

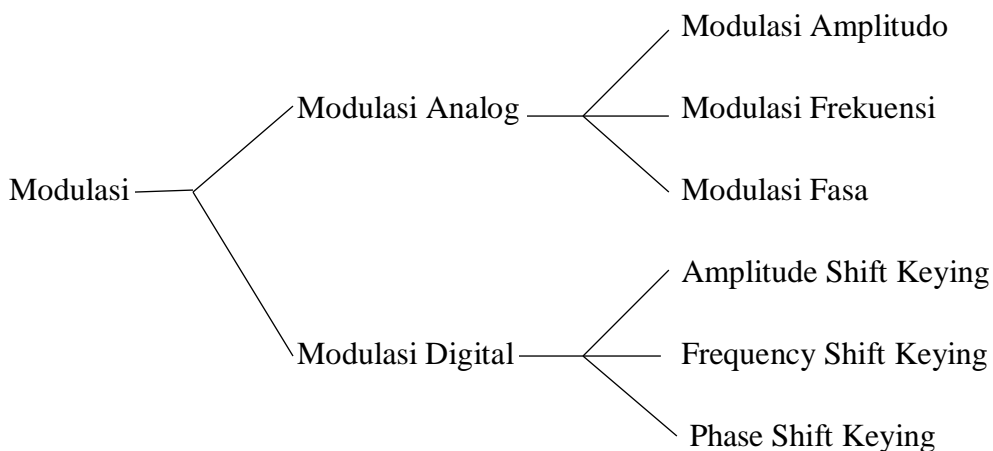
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Modulasi

Modulasi didefinisikan sebagai proses mengubah beberapa karakteristik tertentu dari sebuah sinyal pembawa (carrier), sesuai dengan karakteristik sinyal pemodulasi. Disini sinyal pemodulasi adalah sinyal pesan yang akan dibawa, sedangkan hasil dari modulasi (yaitu sinyal pembawa yang telah berubah karakteristiknya) disebut sebagai sinyal termodulasi (Hsu, 2004:34).

Terdapat tiga parameter kunci Elektronika dasar (2013) pada suatu gelombang sinusoidal yaitu amplitudo, fase dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi (berfrekuensi rendah) untuk membentuk sinyal yang termodulasi. Peralatan untuk melaksanakan proses modulasi disebut modulator, sedangkan peralatan untuk memperoleh informasi awal (kebalikan dari proses modulasi) disebut demodulator. Informasi yang dikirim bisa berupa data analog maupun digital, sehingga terdapat dua jenis modulasi yaitu :



2.1.1 Modulasi Analog

Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang kontinyu, yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombangnya. Sinyal analog bekerja dengan mentransmisikan suara dan gambar dalam bentuk gelombang kontinyu (continuous varying). Dua parameter/karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitudo dan frekuensi. Isyarat analog biasanya dinyatakan dengan gelombang sinus, mengingat gelombang sinus merupakan dasar untuk semua bentuk isyarat analog. Hal ini didasarkan kenyataan bahwa berdasarkan analisis fourier, suatu sinyal analog dapat diperoleh dari perpaduan sejumlah gelombang sinus. Dengan menggunakan sinyal analog, maka jangkauan transmisi data dapat mencapai jarak yang jauh, tetapi sinyal ini mudah terpengaruh oleh noise (Furwadi, 2013).

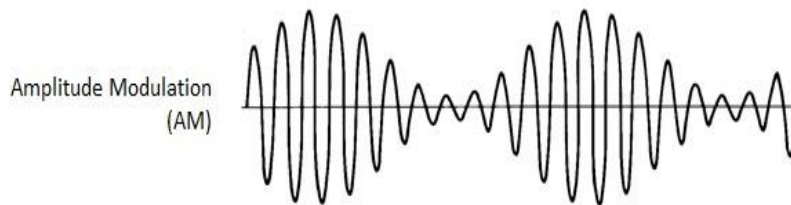
2.1.1.1 Jenis-jenis Modulasi Analog

Adapun jenis-jenis modulasi analog antara lain sebagai berikut :

a. Modulasi Amplitudo

Pada jenis modulasi ini amplitudo sinyal pembawa diubah-ubah secara proporsional terhadap amplitudo sesaat sinyal pemodulasi, sedangkan frekuensinya tetap selama proses modulasi (Chattopadhyay dkk, 1989: 286).

Gelombang pembawa yang belum dimodulasikan mempunyai harga amplitudo maksimum yang tetap dan frekuensi yang lebih tinggi daripada sinyal pemodulasi, tetapi bila sinyal pemodulasi telah diselipkan, maka harga amplitudo maksimum dari gelombang pembawa akan berubah-ubah sesuai dengan harga-harga sesaat dari sinyal pemodulasi tersebut dan bentuk gelombang luar atau sampel dari harga-harga amplitudo gelombang yang telah dimodulasi tersebut sama dengan gelombang sinyal informasi yang asli atau dengan perkataan lain gelombang sinyal pemodulasi telah diselipkan pada gelombang pembawa (Smale, 1995:19).



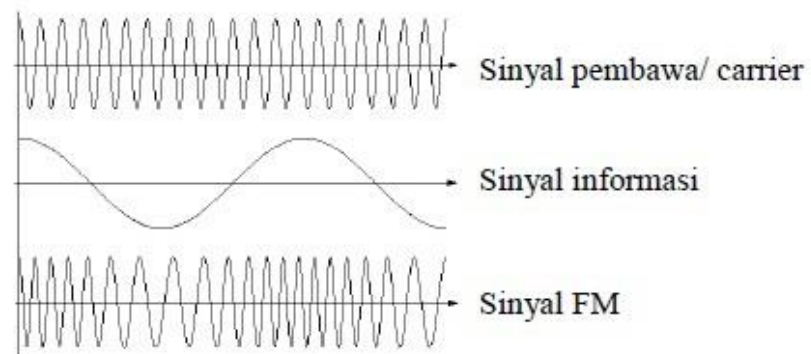
Gambar 2.1 Gelombang Keluaran Modulasi AM

(Sumber : Elektronika-dasar.web.id)

b. Modulasi Frekuensi

Modulasi Frekuensi adalah suatu proses modulasi dengan cara mengubah-ubah frekuensi gelombang pembawa sinusoidal yaitu dengan cara menyelipkan sinyal-sinyal informasi pada gelombang pembawa tersebut. Jika sinyal pembawa diselipkan maka frekuensi gelombang pembawa akan naik menuju harga maksimum dalam arah positif. Kemudian frekuensi gelombang pembawa akan turun kembali menuju harga frekuensi aslinya sesuai dengan harga amplitudo sinyal pemodulasi yang menuju nol.

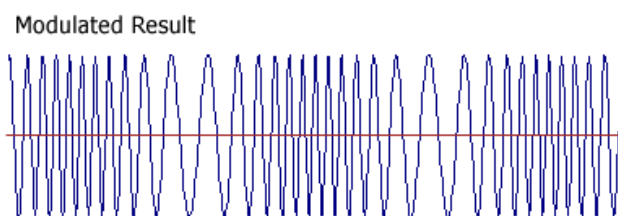
Selanjutnya pada setengah siklus berikutnya, frekuensi gelombang pembawa akan turun ke harga minimum, sesuai dengan harga amplitudo sinyal pemodulasi yang menuju harga maksimum dalam arah negatif, kemudian frekuensi gelombang akan naik kembali menuju harga aslinya sesuai dengan harga amplitudo sinyal pemodulasi yang turun kembali ke harga nol (Smale, 1995:19).



Gambar 2.2 Modulasi Frekuensi
(Sumber : Elektronika-dasar.web.id)

c. Modulasi Phasa

Dalam modulasi phasa, sudut phasa sesaat dari pembawa diubah oleh sinyal pemodulasi. Simpangan sesaat sudut phasa dari harga tanpa modulasi berbanding lurus dengan harga sesaat sinyal modulasi tetapi tidak tergantung pada frekuensinya. Dalam gelombang FM maupun PM, komponen modulasi menggambarkan simpangan sudut phasa yang ditumpangkan pada suhu yang naik lurus dari pembawa tanpa modulasi. Untuk modulasi phasa, perubahan phasa maksimum yang disebabkan oleh sinyal pemodulasi dinamakan indeks modulasi. Simpangan frekuensi maksimum dalam gelombang termodulasi phasa berbanding langsung dengan amplitudo dan frekuensi sinyal pemodulasi (Smale, 1995:19).



Gambar 2.3 Modulasi Phasa
(Sumber : Elektronika-dasar.web.id)

2.1.2 Modulasi Digital

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (bit stream) ke dalam sinyal carrier. Modulasi digital sebetulnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (carrier) sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (modulated carrier) memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1) yang dikandungnya. Berarti dengan mengamati modulated carriernya, kita bisa mengetahui urutan bitnya disertai clock (timing, sinkronisasi). Melalui proses modulasi digital sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Untuk pengiriman ini dapat digunakan media transmisi fisik (logam atau optik) atau non fisik (Furwadi, 2013).

2.1.2.1 Jenis-jenis Modulasi Digital

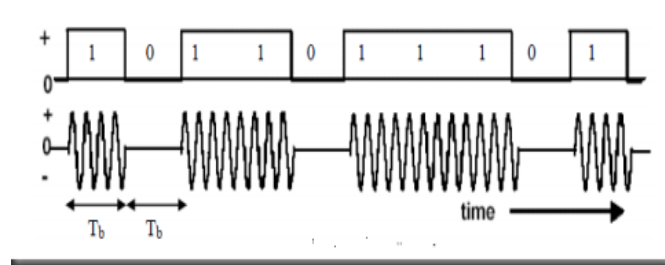
Adapun jenis-jenis modulasi analog antara lain sebagai berikut :

a. Amplitude Shift Keying

Dalam ASK, dua nilai biner dilambangkan dengan dua amplituda berbeda pada frekuensi pembawa. Umumnya, salah satu amplitudo adalah nol yaitu satu angka biner dilambangkan oleh adanya suatu amplitudo konstan pembawa dan satunya lagi tidak adanya pembawa. Sinyal terpancar yang dihasilkan oleh satu waktu bit adalah

$$\text{ASK} \quad s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) \\ 0 \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana $A \cos(2f_c t)$ merupakan biner 1 yang merupakan sinyal pembawa dan 0 merupakan biner 0. ASK rentan terhadap perubahan penguatan mendadak dan kurang efisien sebagai teknik modulasi. Pada jalur mutu suara tek nik ini biasanya hanya digunakan sampai 1200 bps. Teknik ASK digunakan untuk memancarkan data digital melalui serat optik (Stallings, 2015: 139).



Gambar 2.4 Amplitude Shift Keying

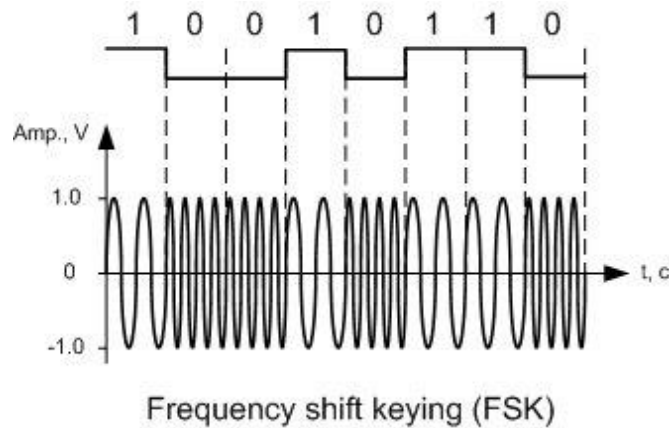
(Sumber: www.tmatlantic.com)

b. Frequency Shift Keying

Bentuk paling umum FSK adalah binary FSK (BFSK), yaitu dua nilai biner dilambangkan oleh dua frekuensi berbeda di dekat frekuensi pembawa. Sinyal terpancar yang dihasilkan oleh satu waktu bit adalah :

$$\text{BFSK} \quad s(t) \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) \\ A \cos(2\pi f_2 t) \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana $A \cos(2\pi f_1 t)$ merupakan biner 1 yang merupakan sinyal pembawa dan $A \cos(2\pi f_2 t)$ merupakan biner 0. BFSK kurang rentan terhadap galat daripada ASK. Pada jalur mutu-suara, BFSK biasanya digunakan sampai 1200 bps. BFSK juga biasa digunakan untuk transmisi radio frekuensi tinggi (3 sampai 30 MHz). BFSK juga dapat digunakan pada frekuensi lebih tinggi daripada LAN yang menggunakan kabel koaksial (Stallings, 2015:139).

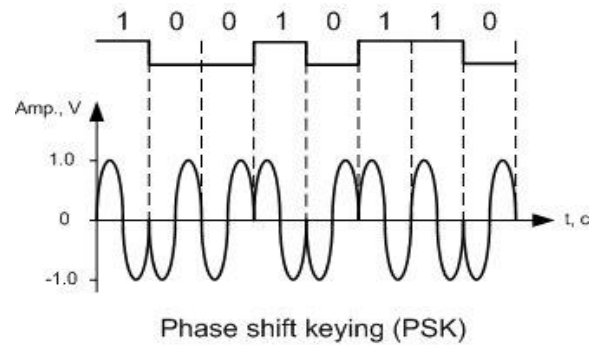


Gambar 2.5 Frequency Shift Keying

(Sumber: www.tmatlantic.com)

c. Phase Shift Keying

Dalam PSK, phase sinyal pembawa digeser untuk melambangkan data. *Phase shift keying* dua tingkat skema paling sederhana menggunakan dua fase untuk melambangkan kedua angka biner dan dikenal dengan *binary phase shift keying*. Bentuk alternatif PSK dua tingkat adalah differential PSK (DPSK). Dalam skema ini, biner 0 dilambangkan dengan mengirimkan lonjakan sinyal yang berfase sama dengan lonjakan sinyal yang dikirim sebelumnya. Biner 1 dilambangkan dengan mengirimkan lonjakan sinyal yang berfase kebalikan dari yang dikirimkan sebelumnya. Istilah differential merujuk kepada fakta bahwa pergeseran fase dirujuk kepada bit yang dikirimkan sebelumnya, bukannya terhadap suatu sinyal rujukan konstan. DPSK menghindari perlu adanya fase osilator lokal pada penerima yang tepat sama dengan pengirim. Selama fase pendahulu diterima dengan benar, rujukan fase pasti tepat (Stallings, 2015:141).



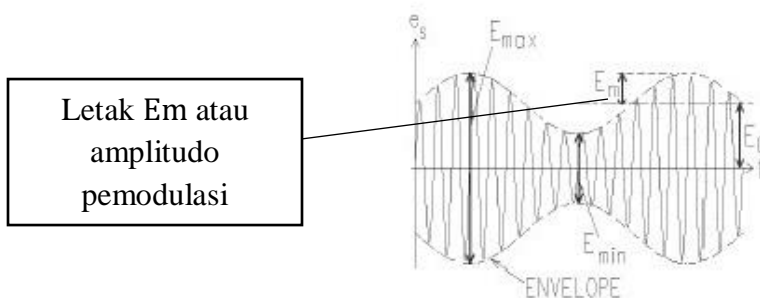
Gambar 2.6 Phase Shift Keying
(Sumber: www.tmatlantic.com)

2.2 Modulasi Amplitudo

Dalam metode ini amplitudo pembawa berubah menurut sinyal pemodulasi dan perubahan amplitudo dari harga tanpa modulasi berbanding lurus dengan harga sesaat sinyal pemodulasi, tetapi tidak tergantung dengan frekuensi (Chattopadhyay, Rakshit, Saha, Purkait, 1989: 286).

Untuk keseluruhan misalkan bahwa sinyal pemodulasi berbentuk sinusoidal dan mempunyai bentuk gelombang yang digambarkan oleh

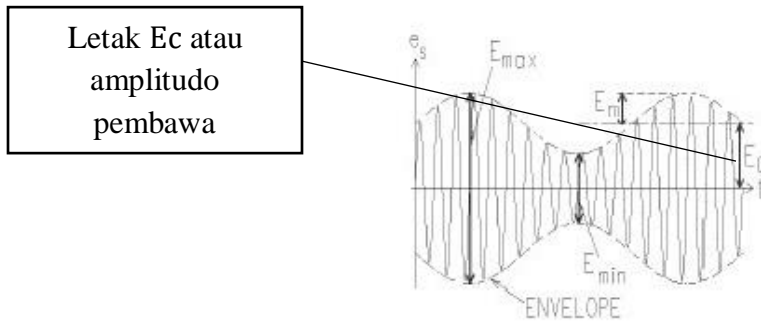
$$e_m = E_m \cos \omega_m t \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 2.7 Letak Amplitudo Pemodulasi Pada Gelombang Amplitudo Modulasi
(Sumber : Elektronikadasar-web.id)

Kemudian sinyal pembawa dinyatakan oleh persamaan

$$e_c = E_c \cos \omega_c t \dots \dots \dots (4)$$



Gambar 2.8 Letak Amplitudo Pembawa Pada Gelombang Amplitudo Modulasi

(Sumber : Elektronikadasar-web.id)

Dimana :

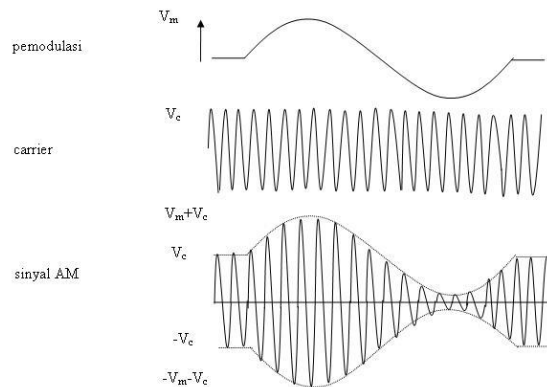
- e_m : sinyal pemodulasi
- E_m : amplitudo pemodulasi
- ω_m : frekuensi sudut sinyal pemodulasi
- e_c : sinyal pembawa
- E_c : amplitudo pembawa
- ω_c : frekuensi sudut sinyal pembawa
- t : interval waktu

maka dari definisi diatas, amplitudo pembawa termodulasi diberikan oleh

$$E(t) = E_c + K_a E_m \cos \omega_m t \dots \dots \dots (5)$$

Dimana K_a merupakan suatu konstanta perbandingan. Harga konstanta ini ditentukan oleh rangkaian pemodulasi. Sehingga persamaan lengkap untuk pembawa modulasi amplitudo (AM) adalah

$$\begin{aligned} (e_c)_{AM} &= E(t) \cos \omega_c t = (E_c + K_a E_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \dots \dots \dots (6) \\ &= E_c (1 + m_a \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \end{aligned}$$



Gambar 2.9 Gelombang Keluaran Modulasi AM
(Sumber : Elektronika-dasar.web.id)

2.3 Cara Kerja AM

Modulasi ini menggunakan amplitudo sinyal analog untuk membedakan kedua keadaan sinyal digital. Pada amplitudo modulasi, frekuensi dan phase sinyal adalah tetap, yang berubah-ubah adalah amplitudonya. Modulasi AM merupakan modulasi yang paling mudah, tetapi mudah dipengaruhi oleh keadaan media transmisinya (Furwadi, 2013).

2.4 Indeks Modulasi

Derajat modulasi merupakan parameter penting dan juga sering disebut indeks modulasi AM, dinotasikan dengan m . Parameter ini merupakan perbandingan antara amplitude puncak sinyal pemodulasi (V_m) dengan amplitude puncak sinyal pembawa (V_c). Besarnya indeks modulasi mempunyai rentang antara 0 dan 1. Indeks modulasi sebesar nol berarti tidak ada pemodulasian, sedangkan indeks modulasi sebesar satu merupakan pemodulasian maksimal yang dimungkinkan.

Besarnya indeks modulasi AM dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$m = \frac{V_m}{V_c} \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

m = Indeks Modulasi

V_m = Tegangan Pemodulasi

V_c = Tegangan Carrier

Indeks modulasi juga dapat dinyatakan dalam persen dan dinotasikan dengan M .

$$M = \frac{V_m}{V_c} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

M = Indeks Modulasi jika dipersentasekan

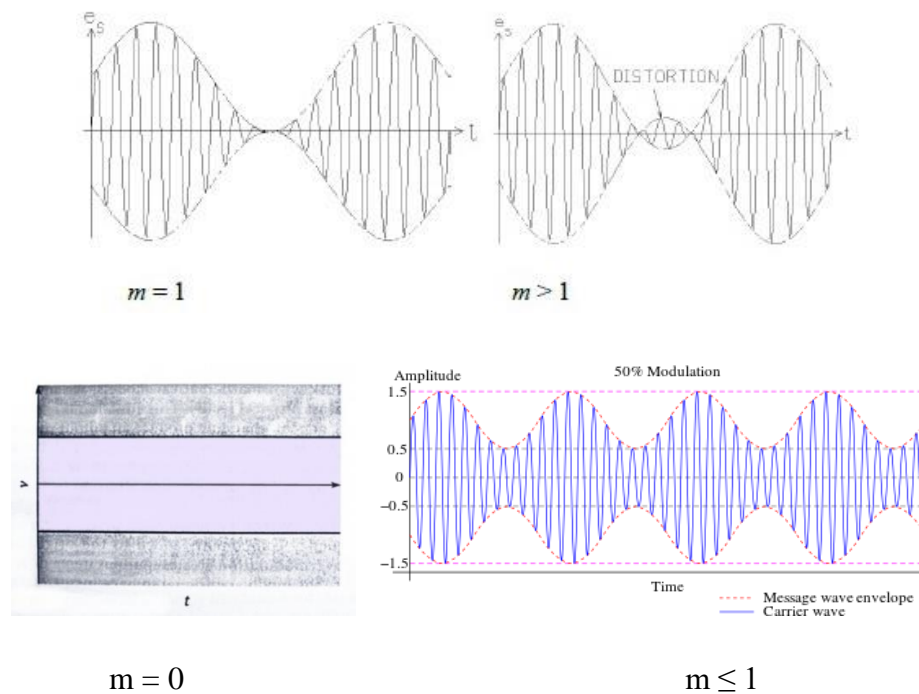
V_m = Tegangan Pemodulasi

V_c = Tegangan Carrier

100% = Persentase Indeks Modulasi

Apabila indeks modulasi terlalu besar ($m > 1$) maka hasil sinyal termodulasi AM akan cacat dan apabila index modulasi terlalu rendah ($m < 1$) maka daya sinyal termodulasi tidak maksimal. Untuk menghindari keadaan overmodulasi yaitu keadaan dimana gelombang pembawa termodulasi lebih dari 100 %, maka kita harus dapat membatasi besar-kecilnya modulasi yang terjadi. Hal ini dapat diatasi dengan cara menentukan nilai index modulasi (m).

Pengaruh indeks modulasi terhadap proses modulasi sinyal pembawa dapat di pahami dari gambar berikut:

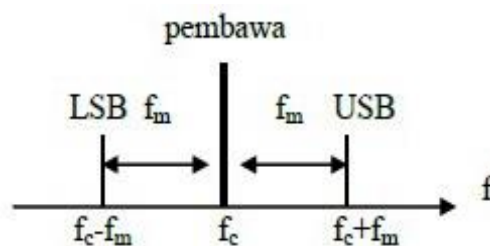


Gambar 2.10 Bentuk Indeks Modulasi

(Sumber : Elektronika-dasar.web.id)

Kondisi indeks modulasi $m = 1$ adalah kondisi ideal, dimana proses modulasi amplitudo menghasilkan output terbesar di penerima tanpa distorsi (Yuyunsitirohmah, 2015).

Spektrum sinyal AM dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.11 Spektrum Sinyal AM

(Sumber : Elektronika-dasar.web.id)

Dari gambar diatas terlihat, modulasi amplitudo memerlukan bandwidth dua kali bandwidth sinyal pemodulasi ($= 2f_m$).

Adapun perhitungan matematis frekuensi dan tegangan dari USB dan LSB yaitu :

$$F_{usb} = F_c + F_m \dots \dots \dots (9)$$

$$F_{lsb} = F_c - F_m \dots \dots \dots (10)$$

$$V_{lsb} = V_{usb} = \frac{mV_c}{2} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana :

F_{usb} = frekuensi USB (*upper sideband*)

F_{lsb} = frekuensi LSB (*lower sideband*)

V_{usb} = amplitudo USB (*upper sideband*)

V_{lsb} = amplitudo LSB (*lower sideband*)

V_c = amplitudo sinyal carrier

2.5 Kelebihan dan Kekurangan Modulasi Amplitudo

2.5.1 Kelebihan Modulasi Amplitudo

Kelebihan dari modulasi amplitudo antara lain sebagai berikut :

1. Memiliki range jangkauan yang luas daripada FM, karena modulasi amplitudo dipantulkan pada lapisan udara teratas yaitu ionosfer.
2. Lebih mudah di modulasi karena lebih sederhana (Furwadi, 2013).

2.5.2 Kelemahan Modulasi Amplitudo

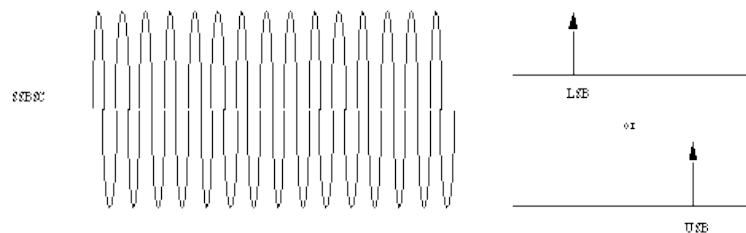
Kelemahan dari modulasi amplitudo antara lain sebagai berikut :

1. Mudah dipengaruhi oleh keadaan transmisinya, seperti: redaman oleh udara, noise, interferensi dan bentuk-bentuk gangguan lainnya.
2. Kualitas suara yang ditransmisikan tidak sejernih FM karena memiliki bandwidth yang kecil (Furwadi, 2013).

2.6 Jenis-jenis Modulasi Amplitudo

2.6.1 AM SSB (*Single Sideband*)

AM-SSB adalah salah satu jenis modulasi amplitudo dimana spektrum frekuensi yang dipancarkan hanya salah satu dari spektrum frekuensi AM yaitu frekuensi LSB (*Lower Sideband*) atau frekuensi USB (*Upper Sideband*) saja. Dilihat dari penggunaan bandwidth, modulasi ini lebih efisien karena mempunyai bandwidth transmisi setengah dari AM maupun DSB-SC. Pembangkitan sinyal SSB dilakukan dengan membangkitkan sinyal DSB terlebih dahulu, kemudian menekan salah satu sideband dengan filter. Jika USB yang ditekan, maka akan menghasilkan sinyal SSB-LSB. Sebaliknya menghasilkan SSB-USB (Yuyunsitirohmah, 2015).

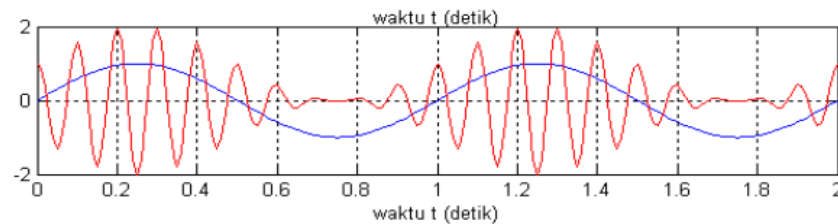


Gambar 2.12 Modulasi AM-SSB dan Spektrum SSB

(Sumber : slideshare.net)

2.6.2 AM DSBFC (*Double Sideband Full Carrier*)

Double Sideband Full Carrier disebut juga full modulasi amplitudo, dimana spektrum yang dipancarkan adalah spektrum frekuensi AM yaitu frekuensi LSB dan frekuensi USB. Bandwidth sinyal termodulasinya adalah sama dengan dua kali sinyal informasinya (Yuyunsitirohmah, 2015).



Gambar 2.13 Modulasi AM-DSBFC

(Sumber : slideshare.net)

2.6.2.1 Pembangkitan Sinyal AMDSBFC

Bentuk gelombang sinyal AM dapat diperoleh dengan menambahkan identitas carrier $A \cos w_c t$ pada sinyal DSB-SC.

$$f_{AM}(t) = f(t) \cos w_c t + A \cos w_c t \dots \dots \dots (12)$$

Dimana :

$f(t)$ = sinyal pemodulasi

$\cos w_c t$ = sinyal pembawa

A = amplituda

Sinyal termodulasi amplitudo dapat dituliskan dalam bentuk :

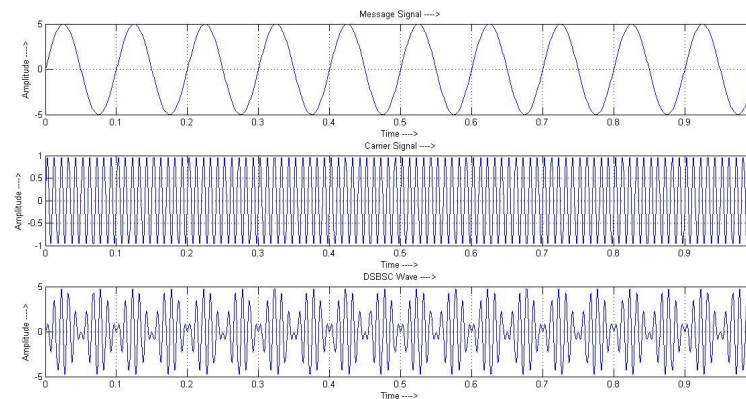
$$f_{AM}(t) = [A + f(t)] \cos w_c t \dots \dots \dots (13)$$

Dengan demikian sinyal AM dapat dinyatakan sebagai sinyal dengan frekuensi ω_c dan amplitudo $[A + f(t)]$. Jika amplitudo *carrier* cukup besar, maka selubung dari sinyal termodulasi akan proporsional dengan $f(t)$. Dalam kasus ini, demodulasi akan sederhana yaitu dengan mendeteksi selubung dari sinyal sinusoidal, tanpa tergantung dari frekuensi maupun fasa. Tapi jika A atau amplitudo tidak cukup besar, selubung dari $f_{AM}(t)$ tidak akan selalu proporsional dengan sinyal $f(t)$ (Yuyunsitirohmah, 2015).

2.6.3 AM DSBSC (*Double Sideband Suppressed Carrier*)

AM-DSBSC adalah jenis modulasi amplitudo dimana spektrum frekuensi *carrier* di tekan mendekati nol. AM jenis ini juga dibuat untuk mengatur agar amplitudo sinyal *carrier* berubah secara proporsional sesuai perubahan amplitudo pada sinyal pemodulasi atau sinyal informasi (Yuyunsitirohmah, 2015).

DSBSC memanfaatkan daya transmit lebih efisien dibanding amplitudo modulasi standar, namun masih diperlukan dua kali jumlah bandwidth dibanding dengan single sideband (SSB). Hendaknya diperhatikan bahwa, walaupun bandwidth dua kali lipat daripada yang dibutuhkan untuk SSB, daya yang diterima juga dua kali lipat dari yang didapat SSB dan karena itu maka *signal-to-noise* rasionya sama. Akan tetapi, penghematan bandwidth merupakan tujuan penting dalam sistem komunikasi dan biasanya DSBSC merupakan satu langkah dalam membangkitkan SSB (Roody dan Coolen, tanpa tahun:230).



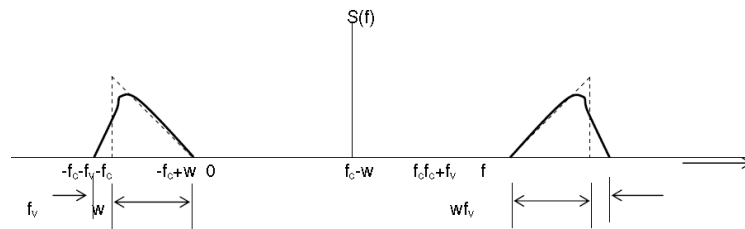
Gambar 2.14 Modulasi AM-DSBSC

(Sumber : cnx.org)

2.6.4 AM VSB (*Vestigial Sideband*)

Penapisan salah satu komponen bidang sisi (LSB atau USB) pada transmisi SSB dapat menghemat lebar bidang dan daya pancar. Penapisan semacam ini membutuhkan cara khusus dan proses konversi. Terdapat suatu teknik intermediet antara SSB dan DSBFC yang disebut *vestigial sideband* (VSB), yang digunakan dalam industri televisi komersial untuk transmisi dan penerimaan sinyal video.

Dalam VSB, sebagian (*vestige*) komponen bidang sisi bawah (LSB) ikut ditransmisikan bersama komponen bidang sisi atas (USB) dan komponen pembawa. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin bahwa komponen USB termasuk pembawa video benar-benar ditransmisikan secara keseluruhan. Disamping itu juga didapatkan penghematan daya dan lebar bidang jika dibandingkan dengan transmisi DSBFC (Yuyunsitirohmah, 2015).

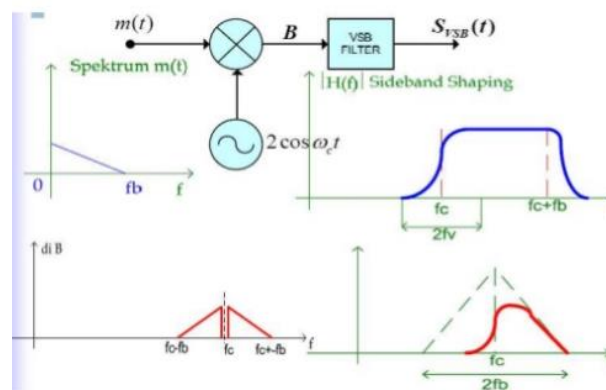


Gambar 2.15 Spektrum VSB

(Sumber : cnx.org)

2.6.4.1 Pembangkitan Sinyal VSB

Sinyal termodulasi VSB dapat dibangkitkan dengan terlebih dulu melewati sebuah sinyal termodulasi DSB ke sebuah filter pembentuk pita-sisi (*sideband shaping filter*). Spektrum sinyal VSB dibandingkan dengan spektrum sinyal pesan asalnya, mengasumsikan bahwa pita-sisi bawah dibentuk atau dikikis menjadi pita-sisi vestigial (Hsu, 2004:40).



Gambar 2.16 Proses VSB

(Sumber : cnx.org)

2.7 Modulasi Amplitudo Double Side Band (DSB)

Jika setiap kali kita memodulasi carrier, akan menghasilkan dua frekuensi sekaligus. Misalnya suatu carrier dengan frekuensi 3.000 KHz kita modulasi dengan audio frekuensi 3KHz dan 2.997 KHz atau dikatakan terjadi dua sisi band ialah sisi atas dan sisi bawah tersebut berbentuk symetris jadi jika hasil modulasi itu langsung dipancarkan berarti kita memancarkan dua barang yang sama. Apabila kita memancarkan dengan cara tersebut di atas, dikatakan kita menggunakan mode Double Side Band (DSB) karena carrier yang memuat sisi atas dan bawah dipancarkan bersama (Yuyunsitirohmah, 2015).

2.7.1 Double Side Band Supressed Carrier (DSB-SC)

Double-sideband suppressed-carrier (DSB-SC) adalah transmisi di mana frekuensi yang dihasilkan oleh modulasi amplitudo yang simetris berada di bawah frekuensi pembawa dan tingkat pembawa berkurang ke tingkat praktis terendah, idealnya benar-benar ditekan mendekati nol.

Amplitudo modulasi jenis ini juga dibuat untuk mengatur agar amplitudo sinyal carrier berubah secara proporsional sesuai perubahan amplitudo pada sinyal pemodulasi atau sinyal informasi (Yuyunsitirohmah, 2015).

Adapun perhitungan matematis DSB-SC yaitu :

$$S_{dsb-sc}(t) = m(t) \cos \omega_c t \dots \dots \dots (14)$$

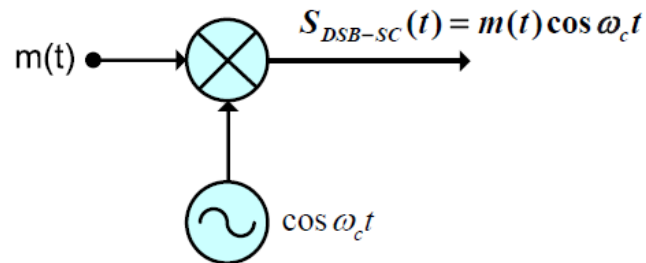
Dimana :

$m(t)$ = sinyal pemodulasi

$v(t)$ = sinyal pembawa = $V_c \cos(2\pi f_c t)$

$S_{dsb-sc}(t)$ = sinyal hasil modulasi atau sinyal termodulasi

Amplitudo jenis ini dibangkitkan dengan mengalikan sinyal informasi $m(t)$ dengan sinyal carrier yang dihasilkan oscillator (Yuyunsitirohmah, 2015).



Gambar 2.17 Pembangkitan Sinyal DSBSC

(Sumber : yuyunsitirohmah)

2.7.1.1 Penerimaan Sinyal DSB-SC

Penerimaan kembali sinyal DSB-SC $\phi(t)$ untuk memperoleh sinyal informasi $f(t)$ memerlukan translasi frekuensi lain untuk memindahkan spektrum sinyal ke posisi aslinya. Proses ini disebut demodulasi atau deteksi dan dilakukan dengan mengalikan sinyal $\phi(t)$ dengan sinyal carrier ω_c .

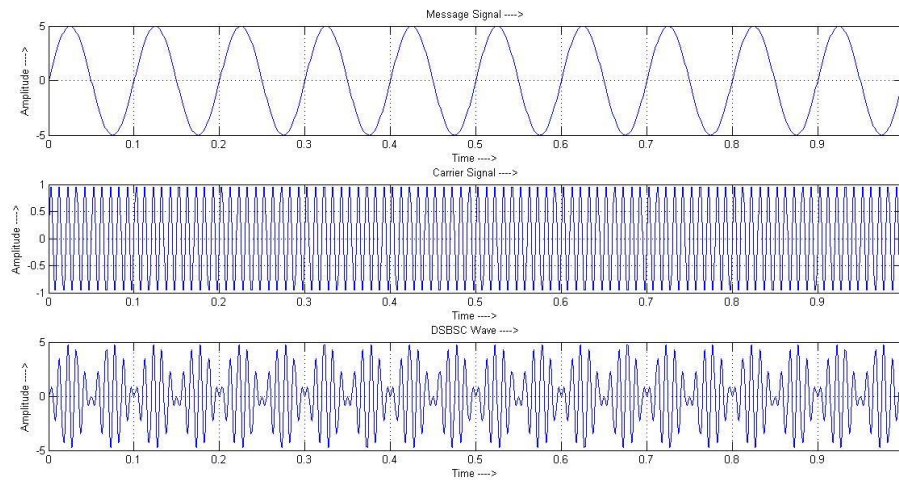
$$\phi(t) \cos \omega_c t = f(t) \cdot \cos 2 \omega_c t \dots \dots \dots (15)$$

Dimana :

$f(t)$ = sinyal pemodulasi

$\cos 2 \omega_c t$ = sinyal pembawa

Bagian frekuensi tinggi $2\omega_c$ dihilangkan dengan menggunakan Low Pass Filter (LPF), sehingga yang tersisa hanya sinyal informasi $f(t)$ (Yuyunsitirohmah, 2015).



Gambar 2.18 Modulasi Double Side Band Supressed Carrier (DSB-SC)
(Sumber : cnx.org)

2.7.2 Modulasi AM-SSB

AM-SSB adalah salah satu jenis modulasi amplitudo dimana spektrum frekuensi yang dipancarkan hanya salah satu dari spektrum frekuensi AM yaitu frekuensi LSB (Lower Sideband) atau frekuensi USB (Upper Sideband) saja. Dilihat dari penggunaan bandwidth, modulasi ini lebih efisien karena mempunyai bandwidth transmisi setengah dari AM maupun DSB-SC. Pembangkitan sinyal SSB dilakukan dengan membangkitkan sinyal DSB terlebih dahulu, kemudian menekan salah satu sideband dengan filter. Jika USB yang ditekan, maka akan menghasilkan sinyal SSB-LSB. Sebaliknya menghasilkan SSB-USB (Yuyunsitirohmah, 2015).

Jika kita misalkan $m_a(t)$ sebagai output yang diberikan penggeser fasa $-\pi/2$ dari input $m(t)$ yang diterimanya. Maka sinyal SSB $x_{SSB}(t)$ dapat dituliskan sebagai $m_a(t)$

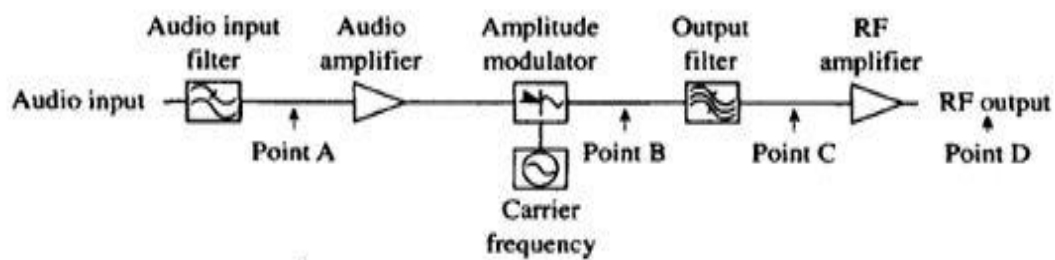
$$x_{SSB}(t) = m(t)\cos w_c(t) \pm m_a(t)\sin w_c(t) \dots\dots\dots(16)$$

Dimana : $m(t) = \cos w_m(t) =$ sinyal pemodulasi

$\cos w_c(t)$ = sinyal pembawa

Jika yang digunakan adalah tanda pesngurangan, maka sinyal SSB yang dihasilkan memiliki pita-sisi atas, jika yang digunakan tanda penjumlahan, maka sinyal SSB-nya memiliki pita-sisi bawah (Hsu, 2006:39).

2.7.2.1 Proses pada Transmisi Sideband



Gambar 2.19 Proses SSB

(Sumber : cnx.org)

Dari gambar diatas terlihat bahwa audio input masuk ke audio input filter. di dalam audio input filter sinyal masukan akan di filter sehingga menghasilkan sinyal dengan frekuensi di bawah 3400 Hz, kemudian sinyal akan masuk ke audio amplifier agar amplitudo sinyal dapat dikuatkan, kemudian sinyal akan masuk ke amplitudo modulator, disini terjadi proses modulasi dimana terjadi penumpangan sinyal informasi ke sinyal carrier. Kemudian sinyal yang termodulasi akan masuk ke output filter. di output filter sinyal termodulasi akan di filter sehingga menghasilkan sinyal AM dengan satu sideband saja. Baik itu LSB maupun USB (Yuyunsitirohmah, 2015).

2.7.2.2 Pembangkitan Sinyal *Single Side Band* atau SSB

1. Metode Diskriminasi Frekuensi

Cara paling langsung untuk membangkitkan sebuah sinyal SSB adalah dengan terlebih dulu membangkitkan sebuah sinyal DSB dan kemudian menghilangkan salah satu pita-sisinya dengan menggunakan filter. Metode ini

dikenal dengan nama diskriminasi frekuensi. Dalam prakteknya, proses ini tidak mudah dijalankan karena filter yang digunakan harus memiliki karakteristik *cut-off* yang sangat tajam atau proses tinggi (Hsu, 2004:38).

2. Metode Pergeseran Fasa

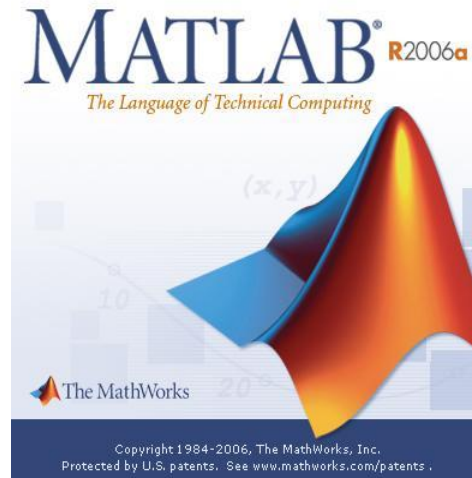
Metode lainnya untuk membangkitkan sinyal SSB adalah metode pergeseran fasa, balok yang diberi label $-\pi/2$ adalah sebuah modul penggeser fasa $\pi/2$ yang berfungsi menimbulkan penundaan (delay) fasa sebesar $\pi/2$ radian pada setiap komponen frekuensi yang ada di dalam sinyal. Piranti penggeser fasa ideal hampir mustahil untuk diwujudkan secara praktis. Namun kita dapat membuat pendekatannya untuk rentang rekuensi yang terbatas (Hsu, 2004: 38)

2.8 MATLAB

MATLAB (singkatan dari Matrix LABoratory) merupakan merek dagang terdaftar yang dikembangkan oleh Math Works Inc. Perangkat lunak ini secara luas digunakan dalam bidang sains dan rekayasa. MATLAB mengintegrasikan komputansi matematik, visualisasi, dan bahasa pemrograman untuk memberikan lingkungan fleksibel bagi komputansi teknis. Arsitektur terbukanya memudahkan pengguna dalam mengeksplorasi data, menciptakan algoritma, dan menciptakan beberapa perangkat grafik (Sianipar, 2015:3).

Dikenal memiliki perhitungan vektor dan matriks dengan kecepatan tinggi, MATLAB menawarkan solusi untuk permasalahan matematik dan visual. MATLAB umumnya digunakan untuk :

1. Komputansi numerik dan pengembangan algoritma.
2. Komputansi simbolik (dengan fungsi-fungsi pustaka Symbolic Math).
3. Pemodelan, simulasi, dan penciptaan prototipe.
4. Analisis data dan pemrosesan sinyal.
5. Visualisasi saintifik dan grafik rekayasa.



Gambar 2.20 Tampilan MATLAB 2006

(Sumber: ri32.com)

2.8.1 Memulai dan mengakhiri MATLAB

Untuk memulai MATLAB, Anda bisa mengklik ikon MATLAB atau menyetikkan MATLAB yang diikuti dengan penekanan kunci enter pada sistem prompt. Program akan menampilkan MATLAB Prompt `>>`, yang mengindikasikan bahwa MATLAB menunggu perintah. Untuk keluar dari MATLAB, Anda bisa menyetikkan quit atau exit setelah prompt yang diikuti dengan penekanan kunci enter (Sianipar, 2015:3).

2.8.2 Menampilkan jendela MATLAB

MATLAB memiliki tiga jenis jendela yaitu :

1. Jendela perintah (Command Window) yang dipakai untuk menyetikkan perintah.
2. Jendela grafik (Graphics Window) yang dipakai untuk menampilkan grafik

3. Jendela edit (Edit Window) yang dipakai untuk menciptakan dan memodifikasi M-file, M-file merupakan file yang memuat program atau skrip dari perintah-perintah MATLAB (Sianipar, 2015:3).

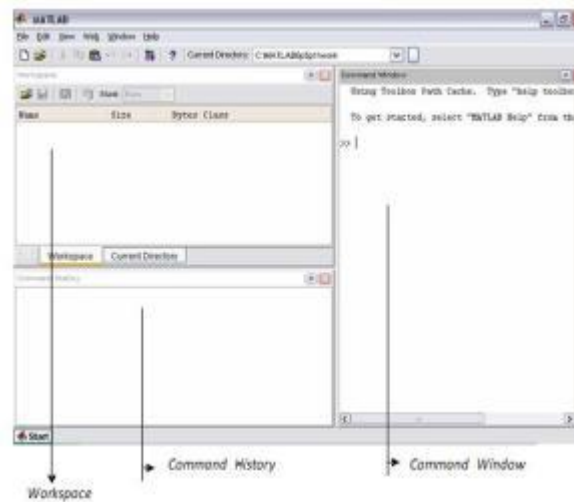
2.8.3 Mengetikkan Perintah

Setiap perintah harus diikuti dengan penekanan kunci enter agar perintah tersebut dieksekusi. Perintah MATLAB bersifat *case-sensitive*, dimana huruf besar dibedakan dari huruf kecil ekuivalen. Untuk mengeksekusi M-file, Anda hanya perlu mengetikkan nama file (Sianipar, 2015:3).

2.8.4 Fungsi dari setiap window MATLAB

a. MATLAB Command window/editor

Windows ini muncul pertama kali ketika kita menjalankan program MATLAB. Command windows digunakan untuk menjalankan perintah-perintah MATLAB, memanggil tool MATLAB seperti editor, fasilitas help, model simulink, dan lain-lain. Ciri dari windows ini adalah adanya prompt (tanda lebih besar) yang menyatakan MATLAB siap menerima perintah. Perintah tersebut dapat berupa fungsi-fungsi bawaan (toolbox) MATLAB itu sendiri.



Gambar 2.21 Command Window

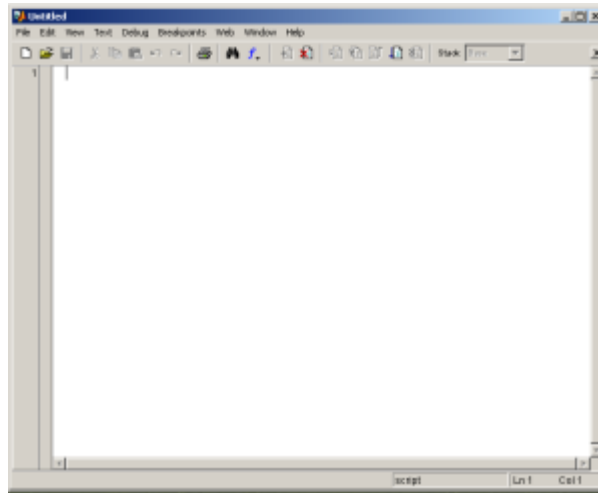
(Sumber : wongmichael.com)

b. MATLAB Editor/Debugger (Editor M-File/Pencarian Kesalahan)

Windows ini merupakan tool yang disediakan oleh MATLAB yang berfungsi sebagai editor script MATLAB (listing perintah-perintah yang harus dilakukan oleh MATLAB). Ada dua cara untuk membuka editor ini, yaitu:

Klik : File, lalu New dan kemudian M-File

Ketik pada command windows : "edit"



Gambar 2.22 Menu Editor

(Sumber : wongmichael.com)

Secara formal suatu script merupakan suatu file eksternal yang berisi tulisan perintah MATLAB. Tetapi script tersebut bukan merupakan suatu fungsi. Ketika anda menjalankan suatu script, perintah di dalamnya dieksekusi seperti ketika dimasukkan langsung pada MATLAB melalui keyboard.

M-file selain dipakai sebagai penamaan file juga bisa dipakai untuk menamakan fungsi, sehingga fungsi fungsi yang kita buat di jendela editor bisa di simpan dengan ekstensi .m sama dengan file yang kita panggil di jendela editor. Saat kita menggunakan fungsi MATLAB seperti `inv`, `abs`, `cos`, `sin` dan `sqrt`, matlab menerima variabel berdasarkan variabel yang kita berikan. Fungsi M-file mirip dengan script file dimana keduanya merupakan file teks dengan ekstensi .m . sebagaimana script M-file, fungsi m-file tidak dimasukkan dalam jendela command window tetapi file tersendiri yang dibuat dengan editor teks.

Membentuk dan menjalankan M-File:

1. Klik menu File, pilih New dan klik M-File

2. Pada editor teks, tulis argumen atau perintah
3. Simpan dengan cara klik File, pilih Save As dan beri nama dengan ekstensi .m
4. Pastikan file yang akan dijalankan berada pada direktori aktif
5. Misalkan file graf1.m berada di C:\MATLAB, maka lakukan perintah cd

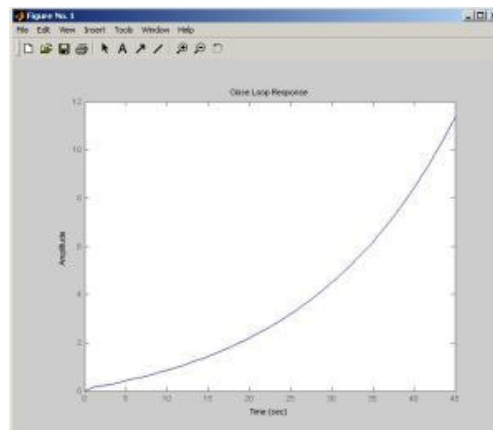
```
>> cd c:\matlab
```

Kemudian jalankan file graf1.m dengan cara

```
>> graf1
```

c. Figure Windows

Windows ini merupakan hasil visualisasi dari script MATLAB. MATLAB memberikan kemudahan bagi programmer untuk mengedit windows ini sekaligus memberikan program khusus untuk itu, sehingga selain berfungsi sebagai visualisasi output yang berupa grafik juga sekaligus menjadi media input yang interaktif.

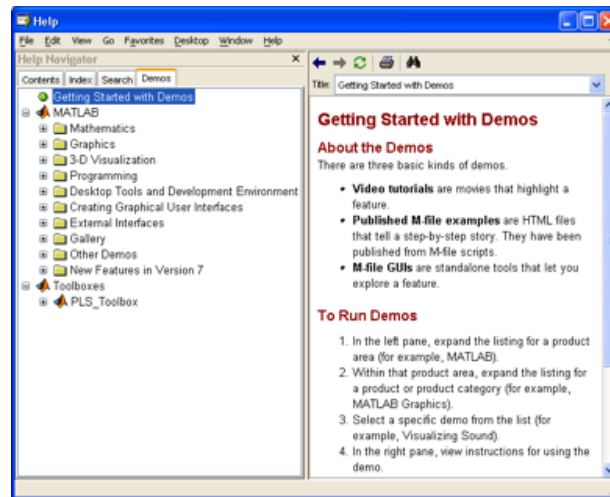


Gambar 2.23 Figure Window

(Sumber : wongmichael.com)

d. MATLAB help window

MATLAB juga menyediakan sistem *help* yang dapat diakses dengan perintah *help*. Misalnya, untuk memperoleh informasi mengenai fungsi *elfun* yaitu fungsi untuk trigonometri, eksponensial, complex dan lain-lain.



Gambar 2.24 Tampilan Help

(Sumber : wongmichael.com)

2.8.5 Fungsi help plot di command window

- a. Function subplot digunakan untuk membuat suatu figure dapat memuat lebih dari satu gambar. Perintah subplot didefinisikan sebagai :

`subplot(n,m,i)`

Perintah tersebut membagi suatu figure menjadi suatu matriks $m \times n$ area grafik dan i , berfungsi sebagai indeks penomoran gambar. Subplot dinomori dari kiri ke kanan dimulai dari baris teratas.

- b. Function title digunakan untuk memberi judul pada gambar. Input dari perintah title berupa string. Syntax title sebagai berikut :

`title('string')`

- c. Function `xlabel` digunakan untuk memberi label sumbu pada sumbu x. Input dari perintah `xlabel` berupa string. Syntax `xlabel` sebagai berikut :

`xlabel('string')`

- d. Function `ylabel` digunakan untuk memberi label sumbu y. Input dari perintah `ylabel` berupa string. Syntax `ylabel` sebagai berikut :

`ylabel('string')`

- e. Function `axis` digunakan untuk mengatur nilai minimum dan maksimum dari sumbu x dan sumbu y , function `axis` didefinisikan sebagai :

`axis([xmin xmax ymin ymax])`

1. Function `grid` digunakan untuk memberi grid pada gambar kita (Wongmichael, 2011).

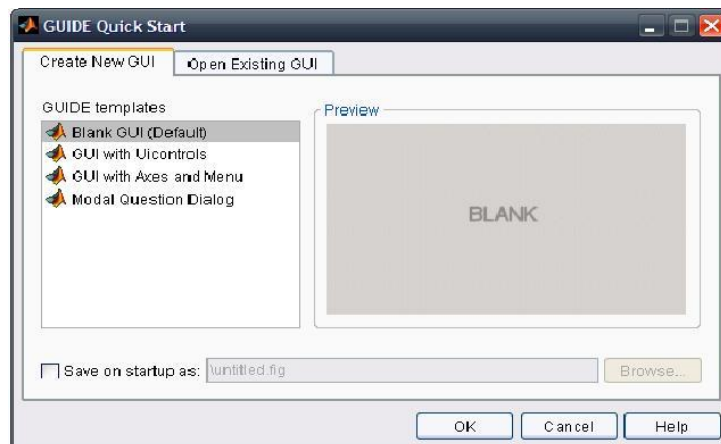
2.9 GUI atau GUIDE MATLAB

GUIDE atau GUI builder merupakan sebuah graphical user interface (GUI) yang dibangun dengan obyek grafik seperti tombol (button), kotak teks, slider, menu dan lain-lain. Aplikasi yang menggunakan GUI umumnya lebih mudah dipelajari dan digunakan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.

GUI MATLAB mempunyai kelebihan tersendiri dibandingkan dengan bahasa pemrogram lainnya, diantaranya:

1. GUIDE Matlab banyak digunakan dan cocok untuk aplikasi-aplikasi berorientasi sains, sehingga banyak peneliti dan mahasiswa menggunakan GUIDE Matlab untuk menyelesaikan riset atau tugas akhirnya.

2. GUIDE Matlab mempunyai fungsi built-in yang siap digunakan dan pemakai tidak perlu repot membuatnya sendiri.
3. Ukuran file, baik FIG-file maupun M-file, yang dihasilkan relatif kecil.
4. Kemampuan grafisnya cukup andal dan tidak kalah dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya.



Gambar 2.25 Matlab GUI
(Sumber :wongmichael.com)