BAB II

DASAR TEORI

2.1 Modulasi

Modulasi adalah proses yang dilakukan pada sisi pemancar untuk memperoleh transmisi yang lebih efisien . Modulasi melibatkan dua buah sinyal, yaitu sinyal pemodulasi, yang merepresentasikan pesan yang akan dikirim, dan *carrier* (gelombang pembawa) yang sesuai dengan aplikasi yang diterapkan.

Pada dasarnya modulasi secara garis besar terbagi atas modulasi analog dan modulasi digital. Perbedaaan mendasar antara modulasi analog dan digital terletak pada bentuk sinyal informasinya. Pada modulasi analog, sinyal informasinya berbentuk analog dan sinyal *carier* nya analog. Sedangkan pada modulasi digital, sinyal informasinya berbentuk digital dan sinyal *carier* nya analog berbentuk sinusoidal.

2.1.1 Modulasi Analog

Modulasi analog umumnya memakai teknik :

a) *Amplitude Modulation* (AM)

Modulasi jenis ini adalah modulasi yang paling sederhana. Gelombang pembawa (*carrier wave*) diubah amplitudonya sesuai dengan signal informasi yang akan dikirimkan

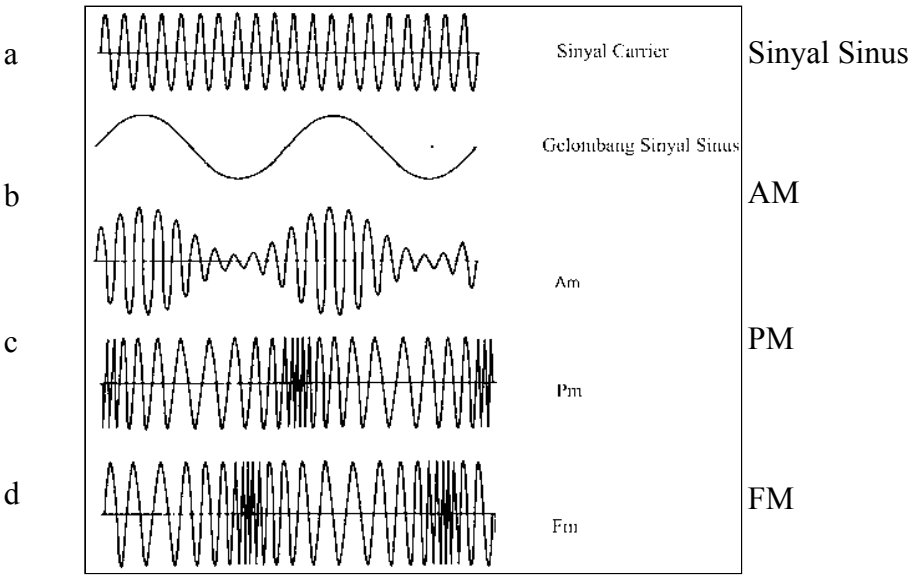
b) *Phasa Modulation* (FM)

Phase dari gelombang pembawa (*carrier wave*) diubah-ubah menurut besarnya amplitudo dari sinyal informasi. *Noise* pada

umumnya terjadi dalam bentuk perubahan amplitudo, PM lebih tahan terhadap *noise* dibandingkan dengan AM.

c) *Frekuensi Modulation* (FM)

Frekuensi dari gelombang pembawa (*carrier wave*) diubah-ubah menurut besarnya amplitudo dari sinyal informasi. *Noise* pada umumnya terjadi dalam bentuk perubahan amplitudo, FM lebih tahan terhadap *noise* dibandingkan dengan AM.



Gambar 2.1 Gelombang Modulasi Analog
(a) sinyal informasi ; (b) modulasi AM ; (c) modulasi PM (d) modulasi FM

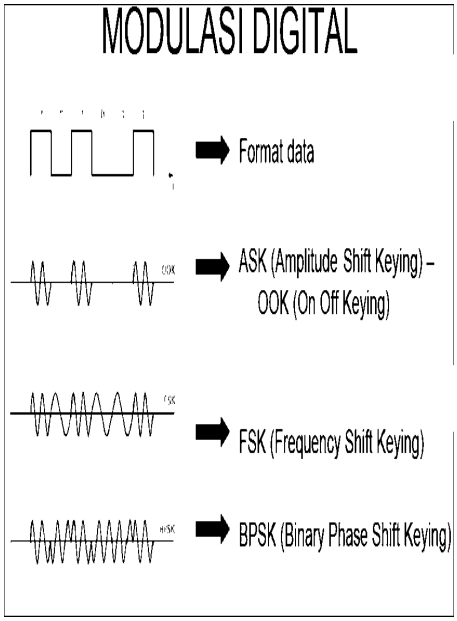
2.1.2 Modulasi Digital

Modulasi digital umumnya memakai teknik :

a) *Amplitudo Shift Keying* (ASK)

b) *Frekuensi Shift Keying* (FSK)

c) *Phase Shift Keying* (PSK)

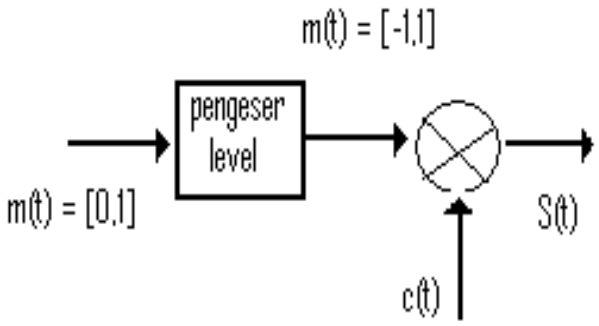


Gambar 2.2 Gelombang Modulasi Digital

2.2 Modulasi Phase Shift Keying (PSK)

Phase Shift Keying (PSK) digunakan pengiriman sinyal digital melalui pergeseran fasa. Dalam proses modulasi ini fasa dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital. Sudut fasa harus mempunyai acuan kepada pemancar dan penerima guna memudahkan untuk memperoleh stabilitas. Dalam keadaan seperti ini, fasa yang ada dapat dideteksi bila fasa sebelumnya telah diketahui. Hasil dari perbandingan ini dipakai sebagai patokan (referensi).

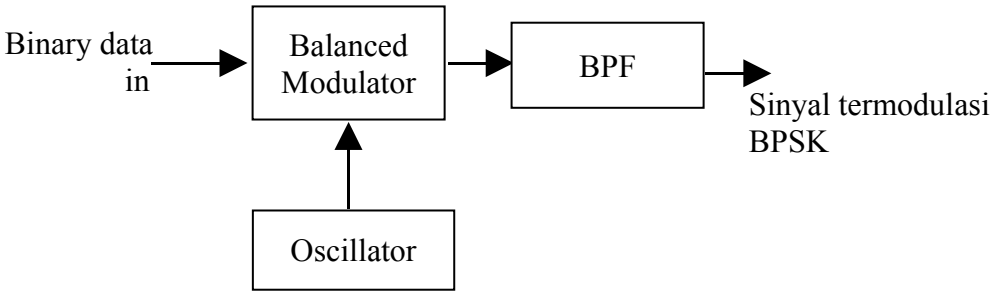
Pada sistem modulasi *Phase Shift Keying* (PSK), sinyal gelombang pembawa sinusoidal dengan amplitudo dan frekuensi yang dapat digunakan untuk menyatakan sinyal biner “1” dan “0”, tetapi untuk sinyal “0” fasa gelombang pembawa tersebut digeser 180^{o} seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.3 Blok Diagram Modulasi PSK

2.3 Modulasi Binary Phase Shift Keying (BPSK)

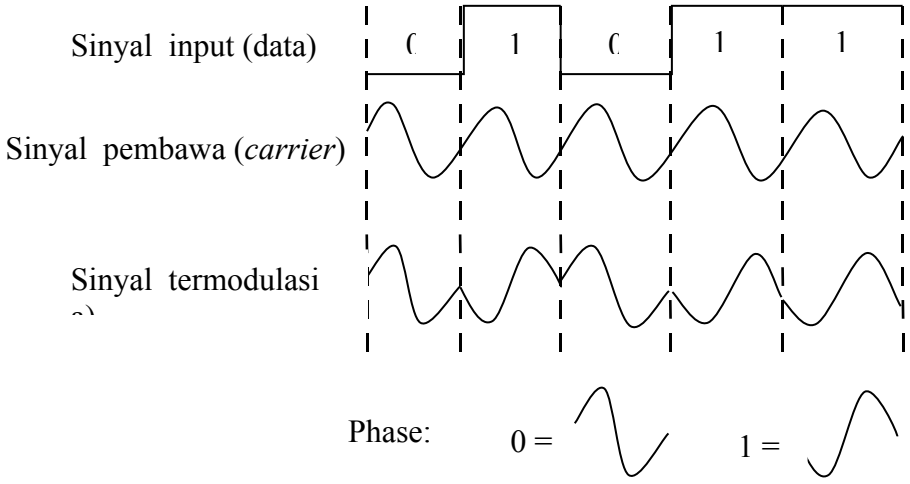
Proses modulasi BPSK dapat dilihat sebagai kasus khusus dari *Phase modulation*. Dalam modulasi BPSK, mempunyai dua *output* fasa yang berbeda. Satu fasa *output* 0^0 mewakili suatu logika 1 dan 180^0 mewakili logika 0. Sesuai dengan perubahan keadaan sinyal *input* digital, fasa pada *output* gelombang pembawa bergeser diantara dua sudut yang keduanya terpisah 180^0.



Gambar 2.4 Blok Diagram Modulator BPSK

Pada Gambar 2.4 di atas *Balanced modulator* bekerja seperti *switch* pembalik fasa dan *output* dari *modulator* BPSK tergantung dari kondisi logika pada *input* data sedangkan gelombang pembawa yang dikirim ke *output* pada kondisi fasa 0^0 atau bergeser 180^0 dengan gelombang pembawa sebagai referensi.

Pada transmisi digital dengan menggunakan teknik modulasi BPSK, yaitu mengirimkan 1 dari 2 sinyal yang mungkin selama interval waktu tertentu dimana setiap sinyal terkirim antara ‘0’ dan ‘1’. Pada BPSK sinyal yang ditumpangkan pada sinyal pembawa, mempunyai dua kemungkinan dari setiap bitnya yang akan ditransmisikan. *Output* dari *modulator* BPSK menghasilkan sinyal yang termodulasi. Berikut adalah gambar hubungan sinyal digital dengan sinyal termodulasi BPSK.



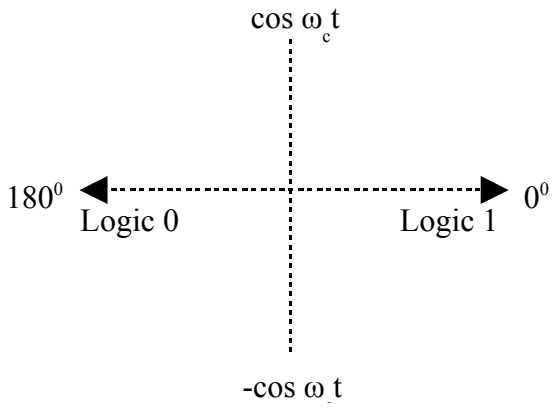
Gambar 2.5 Hubungan Sinyal Data dan Sinyal Modulasi BPSK

Modulasi BPSK memiliki dua posisi beda fasa yang masing-masing sebesar 180^0 dengan 1 bit setiap simbol, di antaranya 0 dan 1. Berikut adalah tabel kebenaran modulasi BPSK.

Table 2.1 Tabel Kebenaran Modulasi BPSK

Input biner	Output fasa
Logika 0	180^0
Logika 1	0^0

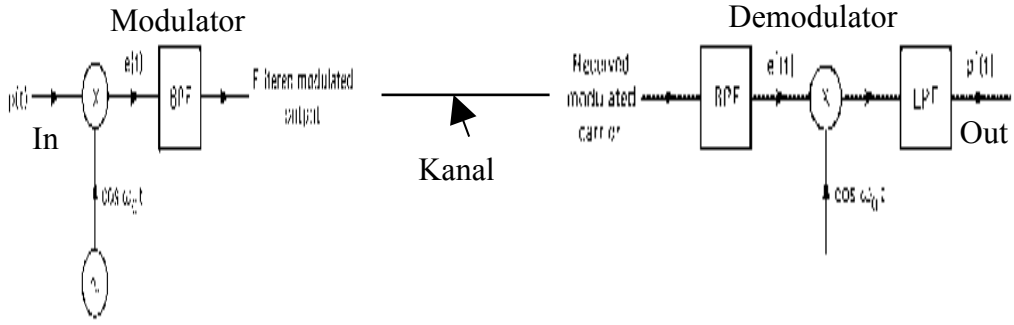
Berdasarkan tabel kebenaran BPSK, modulasi BPSK mempunyai dua masukan data biner, yaitu logika ‘1’ dan ‘0’. Sehingga keluaran dari modulasi BPSK itu sendiri menghasilkan dua fasa yang berbeda, yaitu 180^0 dan 0^0. Apabila keluaran dari BPSK digambarkan dalam diagram konstelasi, maka terlihat seperti pada gambar sebagai berikut.



Gambar 2.6 Diagram Konstelasi BPSK

2.4 Demodulasi Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Gambar 2.7 menunjukkan gambaran umum proses pengiriman antara modulator dan demodulator BPSK.



Gambar 2.7 Proses Pengiriman Sinyal Modulator dan Demodulator BPSK

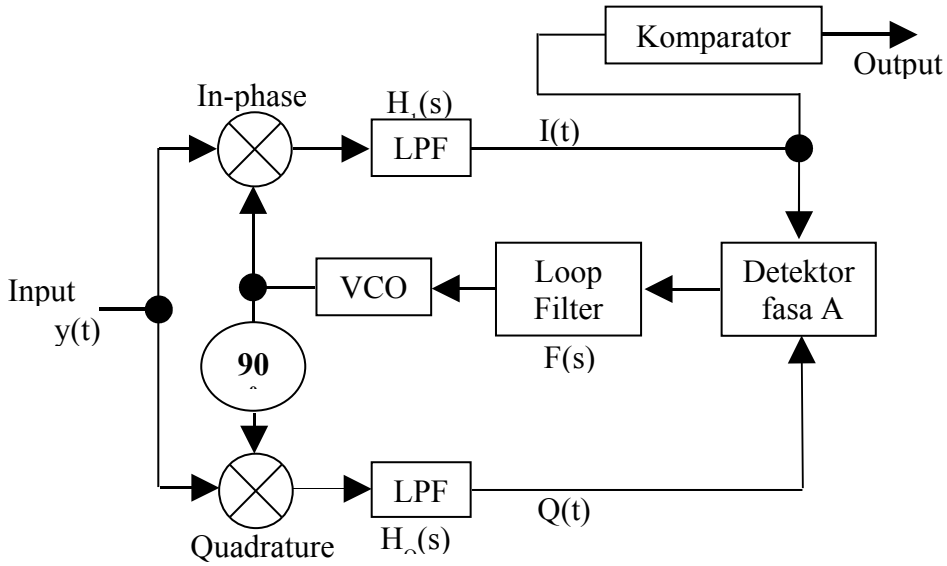
Pada gambar di atas merupakan proses pengiriman sinyal antara modulator BPSK dengan demodulator BPSK dengan sinyal masukan p(t), setelah sinyal di campur dan sinyal dibangkitkan oleh osilator sinyal keluaran dari mixer akan di filter oleh BPF. Sinyal dikirimkan melalui media transmisi bisa berupa kabel maupun nirkabel dalam proses pengiriman bisa saja terjadinya *noise* yang disebabkan oleh sebuah kanal. Saat tiba di penerima terjadi proses demodulasi kemudian sinyal di filter oleh LPF. Keluaran demodulator akan menghasilkan sinyal yang sama p(t) seperti sinyal yang dikirimkan oleh modulator.

Pada blok sistem *demodulator* BPSK dengan metode *costas loop* melibatkan dua sistem *loop* yang bekerja secara serempak pada VCO yang sama (*Oscillator Voltage-Controlled*). Sistem pertama disebut *in-phase loop* (I) dan sistem kedua disebut *quadrature loop* (Q). *Balanced modulator* keluarannya adalah hasil dari dua masukan (sinyal BPSK dan gelombang pembawa yang di*recovery*). *Low Pass Filter* memisahkan data biner yang di *recovery* dari sinyal kompleks yang di demodulasi.

Untuk mendapatkan sinyal carrier yang sinkron dengan sinyal c*arrier* pada pemancar, maka diperlukan sinkronisasi *carrier*. Sinkronisasi *carrier* dapat dilakukan dengan mengekstrak sinyal *carrier* dari sinyal data yang diterima dengan menggunakan metode sinkronisasi *carrier* seperti metode *squaring loop* atau sering disebut dengan metode langsung, dan metode *costas loop*. Metode *squaring loop* merupakan metode pemangkat tergantung jenis modulasinya disertai dengan hilangnya pengaruh sinyal informasi. Metode *costas loop* merupakan proses pemulihan dan pengembalian kembali gelombang pembawa

dari sinyal termodulasi menjadi gelombang pembawa tanpa modulasi. Metode ini menggunakan hasil dari proses umpan balik agar sedikit bebas dari *noise* untuk menghitung kesalahan fasa dari *carrier* yang dibangkitkan.

Blok diagram Demodulator BPSK dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.8 Blok Diagram Demodulator BPSK

Cara kerja :

Secara matematis sinyal input BPSK yang tiba di penerima dapat ditulis dalam bentuk persamaan :

$$y(t) = m(t) * \sin(\omega_c t + \psi(t)) + n(t) \quad (2.1)$$

Setelah sinyal di *filter* dengan *low pass filter*, maka keluaran LPF_I dapat ditulis dalam bentuk persamaan :

$$I(t) = m(t) * \cos\psi_e + n(t) \quad (2.2)$$

di mana m(t) adalah modulasi BPSK dan n(t) adalah suatu *bandpass noise*.

Demikian pula halnya keluaran LPF_Q setelah di *filter* bentuk sinyal LPF_Q menjadi :

$$Q(t) = m(t) * \sin\psi_e + n(t) \quad (2.3)$$

Kedua sinyal output dari LPF_I dan LPF_Q ini kemudian dikalikan, sehingga hasilnya adalah

$$I(t)Q(t) = \frac{m^2(t)\sin(2\psi_e)}{2} + n(t) \quad (2.4)$$

Kemudian sinyal itu di *filter* dengan *Loop filter* dan hasilnya berupa tegangan yang merupakan tegangan kontrol bagi *voltage controlled oscillator*, sehingga *voltage controlled oscillator* dapat mengejar beda fasa yang terjadi.

2.5 Rangkaian Pembentuk Carrier Recovery

Carrier recovery dengan menggunakan metode *costas loop* terdiri atas rangkaian pengali, *filter*, penggeser fasa 90^0, dan phasa *locked loop* yang terdiri dari fasa detektor, *loop filter*, dan *voltage controlled oscillator*.

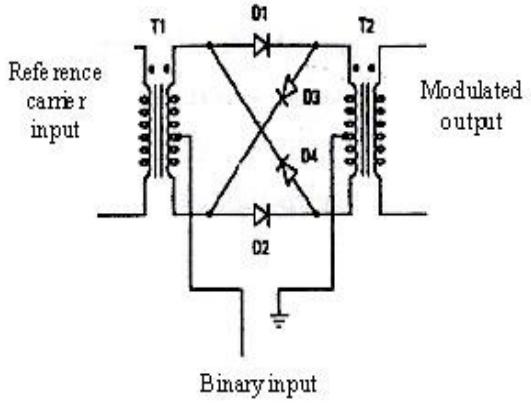
2.5.1 Rangkaian Pengali

Rangkaian pengali pada *carrier recovery* menggunakan metode *costas loop* berfungsi sebagai detektor fasa, rangkaian pengali ini menggunakan *balanced modulator*. Gambar 2.9 (a) menunjukkan *balanced ring modulator*. *Balanced modulator* ini mempunyai dua masukan yaitu fasa gelombang pembawa dengan *oscillator referensi* dan data digital biner. Untuk *balanced modulator* dengan pengoperasian semestinya, tegangan masukan digital harus lebih besar dari tegangan puncak gelombang pembawa. Ini dijamin dengan kontrol masukan digital dinyatakan *on* / *off* dari dioda D1-D4. Jika masukan biner dengan logika "1" (tegangan positif), dioda D1 dan D2 akan *diforward bias* dan akan "*on*", saat itu pula D3 dan D4 *direverse bias* dan "*off*" (Gambar 2.9 (b)). Dengan

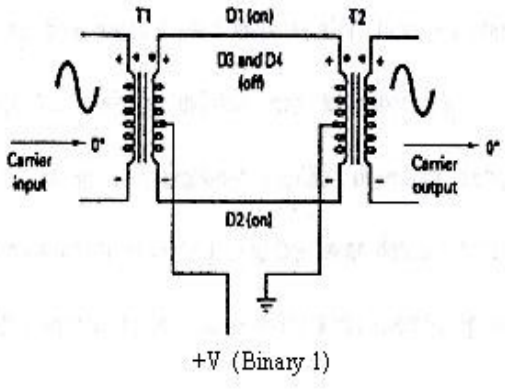
polaritas yang ditunjukkan, tegangan gelombang pembawa dikembangkan melintas transformer T_2 dalam fasa dengan tegangan *carrier* melintasi T_1. Akibatnya, keluaran sinyal dalam fasa dengan *oscillator referensi*.

Jika masukan biner adalah logika "0" (tegangan negatif), dioda D1 dan D2 *direferse bias* dan "*off*", sesaat itu juga dioda D3 dan D4 *diforwand bias* dan "*on*" (Gambar 2.9(c)).

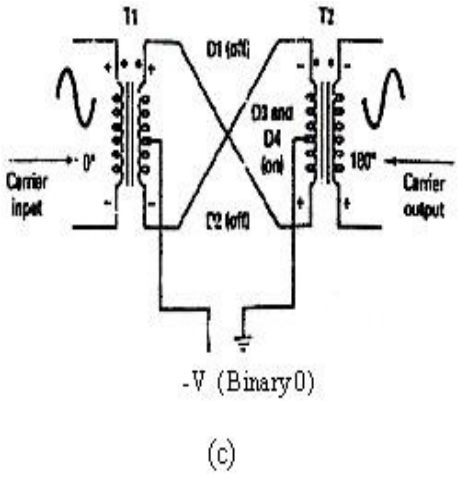
Menghasilkan, tegangan gelombang pembawa yang dikembangkan melintasi *tranformer* T_2 berbeda fasa 180^0 dengan tegangan gelombang pembawa yang melintasi T_1. Akibatnya, keluaran sinyal berbeda fasa 180^0 dengan *oscillator referensi*.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.9 Balanced Ring Modulator

(a) Balanced ring modulator ; (b) Masukan logika "1" ; (c) Masukan logika "0"

2.5.2 Rangkaian Filter

Filter adalah sebuah rangkaian yang dirancang agar melewatkan suatu band frekuensi tertentu seraya memperlemah semua isyarat diluar band itu.

Jaringan-jaringan *filter* biasanya bersifat pasif maupun aktif. Jaringan-jaringan *filter* pasif hanya berisi resistor, induktor dan kapasitor saja. *Filter-filter* aktif menggunakan transistor atau operasional amplifier ditambah dengan komponen resistor, induktor, dan kapasitor. Induktor jarang digunakan dalam *filter-filter aktif*, sebab ukurannya besar dan mahal serta dapat memiliki komponen-komponen bertahanan dalam yang besar.

Filter biasanya diklasifikasikan berdasarkan pada *range* pemfilteran. Berdasarkan *range* pemfilteran terdapat empat jenis *filter* yaitu *low pass filter*, *high pass filter, band pass filter* dan *band elimination filter* (lebih dikenal sebagai *band reject*). Gambar 2.10 melukiskan gambar-gambar tanggapan frekuensi untuk empat jenis *filter* tersebut.

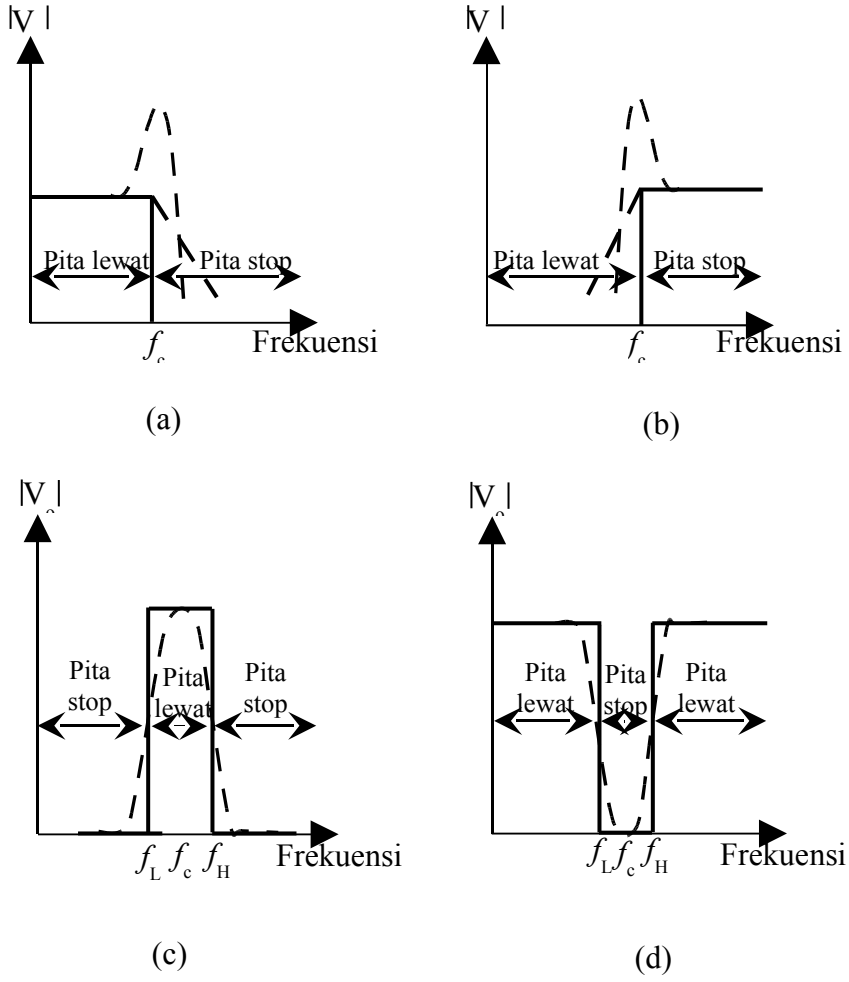
Low pass filter adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari dc naik sampai ke suatu frekuensi *cut off* (f_c). Bersama naiknya frekuensi diatas f_c tegangan keluarannya diperlemah (turun). Gambar 2.10 (a) merupakan gambar besarnya tegangan keluaran dari sebuah *low pass filter* dibandingkan dengan frekuensi.

Garis yang penuh adalah gambar untuk *filter* ideal, sedangkan garis putus-putus menunjukan kurva-kurva untuk *low pass filter* yang praktis. Jangkauan frekuensi yang dipancarkan dikenal sebagai *band pass*. Jangkauan frekuensi yang diperlemah dikenal sebagai *band stop*. Frekuensi *cut off*, fc juga disebut frekuensi 0,707, frekuensi -3 dB, frekuensi sudut, atau frekuensi pemotong.

High pass filter memperlemah tegangan keluaran untuk semua frekuensi dibawah frekuensi *cut off* f_c. Di atas f_c besarnya tegangan keluaran tetap. Gambar 2.10 (b) merupakan gambar untuk *high pass filter* yang ideal dan fraktis. Garis penuh adalah kurva idealnya, sedangkan kurva putus-putus yang menunjukkan bagaimana *high pass filter* yang praktis menyimpang dari yang ideal.

Band pass filter hanya melewatkan sebuah band frekuensi saja seraya memperlemah semua frekuensi di luar band itu.

Band elimination filter tetap bertindak sebaliknya yaitu : *Band elimination filter* menolak band frekuensi tertentu seraya melewatkan semua frekuensi di luar band itu. Gambar-gambar tanggapan frekuensi yang khas untuk *band pass filter* dan *band pass elimination* terlihat dalam Gambar 2.10 (c) dan 2.10 (d). Sekali lagi, garis penuh menyatakan gambar yang ideal sedangkan garis putus-putus memperlihatkan kurva-kurva yang praktis.



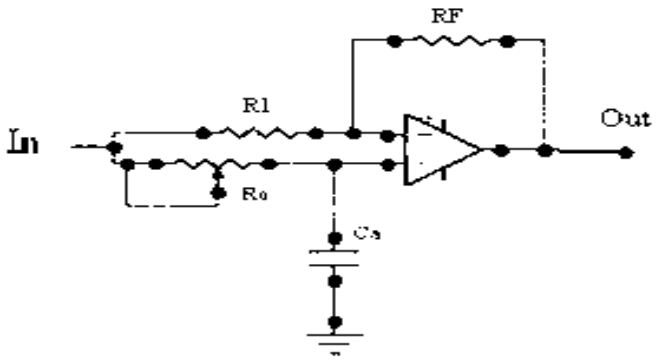
Gambar 2.10 Tanggapan Frekuensi Filter

(a) Low Pass Filter (LPF); (b) High Pass Filter (HPF)

(c) Band Pass Filter (BPF); (d) Band Elimination (BE)

2.5.3 **Rangkaian Penggeser Fasa**

Sebuah penggeser fasa ideal harus memancarkan suatu gelombang tanpa mengubah amplitudonya tetapi mengubah sudut fasanya sebesar yang ditetapkan sebelumnya dengan frekuensi *oscillator* sebagai referensinya. Sinyal pembawa yang digeser tersebut menjadi masukan untuk salah satu *Balanced Modulator*. Rangakain pengeser fasa dapat dilihat dari gambar di bawah ini:

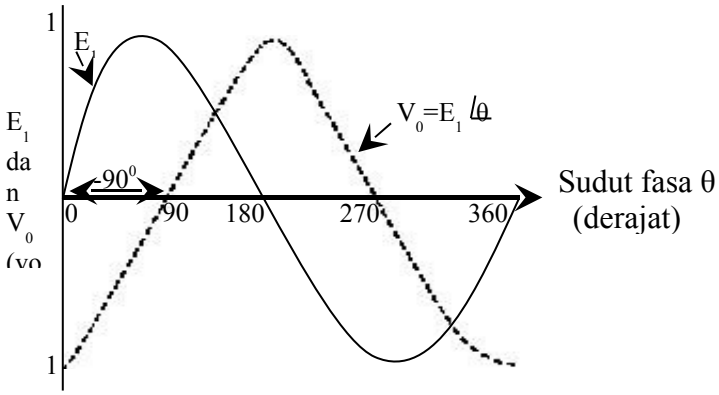


Gambar 2.11 Rangkain Pengeser Fasa

Pada rangkaian penggeser fasa di atas terdapat beberapa komponen yang menentukan besarnya nilai sudut yang diinginkan, yaitu kapasitor (Ca) dan resistor (Ra). Untuk mempermudah perancangan rangkaian penggeser fasa ini, maka dapat menggunkan persamaan sebagai berikut:

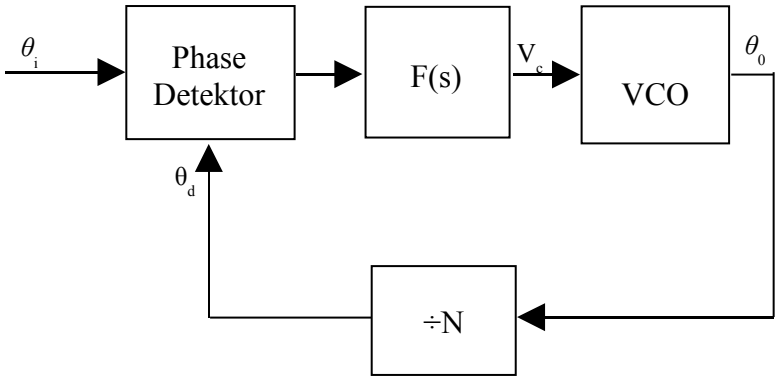
$$f = \frac{Tg\left(\frac{\theta}{2}\right)}{2\pi.R.C} \qquad (2.5)$$

Misalnya, suatu gelombang sinus dengan frekuensi 1 kHz dan harga puncak sebesar 1 V merupakan masukan dari penggeser fasa ditunjukkan dalam Gambar 2.12. Keluaran Vo mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama tetapi meninggalkan E_1 90^0, yaitu Vo bergerak melewati 0 V 90^0 sesudah E_1 bergerak melewati 0 V.



Gambar 2.12 Tanggapan Frekuensi Penggeser Fasa

2.5.4 Phase Locked Loop



Gambar 2.13 Phase Locked Loop

Phase Locked Loop (PLL) adalah sistem umpan balik dimana sinyal umpan balik digunakan untuk mengunci frekuensi dan fasa keluaran dengan frekuensi dan fasa sinyal masukan.

Gambar 2.13 memperlihatkan arsitektur dasar dari *Phase Locked Loop*. *Phase detektor* akan menghasilkan sinyal keluaran yang bergantung pada beda fasa antara sinyal masukan (referensi) dengan sinyal keluaran *voltage controlled oscillator*. Keluaran *phase detektor* di filter dan komponen dc berupa *error signal* masukan ke *voltage controlled oscillator*. Sinyal umpan balik ke fasa detektor adalah frekuensi keluaran *voltage controlled oscillator* dibagi oleh N. Tegangan kontrol *voltage controlled oscillator* Vc(t) memaksa *voltage controlled oscillator* mengubah frekuensi dan langsung meredam perbedaan antara frekuensi masukan dan frekuensi keluaran pembagi. Jika dua frekuensi cukup untuk menutup, umpan balik dari *phase locked loop* secara mekanis menekan dua frekuensi masukan fasa detektor agar sama, dan *voltage controlled oscillator* ’mengunci’ dengan frekuensi yang masuk.

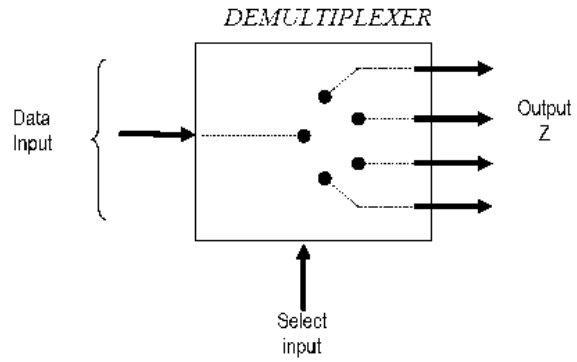
Ketika loop sudah terkunci, maka akan ada sedikit perbedaan fasa antara kedua *input detektor phase*. Perbedaan ini akan menghasilkan tegangan DC pada *output detektor* yang diperlukan oleh VCO untuk mempertahankan *loop* tetap terkunci.

Ada tiga pernyataan dari *phase locked loop*

1. *Free running*, frekuensi keluaran dari *voltage controlled oscillator* tidak tergantung pada keluaran *phase detektor*.
2. *Capture state* adalah rentang frekuensi dimana *phase locked loop* bisa berubah dari *capture state* ke *lock state*. Frekuensi keluaran dari *voltage controlled oscillator* dikendalikan oleh tegangan Vc_+ dimana Vc adalah berbanding lurus dengan perbedaan fasa antara masukan $\theta_i = \theta_d$. dimana θi dan θ_d adalah fasa sinyal masukan dan sinyal umpan balik Pada peryataan ini fasa dan frekuensi keluaran pembagi menuju fasa dan frekuensi masukan.
3. *Lock range* adalah rentang frekuensi dimana *phase locked loop* tetap pada keadaan mengunci terhadap masukan. Frekuensi dan fasa keluaran sama dengan frekuensi dan fasa masukan.

2.6 Demultiplexer

Sebuah *Demultiplexer* adalah rangkaian logika yang menerima satu input data dan mendistribusikan input tersebut ke beberapa output yang tersedia. Seleksi data-data input dilakukan oleh *selector line*, yang juga merupakan *input* dari demultiplexer tersebut. Blok diagram sebuah demultiplexer ditunjukkan pada Gambar 2.14.

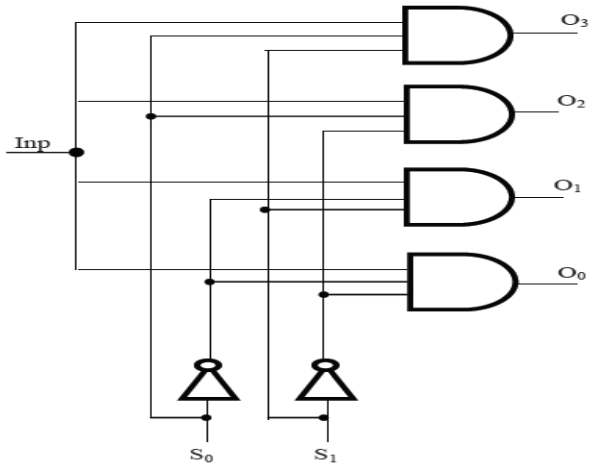


Gambar 2.14 Blok Diagram Demultiplexer

Table 2.2 Tabel Kebenaran Demultiplexer dengan 2 Select Line

INPUT			OUTPUT			
S_0	S_1	Inp	O_0	O_1	O_2	O_3
0	0	0	0	x	x	x
0	0	1	1	x	x	x
0	1	0	x	0	x	x
0	1	1	x	1	x	x
1	0	0	x	x	0	x
1	0	1	x	x	1	x
1	1	0	x	x	x	0
1	1	1	x	x	x	1

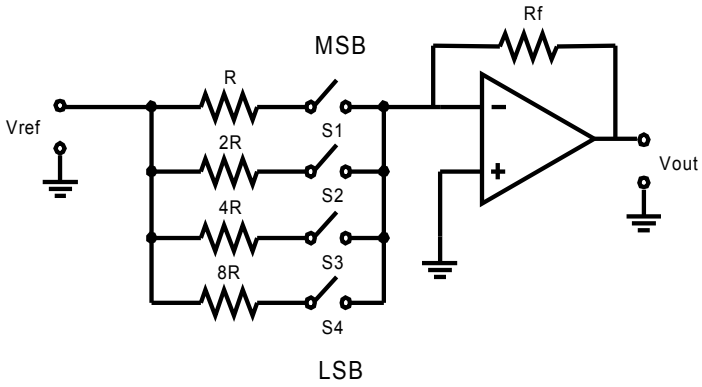
Rangkaian demultiplexer ditunjukkan pada Gambar 2.15. Pada gambar rangkaian demultiplexer tersebut merupakan demultiplexer 4 bit.



Gambar 2.15 Rangkaian Demultiplexer 1x4

2.7 Digital To Analog Conversion (DAC)

Digital To Analog Converter (DAC) adalah pengubah bilangan digital menjadi tegangan keluaran analog. DAC banyak digunakan sebagai rangkaian pengendali (driver) yang membutuhkan *input* analog; seperti motor AC maupun DC, tingkat kecerahan pada lampu, Pemanas (*Heater*) dan sebagainya. Gambar di bawah ini menjelaskan prinsip dan cara kerja dari DAC.



Gambar 2.16 Rangkaian DAC Sederhana

Terdapat dua jenis DAC yang umum :

1. DAC - Resistor Berbobot (Weighted Resistor DAC)

   Prinsip dasar dari rangkaian ini adalah rangkaian penjumlah (*summing circuit*) yang di bentuk dengan menggunakan *Operasional Amplifier*. Rangkaian pada Gambar 2.16 dapat ditulis dengan persamaan :

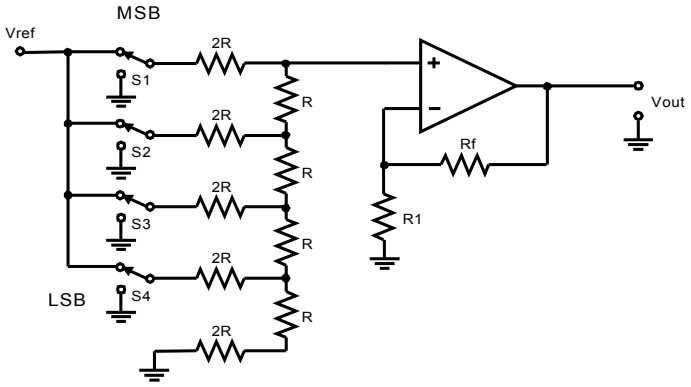
$$Vout = -Vref\left(\frac{Rf}{R + 2R + 4R + 8R}\right) \tag{2.6}$$

   Bila terdapat *input* digital 1010 (10 desimal) maka saklar 1 (S1) dan saklar 3 (S3) tertutup; didapat :

$$Vout = -Vref\left(\frac{Rf}{R + 4R}\right) \tag{2.7}$$

2. DAC - Pasangan R-2R (R-2R DAC)

Prinsip dasar dari rangkaian ini di bentuk karena mengatasi hambatan besar resistor yang terjadi bila jumlah bit rangkaian bertambah. Rangkaian ini hanya menggunakan dua nilai resistor. Sama seperti rangkaian di atas, prinsip dasar rangkaian ini menggunakan rangkaian penjumlah langsung (*Direct summing circuit*) yang dibentuk dengan menggunakan *Operasional Amplifier*.



Gambar 2.17 DAC - Pasangan R-2R

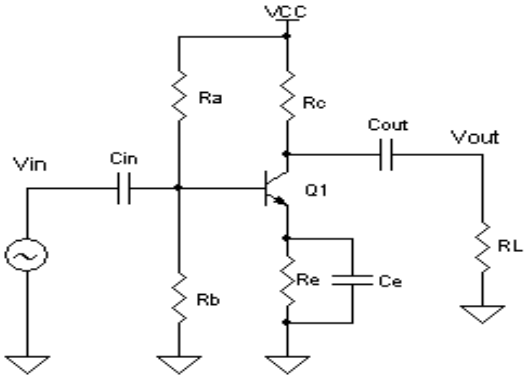
Rangkaian DAC- Pasangan 2-2R sebagaimana pada Gambar 2.17 dapat diuraikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\text{Vout} = \left(\frac{\text{Rf}}{\text{R1}} + 1 \right).(\text{Vref}).(\text{Rasio_Pembagi}) \qquad (2.8)$$

2.8 Penguat Daya

Penguat daya merupakan perangkat yang sangat penting dalam menguatkan sinyal kecil sampai beberapa kali penguatan sehingga bisa didengarkan oleh telinga manusia melalui pengeras suara (*speaker*). Ada beberapa jenis penguat audio yang dikategorikan antara lain sebagai penguat kelas A, B, AB dan ada juga penguat audio dengan menggunakan satu *chip* IC (*Integrated*

Circuit) seperti uA 741 dsb. Gambar berikut adalah contoh rangkaian *common emitor* dengan transistor NPN Q1.



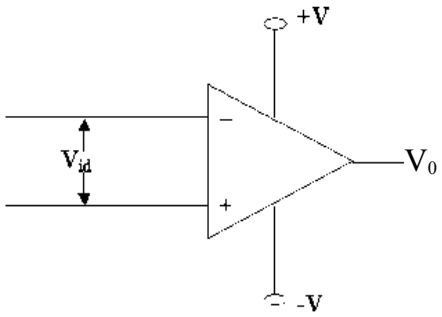
Gambar 2.18 Rangkaian Dasar Penguat

2.9 Op Amp

Penguat operasional (*Op-Amp*) adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi penguat *differensial*. *Op-Amp* memilki dua masukan dan satu keluaran serta memiliki penguatan DC yang tinggi. Untuk dapat bekerja dengan baik, penguat operasional memerlukan tegangan catu yang simetris yaitu tegangan yang berharga positif (+V) dan negatif (-V) terhadap tanah (*ground*). Oleh karena itu jenis penguatan ini dinamakan penguat operasi atau *operasional amplifiers*, disingkat *Op-Amp* namun demikian *Op-Amp* dapat pula dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misalnya sebagai *amplifiers*, penguat audio, pengatur nada, osilator atau pembangkit gelombang, dll. *Op-Amp* banyak disukai karena faktor penguatannya mencapai (99.999 kali).

Penguat operasional (Op Amp) biasanya digunakan pada rangkaian komparator. Komparator merupakan rangkaian pengubah sinyal sinusoidal menjadi sinyal kotak, tegangan yang masuk ke rangkaian komparator

dibandingkan dengan tegangan referensi yang ada dirangkaian komparator sehingga *output* sinyal pada rangkaian komparator berbentuk kotak. Simbol dari penguat operasional terlihat di bawah ini:



Gambar 2.19 Simbol Penguat Operasional