isyarat umpan balik.



Gambar 2.16. Skema penguat umpan balik (Millman, 1993).

Digram penguatan umpan balik diperhatikan gambar 2.16. Sinyal masukan penguat umpan balik merupakan campuran antara sinyal masukan dan sinyal yang diumpan balik. Jika penguatan tanpa umpan balik dinyatakan A dan penguatan umpan balik dengan β , sinyal masukan X_s , sinyal keluaran X_o , sinyal umpan balik βX_f dan sinyal selisih X_d , maka sinyal masukan penguat umpan

balik merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik $X_d = X_s -$

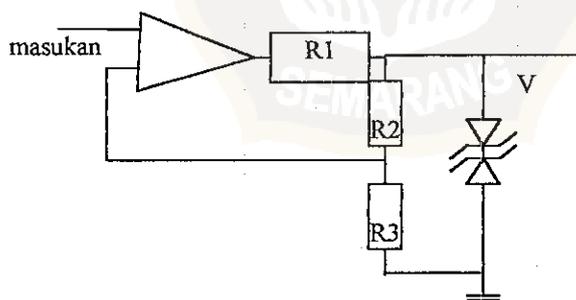
X_f , komponen transisi $\beta = \frac{X_0}{X_i}$. Besarnya penguatan umpan balik adalah:

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} \quad (17)$$

Jika nilai penguatan umpan balik lebih besar dari penguat tanpa umpan balik, umpan balik itu dikatakan umpan balik positif. Jika penguatan umpan balik mempunyai penguatan lebih kecil dari penguatan tanpa umpan balik, maka penguat umpan balik itu disebut umpan balik negatif (Millman, 1993).

2.12. Penyulut Schmit

Penyulut Schmit disebut juga pembanding regeneratif. Penyulut ini dapat digunakan untuk mengubah bentuk gelombang sinus menjadi bentuk gelombang kotak. Rangkaian penyulut ini terdiri dari rangkaian penguat umpan balik seperti gambar 2.17.



Gambar 2.17. Rangkaian penyulut Schmit (Millman, 1993).

Secara teori, jika penguatan kalang ($-\beta A_v$) sama dengan satu, maka penguatan umpan balik A_f menjadi tak berhingga, sesuai persamaan (17). Keadaan ini mengakibatkan peralihan mendadak diantara harga-harga puncak tegangan keluaran sehingga keluaran berupa gelombang kotak. (Millman, 1993).