

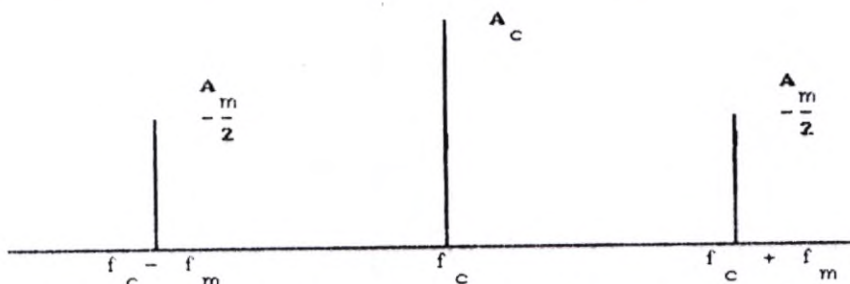
B A B I I

TEORI DAN METODA YANG DIPAKAI PEMANCAR SSB DAN PENGHITUNG FREKUENSI DIGITAL

II.1 Mengenal Sistem Single Side Band

Single Side Band adalah salah satu sistem pemodulasian dan pengiriman informasi melalui media elektromagnetik. Pemodulasian komunikasi radio sendiri merupakan proses pencampuran sinyal yang mengandung informasi dengan sinyal-sinyal pembawa, dimana variasi keduanya akan menghasilkan sinyal frekuensi radio (RF) yang termodulasi oleh sinyal frekuensi audio (AF).

Untuk sistem pemodulasian yang mengutamakan amplitudo untuk keluarannya maka sistem ini disebut modulasi amplitudo (AM) yaitu sistem dimana keluaran pemodulasian berdomain frekuensi: satu sinyal pembawa yang tidak mengandung informasi yang berada di tengah dengan diapit dua buah sinyal yang mengandung informasi yang berada di pita atas (*upper side band / USB*) dan di pita bagian bawah (*lower side band / LSB*) yang mengandung informasi. Berikut ditunjukkan domain frekuensi dari sebuah sinyal AM, dengan frekuensi pembawa f_c dan pemodulasi f_m .



GB.2.1 Spektrum frekuensi dari sebuah sinyal AM

Pengiriman sinyal frekuensi radio AM seperti ditunjukkan di atas mempunyai banyak kerugian, antara lain karena sinyal yang tidak mengandung informasi membutuhkan lebih kurang $2/3$ daya yang dikosumsi, baru selebihnya adalah daya yang mengandung informasi, hal ini merupakan pemborosan.

Pada gambar domain dari spektrum sinyal, juga ditunjukkan bahwa dua pita sisi yang berada di samping sinyal pembawa adalah identik, jadi lebih menguntungkan bila kita dapat mengirimkan satu sisi jalur saja, kemudian kita munculkan kembali persis pada penerima.

Secara umum perbandingan daya antara gelombang AM pita sisi ganda dengan pembawa penuh (DSB-FC) : pita sisi ganda dengan pembawa ditindas (DSB-SC) serta pita sisi tunggal (SSB) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{array}{l} \text{DSB-FC} \quad \star : \quad \text{DSB-SC} \quad : \quad \text{SSB} \quad \star \\ (1 + 1/2 m^2) \quad : \quad (1/2 m^2) \quad : \quad (1/4 m^2) \quad \dots \quad (2.1) \end{array}$$

dimana : m = indeks modulasi.

Apabila dengan cara AM biasa (DSB-FC) daya pancar adalah 270 watt, dengan indeks modulasi = 40% (0,4) maka dengan sistem SSB daya pancarnya hanya :

$$= \frac{0,25 m^2}{1 + 0,5 m^2} \times 270 \text{ watt} = 10 \text{ watt}$$

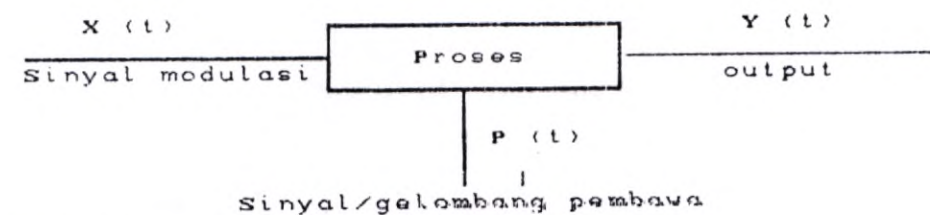
Dengan sistem SSB, jelas sekali daya pancar sangat hemat.

II.2. Teori Dasar Single Side Band

Sebelum kita mengenal Sistem Single Band terlebih dahulu kita harus tahu bagaimana mendapatkan sinyal Amplitudo Modulasi dengan pembawa penuh. Dimana sebelumnya telah dijelaskan bahwa proses modulasi adalah penumpangan sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa yang umumnya berfrekuensi tinggi agar dapat dipancarkan ke udara bebas. Dimana untuk sinyal pembawa harus mempunyai syarat-syarat yakni :

- Mempunyai sifat transmisi yang lebih baik dari pada sinyal pemodulasi agar sinyal pemodulasi tidak mengalami gangguan, cacat (*distorsi*).
- Kestabilan frekuensi dari sinyal pembawa harus tinggi.
- Harus dapat diperoleh kembali sinyal pemodulasi, pada saat sinyal diterima oleh penerima (*receiver*) sinyal pembawa termodulasi harus mampu terpisahkan antara sinyal pembawa dan sinyal pemodulasi.

Secara umum kita dapat menggambarkan proses pemodulasi AM sebagai berikut :



Gb. 2.2 Proses Pemodulasian AM

Apabila kita mempunyai sinyal pembawa berbentuk :

$$P(t) = A_c \cos \omega_c t \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Sedangkan perubahan amplitudo $P(t)$ oleh $X(t)$ secara linear, maka :

- Amplitudo $P(t)$ tanpa modulasi ($X(t) = 0$) = A_c
- Amplitudo $P(t)$ dengan modulasi amplitudo :

$$A_c + k_A X(t)$$

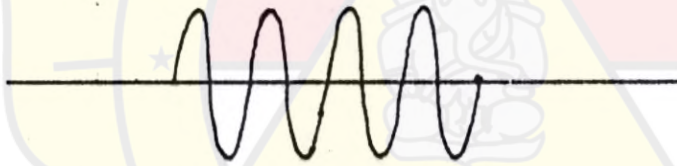
dimana K_A adalah konstanta amplitudo.

Maka persamaan gelombang amplitudo modulasi adalah sebagai berikut :

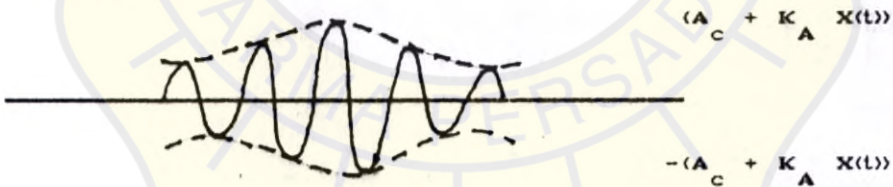
$$V_{AM}(t) = (A_c + K_A X(t)) \cos \omega_c t \quad \dots\dots (2.3)$$

Bentuk gelombangnya

- Tanpa modulasi



- Dengan modulasi



ab. 2.3 Bentuk gelombang AM

Jika $X(t) = A_m \cos \omega_m t$, maka :

$$V_{AM}(t) = (A_c + k_A A_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t$$

dimana : $\frac{K_A}{A_c} \cdot \frac{A_m}{A_c} = \text{indeks modulasi} = m$

$$V_{AM}(t) = A_c \left(\cos \omega_c t + \frac{m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t + \dots \right. \\ \left. \frac{m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t \right) \dots \dots \dots (2.5)$$

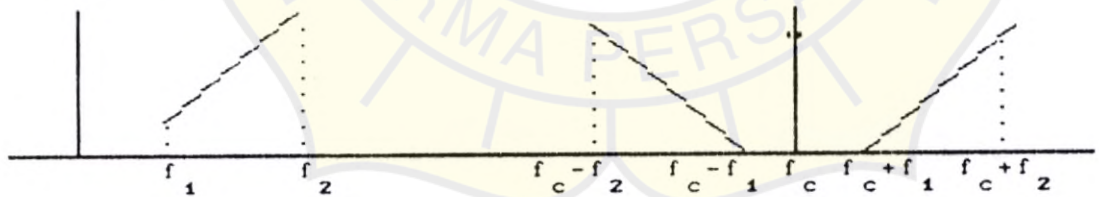
Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa sinyal pemodulasi AM mempunyai 3 besaran, yaitu :

- $A_c \cos \omega_c t$ adalah besaran sinyal pembawa yang tidak mengandung informasi saat dipancarkan.
- $A_c \frac{m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)$ adalah besaran sinyal sisi atas (Upper Side Band = USB) yaitu sinyal yang mengandung informasi.
- $A_c \frac{m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)$ adalah besaran sinyal sisi bawah (Lower Side Band = LSB) juga sinyal yang mengandung informasi.

Jadi dapat dikatakan :

Sinyal termodulasi amplitudo terdiri dari sinyal pembawa yang diapit masing-masing oleh sinyal sisi jalur atas dan sisi jalur bawah.

Jika spektrum $X(t)$ terdiri dari suatu batas frekuensi f_1 dan f_2 maka :



Gb. 2.4 Spektrum dari pemodulasian AM

Telah kita sebutkan di atas bahwa :

Supaya amplitudo $V_{AM}(t) > 0$

maka persamaan di atas bisa kita ketahui :

$$(1 + m \cos \omega_m t) \geq 0$$

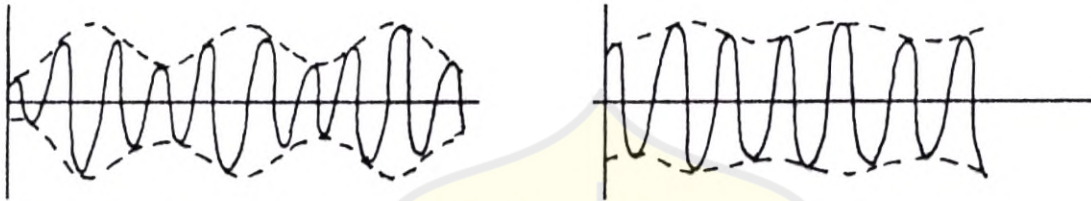
$$m \cos \omega_m t \geq -1$$

karena $-1 \leq \cos \omega_m t \leq 1$

$$m \leq 1$$

Dengan $K_A \geq 0 \longrightarrow 0 \leq m \leq 1$

Bentuk keluaran untuk beberapa kondisi m :



Gb. 2.5 kondisi beberapa nilai m

Pengaruh indeks modulasi adalah mengetahui besar kecilnya informasi yang dapat dipancarkan. Jika masukan pemodulasi linier ($K_A = 1$) maka daya paling besar atau maksimum diperoleh apabila tegangan maksimum pemodulasi sama dengan tegangan pembawa atau $V_p = V_s$ atau dikatakan indeks modulasi $m = 1$ (100%) jadi daya umpan balik (*feed back power*) yang akan membahayakan pesawat itu sendiri. Tetapi bila indeks modulasi lebih dari satu, maka disebut modulasi lebih (*over modulation*) yang dapat menimbulkan :

- Cacat modulasi karena informasi terpotong.
- Adanya pemborosan daya sebagai akibat adanya daya yang dikirim tidak mengandung informasi.
- Frekuensi larasan yang mengganggu.

Kita mempunyai persamaan umum sinyal AM :

$$V_{AM}(t) = A_C \cos \omega_C t + K_A X(t) \cos \omega_C t \dots (2.6)$$

Secara matematis dapat kita tuliskan :

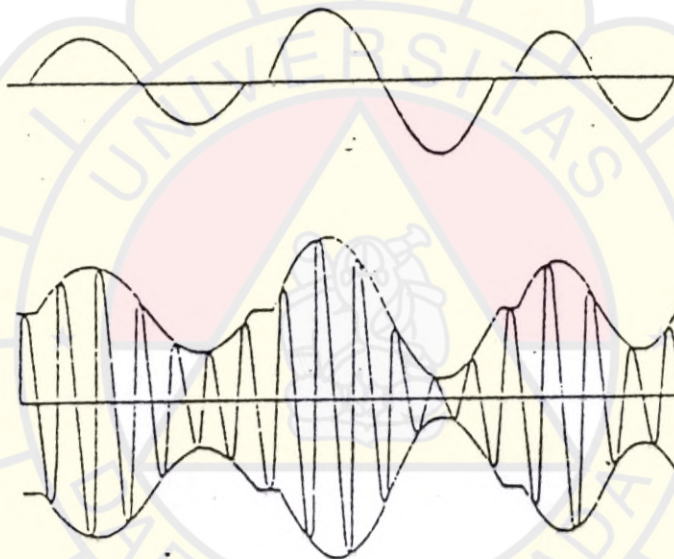
$$V_{AM}(t) = m/2 A_c \cos(\omega_c + \omega_m)t$$

Untuk sisi jalur atas (Upper Side Band - USB)

$$V_{AM}(t) = m/2 A_c \cos(\omega_c - \omega_m)t$$

Untuk sisi jalur bawah (Lower Side Band - LSB)

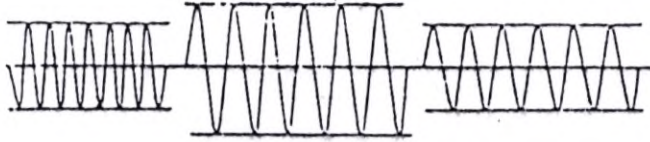
Berikut ini ditunjukkan bentuk-bentuk gelombang untuk DSB-FC ; DCB-SC dan SSB.



i. gelombang AM



ii. Gelombang Pembawa Terlekan (DSB)



GB. 2.7 Gelombang AM, DSB-FC, DSB-SC dari sinyal modulasi sinusoidal.

Berikut ini diperlihatkan rekayasa sebuah pemodulasian amplitudo secara analitis matematis bila kita ketahui bahwa sinyal pemisalan untuk pemodulasi berfrekuensi 1 KHz dengan amplitudo 10 volt, sedangkan pembawa berfrekuensi 1 MHz dengan amplitudo 20 volt, maka kita dapatkan :

* Persamaan gelombang pembawa (e_c)

$$= A_c \cos(\omega_c) t \quad \text{dimana } \omega_c = 2\pi f_c$$

$$= 20 \cos 6,28 \cdot 10^6 t$$

* Persamaan gelombang pemodulasi (e_m)

$$= A_m \cos(\omega_m) t \quad \text{dimana } \omega_m = 2\pi f_m$$

$$= 10 \cos 6,28 \cdot 10^3 t$$

* Indeks modulasi pancaran (m) = $V_m / V_c = 10/20 = 0,5$

* Bentuk umum gelombang yang sudah termodulasi

$$V_{AM}(t) = A_c \cos(\omega_c) t + m/2 A_c \cos(\omega_c + \omega_m) t$$

$$+ m/2 A_c \cos(\omega_c - \omega_m) t$$

$$= 20 \cos 6,28 \cdot 10^6 t + 5 \cos(6,28 \cdot 10^6 +$$

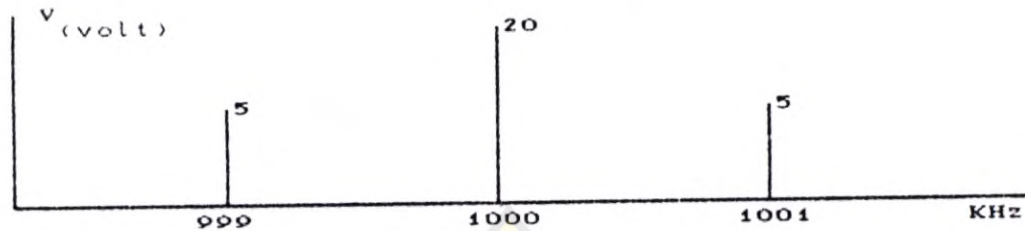
$$6,28 \cdot 10^3) t + 5 \cos(6,28 \cdot 10^6 -$$

$$6,28 \cdot 10^3) t$$

Jika kita lihat domain spektrumnya kita dapatkan :

$$V_{AM}(t) = A_c \cos 2\pi (10^6) t + m/2 A_c (10^6 + 10^3) t \\ m/2 A_c (10^6 - 10^3) t$$

Grafik spektrum frekuensi :



GB. 2. B Spektrum dari sinyal AM

Daya rata-rata sinyal modulasi amplitudo

$$* V_{AM}(t) = A_c \cos \omega_c t + m/2 A_c \cos (\omega_c + \omega_m) t \\ m/2 A_c \cos (\omega_c - \omega_m) t$$

* Daya rata-rata dapat ditulis $P = \frac{V^2}{R}$ dimana :

V = tegangan efektif dari sinyal pembawa

R = resistansi dari keluaran

* Dengan memisalkan $R = 1$ Ohm, maka daya rata-rata sinyal modulasi dapat dihitung :

$$P_{AM}(t) = \frac{V_p^2}{2}$$

$$P_{AM}(t) = \frac{V_p^2}{2} + \frac{V_p^2 m^2}{8} + \frac{V_p^2 m^2}{8}$$

$$P_{AM}(t) = \frac{V_p^2}{2} (1 + m^2/4 + m^2/4) \dots (2.8)$$

Apabila diketahui :

DSB-FC adalah jalur sisi ganda dengan pembawa penuh yang artinya tidak ada bagian dihilangkan atau AM Biasa.

DSB-SC adalah jalur sisi ganda dengan pembawa ditindas.

SSB adalah jalur sisi tunggal dengan pembawa ditindas.

Maka kita dapat membuat perbandingan untuk masing-masing :

$$\text{DSB-FC} : \text{DSB-SC} : \text{SSB}$$

$$\frac{V^2}{2} \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) : \frac{V^2}{2} \left(\frac{m^2}{2} \right) : \frac{V^2}{2} \left(\frac{m^2}{4} \right)$$

$$\left(1 + \frac{m^2}{2} \right) : \left(\frac{m^2}{2} \right) : \left(\frac{m^2}{4} \right)$$

Apabila daya yang masuk pada pesawat kita ketahui, maka kita dapat menghitung penghematan daya SSB-SC terhadap AM biasa, misalkan untuk a. $m = 100\%$ b. $m = 50\%$

a. Untuk $m = 100\%$ kita dapatkan :

$$P_{\text{AM}} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) = P_c \left(1 + \frac{1^2}{2} \right) = 1,5 P_c$$

$$P_{\text{SSB}} = P_c \left(\frac{m^2}{4} \right) = P_c \left(\frac{1^2}{4} \right) = 0,25 P_c$$

$$\text{Penghematan} = \frac{1,5 - 0,25}{1,5} : \frac{1,25}{1,5} = 0,833 = 83,3\%$$

b. Untuk $m = 50\%$ kita dapatkan :

$$P_{\text{AM}} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) = P_c \left(1 + \frac{0,5^2}{2} \right) = 1,125 P_c$$

$$P_{\text{SSB}} = P_c \left(\frac{m^2}{4} \right) = P_c \left(\frac{0,5^2}{4} \right) = 0,0625 P_c$$

$$\text{Penghematan} = \frac{1,125 - 0,0625}{1,1} : \frac{1,0625}{1,125} = 94,4 \%$$

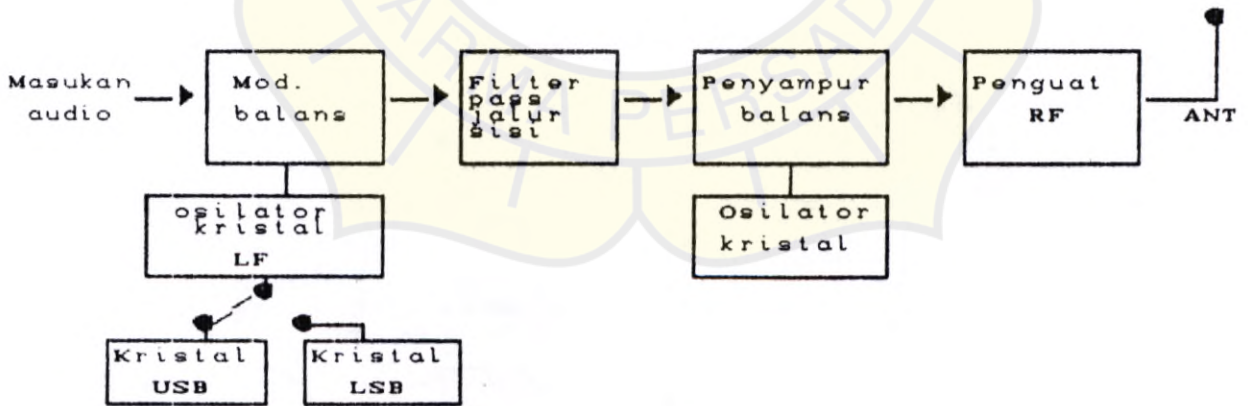
II.3 Mengenal Metoda Pembangkitan SSB

Pada sub bab terdahulu telah diterangkan mengenai bagaimana sebenarnya SSB itu. Sedangkan pada sub bab ini diterangkan bagaimana mendapatkan sinyal SSB tersebut. Secara umum sistem ini didapatkan melalui beberapa metoda yaitu :

- 2.3.1. Metoda Filter
- 2.3.2. Metoda Penggeser Fasa
- 2.3.3. Metoda ke Tiga

2.3.1. Metoda Filter

Metoda ini yang mula-mula dikembangkan menggunakan sebuah rangkaian modulator penyeimbang (*balanced modulator*) untuk membangkitkan sinyal DSB-SC yang kemudian diikuti oleh filter-filter sisi jalur yaitu filter pelewat jalur (*band pass filter*) yang sempit dan hanya meneruskan sisi jalur



ab. 2.9 Pembangkit SSB Metoda filter

frekuensi yang diinginkan. Pada gambar berikut ditunjukkan pembangkitan Single Side Band dengan mempergunakan filter pelewat sisi untuk menghapus sisi yang tidak dikehendaki. Pada metoda ini sebuah sinyal pembawa dan pemodulasi dimasukkan pada modulasi penyeimbang yang tidak lain adalah sebuah pengali, keluaran merupakan hasil perkalian dari kedua inputnya. Misalkan sinyal pembawa adalah $\text{Cos } \omega_c$ dan sinyal pemodulasi $\text{Cos } \omega_m$, maka keluaran pengali :

$$\text{Cos } \omega_c \text{ cos } \omega_m = \frac{\text{Cos } (\omega_c + \omega_m) + \text{Cos } (\omega_c - \omega_m)}{2}$$

Gelombang keluaran ini tidak lain adalah gelombang sisi jalur ganda dengan pembawa ditekan. Gelombang SSB diperoleh dengan menyaring sisi jalur yang diinginkan dengan menggunakan sebuah rangkaian filter pelewat jalur yang diinginkan. Filter ini harus mempunyai lebar jalur (*bandwidth*) yang sempit dan curam sehingga dapat meloloskan satu sisi jalur saja, dengan menyaring sisi yang lain. Lebar jalur dibutuhkan sekitar 3 KHz sesuai dengan lebar spektrum suara manusia. Selain itu karakteristik redaman pada jalur lewatan (*passband*) harus datar (*flat*), walaupun ada cacat (*ripple*) tidak melebihi 3 dB yang dapat menyebabkan distorsi pada sinyal informasi.

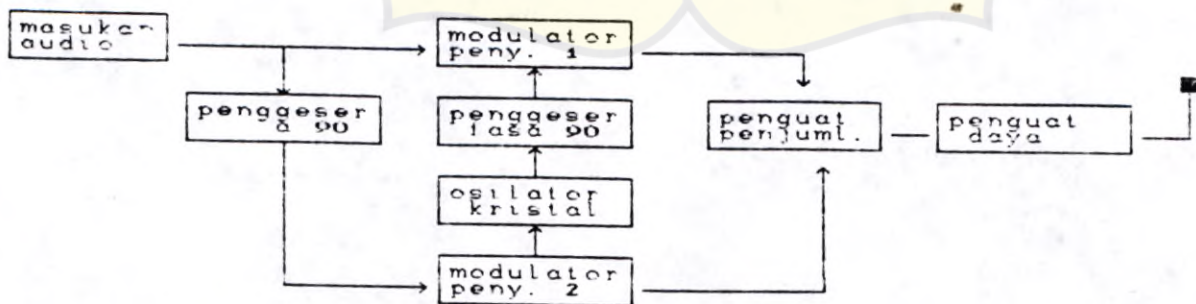
Pada daerah frekuensi diluar jalur lewatan, redaman filter harus tinggi. Terutama pada daerah sisi jalur agar sisi jalur yang tidak dikehendaki benar-benar tersaring. Semakin besar redaman jalur yang dikehendaki maka semakin efisien penggunaan dayanya.

Filter yang mempunyai karakteristik seperti tersebut di atas sukar dibuat, terutama pada awal perkembangan SSB. Hal ini merupakan penyebab mengapa metoda ini kurang populer. Namun teknologi pembuatan filter telah berkembang, sekarang telah terdapat filter kristal maupun mekanik yang dibuat khusus untuk keperluan ini. Filter kristal mempunyai karakteristik redaman yang amat baik, mendekati filter ideal dan redaman sisi jalurnya bisa melebihi 60 dB.

Beberapa alternatif yang lain dengan menggunakan filter keramik yang biasa dipergunakan untuk penerima AM. Sebenarnya filter ini mempunyai lebar jalur yang cukup besar untuk SSB (sekitar 10 HKz) tetapi dengan menseri (*kaskade*) beberapa jenis filter keramik, dapat diperoleh lebar jalur yang sempit.

2.3.2. Metoda Penggeser Fasa.

Untuk metoda ini akan dipergunakan dua buah modulator penyeimbang dan dua buah penggeser fasa yang mempunyai frekuensi sebesar ω_c dimasukkan pada kedua modulator penyeimbang.



Ob. 2.10 Blok diagram SSB metoda penggeser

Demikian juga dengan sinyal pemodulasi, sebelum dimasukkan ke modulator penyeimbang terlebih dulu melalui rangkaian penggeser fasa 90 derajat.

Agar lebih jelasnya cara kerja dari metoda penggeser fasa ini, kita umpamakan sinyal pemodulasi input salah satu modulasi penyeimbang adalah $\cos \omega_m t$ dan pada input modulator lainnya adalah $\sin \omega_m t$. Begitu juga dengan frekuensi pembawa, pada salah satu modulator penyeimbang lainnya sebagai $\sin \omega_c t$. Dimana kita ketahui :

$$\sin(\omega t + 90^\circ) = \cos \omega t$$

Dan output dari modulator penyeimbang adalah merupakan perkalian (*product*) dari sinyal-sinyal inputnya. Jadi output masing-masing penyeimbang sebagai berikut :

$$\cos \omega_m t \cos \omega_c t = 1/2(\cos(\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c - \omega_m)t)$$

$$\sin \omega_m t \sin \omega_c t = 1/2(\cos(\omega_c + \omega_m)t - \cos(\omega_c - \omega_m)t)$$

- Jika sinyal-sinyal tersebut diatas dijumlahkan menjadi :

$$\cos(\omega_m - \omega_c)t$$

Ini berarti akan dihasilkan sisi jalur bawah (L S B)

- Jika sinyal-sinyal tersebut dikurangkan menjadi :

$$\cos(\omega_m + \omega_c)t$$

Ini berarti akan dihasilkan sisi jalur atas (U S B)

Redaman sisi jalur pada metoda ini ditentukan oleh kualitas penggeser fasa ini.

Agar diperoleh redaman yang tinggi, beda fasa yang dihasilkan harus mendekati 90° . Pergeseran fasa sedikit saja akan menemukan redaman jalur sisi amat drastis. Redaman sisi jalur untuk metoda ini dapat diperoleh :

$$\text{Redaman (dB)} = 20 \log (\text{tg } (\beta))$$

dimana β pergeseran fasa dari 90° .

Misalkan pergeseran fasa yang terjadi adalah 91° , maka β adalah : $91^\circ - 90^\circ = 1$ derajat

$$\begin{aligned} \text{Redaman} &= 20 \log (\text{tg } 1^\circ) \\ &= 35 \text{ dB} \end{aligned}$$

Untuk pergeseran 3° akan dihasilkan redaman 25 dB dan seterusnya.

Redaman diatas 40 dB sulit diperoleh dengan metoda ini.

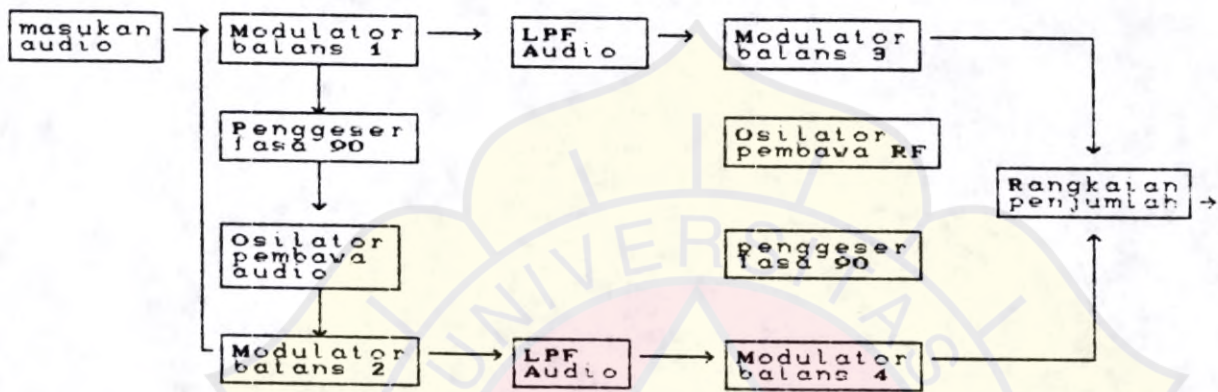
Umumnya pembangkitan SSB dengan metoda ini kurang begitu populer dibandingkan dengan metoda filter ini disebabkan metoda ini membutuhkan penyetelan yang begitu hati-hati agar didapat hasil yang memuaskan. Modulator penyeimbang harus benar-benar seimbang agar didapat penekanan pembawa pada masukan tiap-tiap modulator harus tepat 90 derajat. Demikian juga dengan sinyal pemodulasi. Adalah sulit untuk membuat pergeseran fasa yang tepat 90° untuk setiap frekuensi sinyal pembicaraan yang memiliki spektrum dar 300 - 3000 Hz kesalahan beberapa derajat saja pada penggeser fasa akan menyebabkan buruknya penekanan sisi jalur yang tidak diinginkan.

2.3.3 Metoda Ketiga

Pembangkitan sinyal SSB pada metoda ini pertama dikembangkan oleh Weaver sehingga sering disebut Metoda Weaver. Metoda ketiga merupakan modifikasi dari metoda penggeser fasa dari seluruh frekuensi-frekuensi yang ada

pada daerah pembicaraan dengan sudut fasa yang tepat 90 derajat. Metoda ketiga ini merupakan saingan langsung dari metoda filter meskipun memakai teknik penggeseran fasa 90°, tetapi penyetelannya menjadi lebih mudah.

Berikut ini ditunjukkan blok dari sebuah rangkaian metoda ketiga :



GB. 2. 11 "Metoda Ketiga" pembangkitan sinyal SSBSC.

Dari blok diagram di atas pada bagian terakhir identik dengan diagram blok pada metoda penggeser fasa 90° dilakukan untuk seluruh daerah frekuensi pembicara, maka pada metoda ketiga, penggeseran fasa 90° dilakukan pada frekuensi pembawa dan pada sebuah sinyal audio dengan frekuensi tertentu yang besarnya tetap. Sinyal audio ini disebut pembawa frekuensi audio (*audio frequency carrier* = f_o). Pembawa audio ini setelah mengalami pergeseran fasa 90° dikalikan dengan sinyal-sinyal pembicara oleh modulator penyeimbang M_1 dan M_3 . Biasanya pembawa frekuensi audio ini diletakkan di tengah-tengah daerah frekuensi pembicara. Sebagai contoh misalnya frekuensi pembicara 1650 KHz, sebelum dimasukkan pada pasangan modulator penyeimbang yang

kedua, sinyal-sinyal keluaran dari masing-masing modulator penyeimbang pertama tadi dimasukkan dulu ke sebuah filter lolos bawah (*low pass filter*) yang mempunyai frekuensi cut off sebesar f_o .

Untuk lebih jelasnya kita bisa menganalisa metoda ketiga dalam bentuk fungsi goneometri. Untuk itu kita memisalkan frekuensi pembicaraan dengan notasi f_i dan RF carrier dengan notasi f_c dimana $\omega_i = 2\pi f_i$ dan $\omega_c = 2\pi f_c$.

Analisa berikut ini terbagi menjadi dua bagian yaitu pada saat f_i lebih kecil dari f_o dan untuk daerah dimana f_i lebih besar dari f_o .

a. Untuk f_i lebih kecil dari f_o .

Pada titik B keluaran dari modulator penyeimbang M_1 terdapat sinyal yang merupakan hasil kali dari dua buah sinyal yaitu $\cos \omega_o t$ dan $\sin \omega_i t$ yang menghasilkan sinyal dalam bentuk :

$$\begin{aligned} e_1 &= 2 \cos \omega_o t \sin \omega_i t \\ &= [\sin (\omega_o + \omega_i) t - \sin (\omega_o - \omega_i) t] \end{aligned}$$

Setelah melalui filter pelewat bawah sinyal yang berfrekuensi diatas frekuensi "cut off" dari filter dibuang (dalam hal ini adalah $\omega_o + \omega_i$). Dengan demikian tegangan sinyal yang masih ada pada filter pelewat bawah, pada titik C adalah :

$$e_1 = - \sin (\omega_o - \omega_i) t$$

Dan pada titik D, keluaran dari M_2 adalah :

$$\begin{aligned} e_1 &= -2 \cos \omega_c t \sin (\omega_o - \omega_i) t \\ &= \sin (\omega_c - \omega_o + \omega_i) t \end{aligned}$$

$$= \sin(\omega_c - \omega_o + \omega_i) t - \sin(\omega_c - \omega_o + \omega_i) t$$

..... (2.9)

Sementara itu pada titik-titik E, keluaran dari modulator penyeimbang M_3 terdapat sinyal dalam bentuk :

$$e_2 = 2 \sin \omega_o t \sin \omega_i t$$

$$= [\cos(\omega_o - \omega_i) t - \cos(\omega_o + \omega_i) t]$$

Setelah melalui filter pelewat bawah, keluaran yang masih tinggal pada F adalah :

$$e_2 = \cos(\omega_o - \omega_i) t$$

dan keluaran dari modulator penyeimbang yang timbul pada titik D adalah :

$$e_2 = 2 \sin \omega_c t \cos(\omega_o - \omega_i) t$$

$$= \sin(\omega_c + \omega_o - \omega_i) t + \sin(\omega_c - \omega_o + \omega_i) t$$

..... (2.10)

Pada rangkaian penjumlahan (*adder*) sinyal (2-9) dijumlahkan dengan (2-10), hasilnya adalah :

$$e_o = 2 \sin(\omega_c - \omega_o + \omega_i) t$$

Dari bentuk di atas, terlihat bahwa e_o merupakan sinyal sisi jalur atas dengan frekuensi $(f_c - f_o + f_i)$ dimana nominal pembawa dari sinyal sisi jalur atas ini mempunyai frekuensi sebesar : $f_c - f_o$.

b. Untuk f_i lebih tinggi dari f_o .

Jika f_i lebih tinggi dari f_o maka akan terjadi keadaan :

Pada titik B keluaran modulator penyeimbang M_1 adalah :

$$e_1 = 2 \cos \omega_o t \sin \omega_i t$$

$$= \sin(\omega_o + \omega_i) t - \sin(\omega_o - \omega_i) t$$



$$= [\sin (\omega_0 + \omega_i) t + \sin (\omega_0 - \omega_i) t]$$

Setelah melalui filter pelewat bawah, tegangan sinyal yang tertinggal menjadi :

$$e_1' = [\sin (\omega_i - \omega_0) t]$$

Sinyal ini dimasukkan ke modulator penyeimbang M_2 diperkalikan dengan sinyal yang berasal dari RF osilator pembawa, keluaran menjadi:

$$\begin{aligned} e_1' &= 2 \cos \omega_c t \sin (\omega_i - \omega_0) t \\ &= [\sin (\omega_c + \omega_i - \omega_0) t - \sin (\omega_c - \omega_i + \omega_0) t] \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (2.11)$$

Selanjutnya kita lihat pada titik E, keluaran M_3 terdapat tegangan sinyal :

$$\begin{aligned} e_2' &= 2 \sin \omega_i t \sin \omega_0 t \\ &= \cos (\omega_i - \omega_0) t - \cos (\omega_i + \omega_0) t \end{aligned}$$

Setelah dilewatkan melalui filter pelewat bawah keluaran :

$$e_2' = \cos (\omega_i - \omega_0) t$$

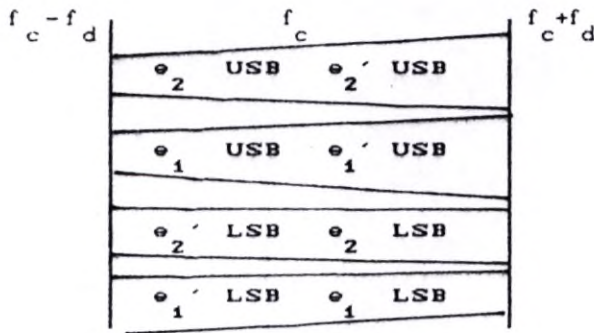
Dari hasil kali dari modulator penyeimbang M_4 di titik D :

$$\begin{aligned} e_2' &= 2 \sin \omega_c t \cos (\omega_i - \omega_0) t \\ &= \sin (\omega_c + \omega_i - \omega_0) t + \sin (\omega_c - \omega_i + \omega_0) t \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (2.12)$$

Pada rangkaian penjumlahan sinyal (2-11) dijumlahkan dengan (2-12) hasilnya adalah :

$$\begin{aligned} e_0' &= 2 \sin (\omega_c + \omega_i - \omega_0) t \\ &= 2 \sin (\omega_c - \omega_0 + \omega_i) t \end{aligned}$$

Seperti halnya pada A, e_0' inipun merupakan sinyal sisi jalur atas dengan frekuensi $(f_c - f_0 + f_i)$ dimana nominal frekuensi pembawanya adalah $(f_c - f_0)$.

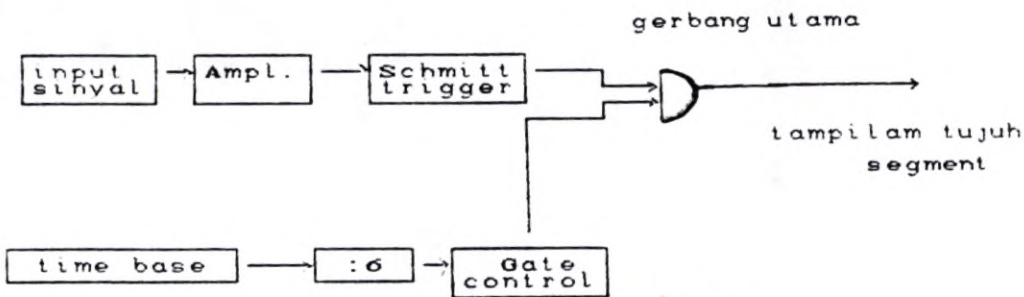


Ab. 2.12 Distribusi sisi jalur- sisi jalur pada pembangkit SSB metoda ketiga.

Gambar dari situasi yang terjadi digambarkan pada gambar di atas. Terlihat pada gambar bahwa sisi jalur lebih rendah saling meniadakan dan sisi jalur lebih tinggi saling memperkuat dan lokasi setiap sinyal di dalam spektrum frekuensinya. Jika sisi jalur yang lebih rendah yang diinginkan, maka fasa dari sinyal pembawa akan dimasukkan ke modulator penyeimbang M_1 harus dibalik dahulu (digeser 180°) keluarannya berupa sinyal sisi yang lebih rendah akan muncul dengan frekuensi $f_c + f_o - f_i$ dengan nominal pembawa pada frekuensi $f_c + f_o$.

II.4 Teori Dasar Penghitung Frekuensi

Frekuensi suatu sinyal listrik dapat diukur dengan cara menghitung jumlah siklus dari sinyal tersebut dalam interval waktu tertentu. Untuk jelasnya lihat terlebih dulu gambar dibawah :



Gb. 2.19 Blok diagram penghitung frekuensi digital

Ada dua sinyal yang diumpangkan ke main gate yaitu input sinyal dan gating sinyal. Dalam prototipe ini digunakan Nand gate 2 input Schmitt Trigger sebagai main gatenya.

Input signal yang frekuensinya akan diukur, pertama-tama dihubungkan ke rangkaian amplifier, untuk kemudian ke sebuah rangkaian Schmitt Trigger. Rangkaian ini mengubah bentuk gelombang input signal menjadi bentuk segi empat (square wave) dengan amplitudo yang sesuai untuk level tegangan IC TTL tanpa memperhatikan amplitudo gelombang input.

Gating signal dibangkitkan oleh osilator kristal, dalam diagram blok ini ditunjukkan bahwa frekuensi osilator atau time base mempunyai dasar pewaktu 60 Hz dengan pembangkit kristal utama sebesar 3,579545 MHz.

Output dari rangkaian time base diumpangkan ke rangkaian schmitt trigger sehingga outputnya berbentuk gelombang square dengan t_r (rise time) dan t_f (fall time) yang sempit. Output ini kemudian dihubungkan ke rangkaian pembagi 6, yang diteruskan ke rangkaian gate kontrol flip-flop.

Ketika pulsa time base yang pertama tiba maka gate kontrol flip-flop akan menghasilkan Gating Signal dengan keadaan yang akan menyebabkan Input Signal dapat melewati Main Gate menuju ke rangkaian Desimal Counter untuk dihitung dan diperagakan pada display. Input signal akan terus melewati Main Gate sampai datangnya pulsa kedua dari time base Gate Control flip-flop. Kemudian Gate Control flip-flop akan menghasilkan Gating Signal dengan keadaan yang lain yang tidak memungkinkan lewatnya Input Signal melalui Main Gate. Sehingga rangkaian Desimal Counter berhenti menghitung. Hasil hitungan ini merupakan besarnya frekuensi input signal yang diukur.



dimana :

- $A_c \cos \omega_c t$ berada dalam 1 garis spektrum di $f = f_p$
- $K_A X(t) \cos \omega_c t$ berada dalam 2 buah spektrum yang merupakan $X(t)$ yang digeser ke kanan dan kiri sejauh f_c .

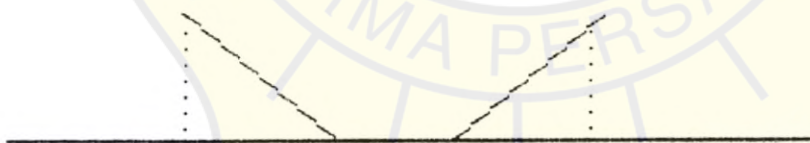
Kalau dilihat tentu hal tersebut tidak efisien karena adanya bagian yang tidak mengandung informasi, yaitu sinyal pembawa dan sedapat mungkin sinyal ini dihilangkan sehingga kita dapatkan suatu teknik pengiriman baru dimana pembawa ditekan atau yang disebut teknik pemodulasian DSB-SC (*Double Side Band Supressed Carrier*) yang mempunyai persamaan matematis :

$$V_{(AM-DSBSC)} = K_A X(t) \cos \omega_c t$$

Jika kita kembalikan persamaan sebelumnya maka persamaan ini dapat ditulis :

$$V_{(AM-DSBSC)} = m/2 \cos (\omega_c t + \omega_m t) + m/2 \cos (\omega_c t - \omega_m t) \dots \dots (2.7)$$

Jika kita lihat spektrum gelombangnya maka didapat :



Gb. 2.6 Spektrum DSB-SC

dari spektrum ini kita dapatkan dua sisi yang identik. Untuk itu kita bisa menekan menjadi satu sisi saja yang dipancarkan dengan bantuan sebuah filter, sistem pancaran dengan hanya satu sisi jalur saja inilah yang disebut sistem transmisi *Single Side Band (SSB)*.