BAB II

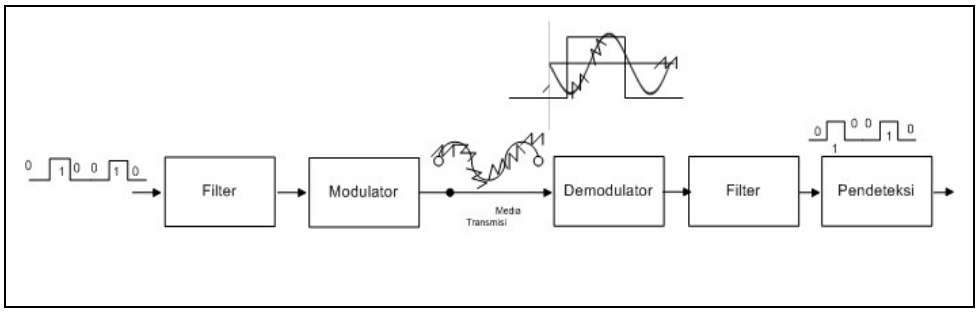
DASAR TEORI

2.1 Modulasi

Modulasi adalah proses yang dilakukan pada sisi pemancar untuk memperoleh transmisi yang efisien dan handal. Pemodulasi yang merepresentasikan pesan yang akan dikirim, dan *carrier* (gelombang pembawa) yang sesuai dengan aplikasi yang diterapkan. Modulasi adalah variasi secara sistematis dari parameter gelombang *carrier* secara proporsional terhadap sinyal pemodulasi (sinyal informasi). Jika amplitudo sinyal informasi memvariasi amplitudo suatu gelombang *carrier,* maka akan terbentuk sinyal termodulasi amplitudo (AM-*Amplitude Modulation*). Variasi juga dapat diberikan pada frekuensi atau sinyal phasa, yang menghasilkan sinyal termodulasi frekuensi (FM) atau termodulasi phasa (PM). Semua metode untuk modulasi *carrier* sinusoidal dikelompokkan sebagai modulasi gelombang kontinyu (*Continuous Wave Modulation*).

2.2 Demodulasi

Proses mengkodekan kembali sinyal digital menjadi sinyal analog kembali yang sama dari sumber. Peralatan untuk melaksanakan proses modulasi disebut modulator, sedangkan peralatan untuk memperoleh informasi informasi awal (kebalikan dari dari proses modulasi) disebut demodulator dan peralatan yang melaksanakan kedua proses tersebut disebut modem.



Gambar 2. 1 Diagram Modulator-Demodulator

2.3 Modulasi Analog

2.3.1 Modulasi Amplitudo (AM)

Modulasi jenis ini adalah modulasi yang paling sederhana. Gelombang pembawa (*carrier wave*) diubah amplitudonya sesuai dengan signal informasi yang akan dikirimkan. Modulasi ini disebut juga linear modulation, artinya bahwa pergeseran frekwensinya bersifat linier mengikuti signal informasi yang akan ditransmisikan.

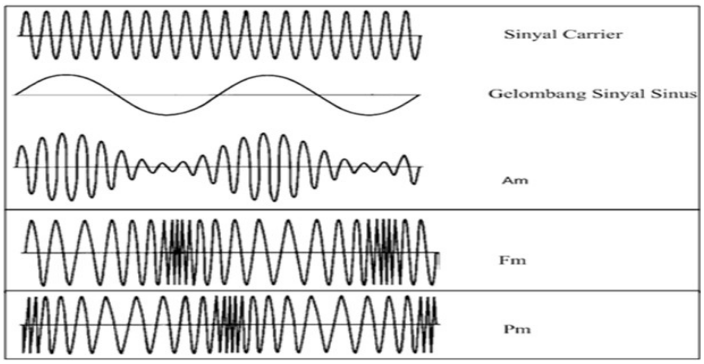
2.3.2 Modulasi Frekuensi (FM)

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

2.3.3 Modulasi Phasa (PM)

Phasa dari gelombang pembawa (*carrier wave*) diubah-ubah menurut besarnya amplitudo dari sinyal informasi. Karena *noise* pada umumnya terjadi

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



Gambar 2. 2 Sinyal Modulasi Analog

2.4 Modulasi Digital

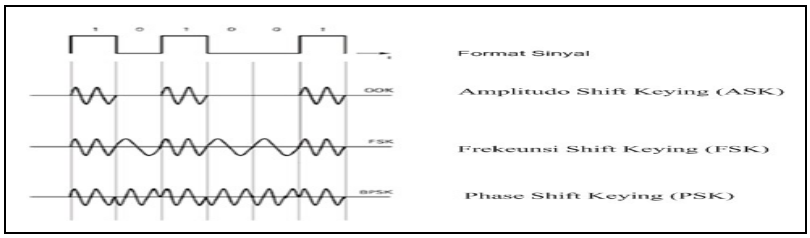
Dalam modulasi digital, suatu sinyal analog di-modulasi berdasarkan aliran data digital. Perubahan sinyal pembawa dipilih dari jumlah terbatas simbol alternatif. Teknik yang umum dipakai adalah :

a. Phase Shift Keying (PSK), digunakan suatu jumlah terbatas berdasarkan fase.

b. Freqeuncy Shift Keying (FSK), digunakan suatu jumlah terbatas berdasarkan frekuensi.

c. Amplitudo Shift Keying (ASK), digunakan suatu jumlah terbatas amplitudo.

d. Teknik modulasi digital pada prinsipnya merupakan variant dari metode modulasi analog.



Gambar 2. 3 Sinyal Modulasi Digital

2.5 PAM (Pulse Amplitude Modulation)

Pada PAM, amplitudo pulsa-pulsa pembawa dimodulasi oleh sinyal pemodulasi. Amplitudo pulsa-pulsa pembawa menjadi sebanding dengan amplitudo sinyal pemodulasi. Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi maka semakin besar pula amplitudo pulsa pembawa.

Pembentukan sinyal termodulasi PAM dapat dilakukan dengan melakukan pencuplikan (*sampling*), yaitu mengalikan sinyal pencuplik dengan sinyal informasi. Proses ini akan menghasilkan pulsa pada saat pencuplikan yang besarnya sesuai dengan sinyal informasi (pemodulasi). Pada proses pemodulasian ini perlu diperhatikan bahwa kandungan informasi pada sinyal pemodulasi tidak boleh berkurang. Hal ini dapat dilakukan dengan persyaratan bahwa pencuplikan harus dilakukan dengan frekuensi minimal dua kali frekuensi maksimum sinyal pemodulasi (2.fm), atau sering disebut dengan syarat Nyquist. Jika frekuensi sinyal pencuplik dinotasikan dengan fs dan frekuensi maksimum sinyal pemodulasi dinotasikan dengan fm, maka syarat Nyquist dapat ditulis sebagai:

$$f_S \geq 2fm$$

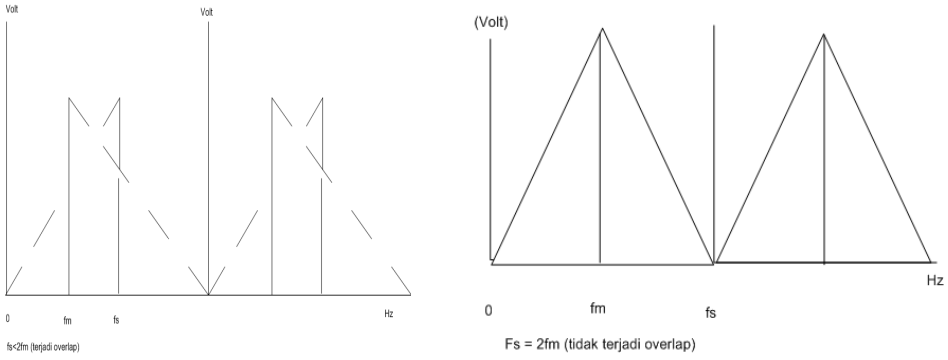
Disamping itu proses modulasi amplitudo pulsa dapat terjadi apabila memenuhi teorema *Nyuist* tentang laju pencuplikan (sampling). Pencuplikan (sampling) terjadi pada sinyal analog dengan laju paling sedikit dua kali frekuensi tertinggi dari masukan sinyal analog asli.

Teorema Nyquist : $fs \geq 2fm$

Dimana : *f*s = frekuensi sampling (pencuplikan)

fm = frekuensi maksimum sinyal analog

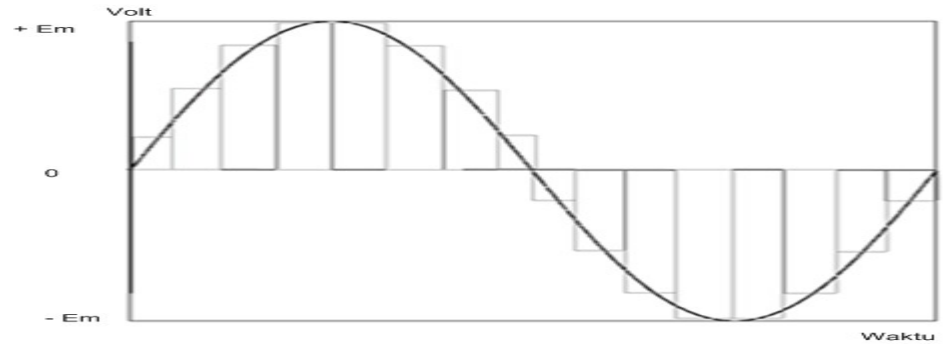
Jika frekuensi sampling lebih rendah dari dua kali frekuensi maksimum sinyal input analog maka terjadi *overlap* (tumpang tindih).



Gambar 2. 4 Spektrum Frekuensi Proses Sampling

2.5.1 Sampling PAM Alami

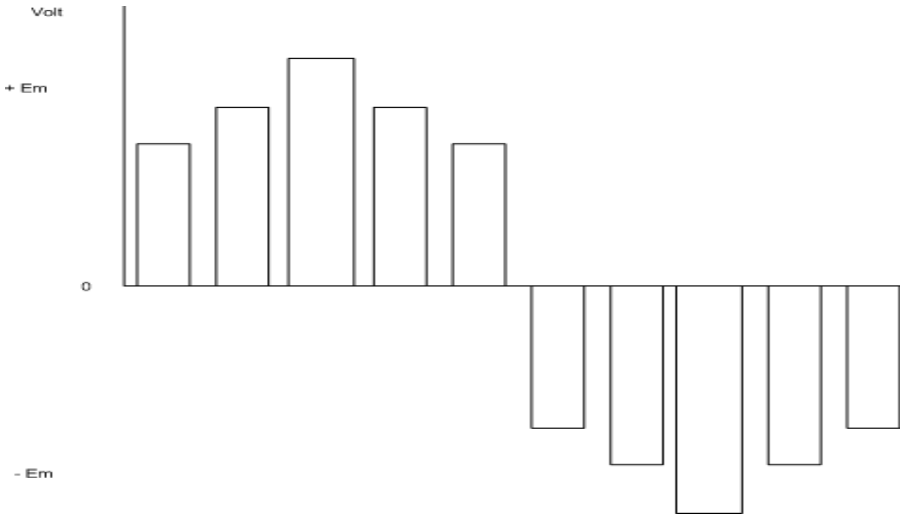
Sampling Alami (*Natural Sampling*) terjadi bila pada modulator digunakan pulsa–pulsa dengan lebar terbatas, tetapi puncak–puncak pulsa dipaksa untuk mengikuti bentuk gelombang modulasi.



Gambar 2. 5 Bentuk Gelombang Sampling PAM

2.5.2 Sampling PAM dengan Puncak – Rata

Sampling PAM dengan Puncak–Rata (*flat topped sampling*) adalah proses dimana pulsa–pulsa dengan lebar terbatas dimodulasi kemudian dihasilkan puncak-puncak yang rata. Maka lebar pulsa harus dibentuk jauh lebih kecil daripada perioda sampling Ts, sehingga bentuk gelombang yang disampel berpuncak rata dilewatkan pada sebuah filter low pass akan diperoleh kembali gelombang modulasi tanpa cacat (*distorsi*).



Gambar 2. 6 Samping PAM Puncak Rata

2.6 Modulasi 4-PAM

Pada modulasi pulsa, pembawa informasi berupa deretan pulsa-pulsa. Pembawa yang berupa pulsa-pulsa ini kemudian dimodulasi oleh sinyal informasi, sehingga parameternya berubah sesuai dengan besarnya amplitudo sinyal pemodulasi (sinyal informasi). Teknik modulasi pulsa mulai menggantikan sistem analog, karena beberapa keuntungan antara lain:

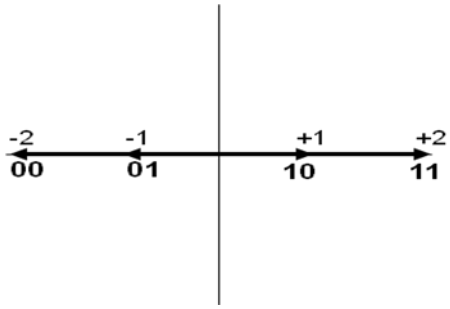
a. Kebal terhadap derau.

b. Sirkuit digital cenderung lebih murah.

c. Jarak transmisi yang dapat ditempuh lebih jauh (dengan penggunaan pengulang regeneratif).

d. Rentetan pulsa digital dapat disimpan.

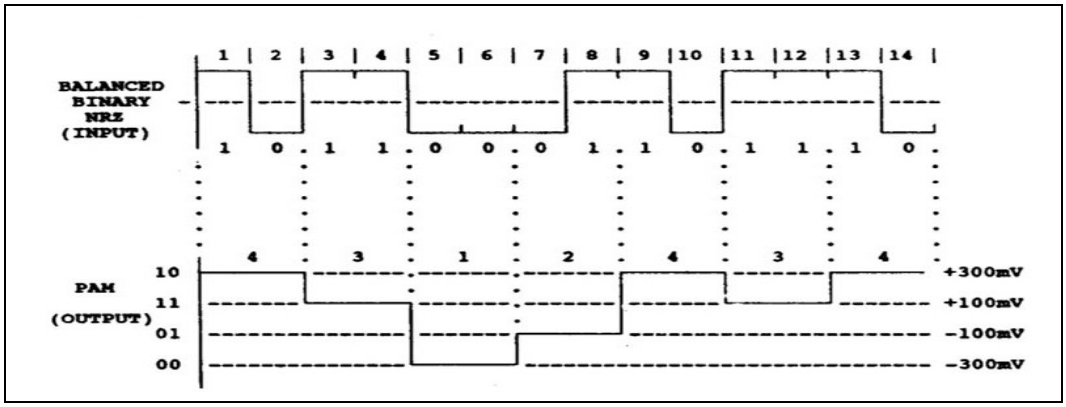
e. Sinyal direpresentasikan dengan 4 nilai besaran amplitudo dari gelombang pembawa.



Bit value	Amplitude
00	-2
01	-1
10	+1
11	+2

Gambar 2. 7 Bentuk Konstelasi 4-PAM

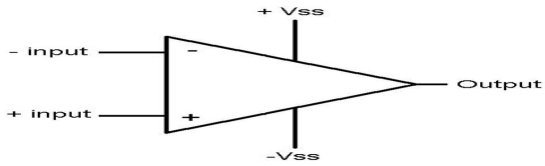
Jika pulsa-pulsa dikirim dengan pesat f_s bit per detik maka pulsa-pulsa tsb akan mencapai amplitude penuhnya jika dilewatkan LPF dengan lebar bidang $f_s/2$ Hz. Maka dimungkinkan untuk mengirim 2 simbol per detik per hz tanpa terjadi interferensi antar simbol pada PAM 4 level berarti 1 simbol terdiri atas 2 bit maka secara teoritis 4-PAM dapat mentransmisikan 4 b/s/hz (yaitu 2 x 2 = 4)



Gambar 2. 8 Sinyal NRZ 2 level dan konversinya ke PAM 4 level

2.7 Op-Amp (Operational Amplifier)

Op-Amp IC adalah peranti *solid state* yang mampu memperkuat sinyal baik DC maupun AC. Op-Amp IC yang khas terdiri atas tiga rangkaian dasar, yakni penguat difernsial impedansi masukan tinggi, penguat tegangan penguatan tinggi dan penguat keluaran impesansi rendah. Simbol Op-Amp pada Gambar menunjukkan teradapat dua terminal masukan, yang satu disebut masukan tidak membalik (*Non Inverting*) dengan tanda positif (+) dan yang lain adalah masukan membalik (*Inverting*) dengan tanda negative (-).



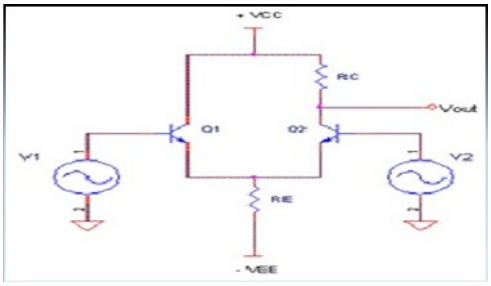
Gambar 2. 9 Op-Amp

Karakteristik Op-Amp adalah :

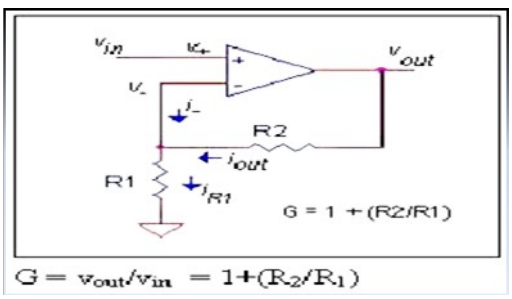
1. impedansi masukan sangat tinggi sehingga arus masukan praktis dapat diabaikan.

2. penguatan *loop* terbuka amat tinggi

3. impedansi keluaran amat rndah, sehigga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh beban.



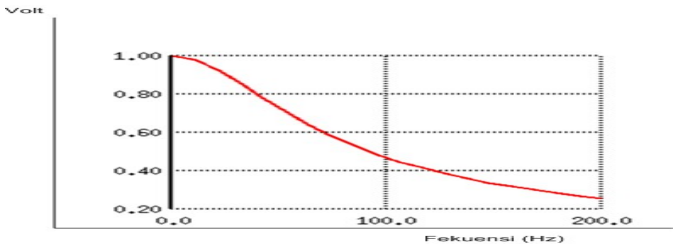
Gambar 2. 10 Penguat Diferensial



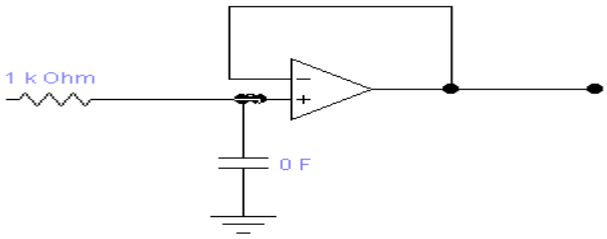
Gambar 2. 11 Inverting

2.8 Low Pass Filter

Dalam sistem PAM sinyal informasi yang akan dikirimkan ialah pengolahan data di pengirim yang akan di proses dalam modulasi–demodulasi sehingga data yang dikirim dapat sampai di penerima. Dengan demikian untuk mengirimkan sinyal informasi yang mempunyai frekuensi 3400 Hz dibutuhkan sebuah low pass filter aktif. Low pass filter adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari dc naik sampai ke suatu frekuensi cutoff (fc), bersama naiknya frekuensi maka tegangan keluarannya diperlemah. Gambar 2 (b) merupakan Gambar besarnya tegangan keluaran dari sebuah low pass filter frekuensi. Garis yang penuh adalah Gambar untuk filter ideal, sedangkan garis putus – putus menunjukkan kurva – kurva untuk low pass filter yang praktis. Jangkauan frekuensi yang diloloskan dikenal sebagai pass band.jangkauan frekuensi yang diperlemah disebut sebagai stop band. kemiringan yang teerjadi pada suatu low pass filter terjadi karena meningkatnya frekuensi terhadap fc. Namun karena filter biasanya tidak efisien, maka pada kurva tanggapannya cenderung terjadi peluruhan atau pelonjakan diikuti peluruhan kembali.kemiringan -20 dB/decade berarti bahwa bila frekuensi meninkat sepuluh kali fc, tegangan keluaran akan berkurang 20 dB, filter yang baik ialah semakin besar rugi – rugi dB/decade, maka akan semakin terjal kemiringannya sebab nilai nya mencerminkan batas penyumbatan filter yang lebih tajam.



a



b

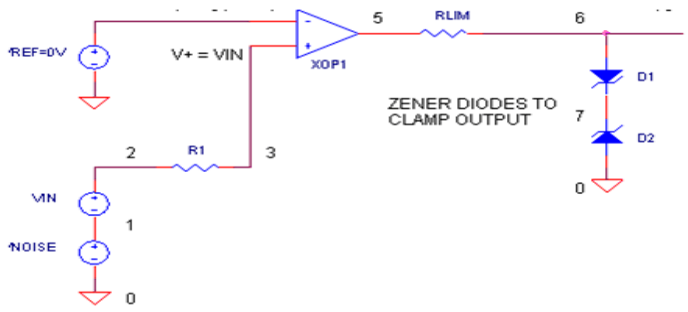
Gambar 2. 12 (a) Kurva T anggapan frekuensi Low Pass Filter
(b) Rangkaian Dasar Low Pass Filter

Gambar merupakan rangkaian dasar low-pass filter menggunakan Op-Amp. Konfigurasi rangkaian adalah sebuah pengikut tegangan, resistor R dan kapasitor C pada masukan tidak membalik membentuk pembagi tegangan. Bila frekuensi Vin dibawah *f*c, *Xc* kapasitor C besar sehingga Vin jatuh ke C. bila diberikan Vin yang besar, Vout juga besar. Penguatan akan semakin maksimum pada ferkuensi yang lebih rendah. Bila frekuensi Vin melampaui *f*c, Xc kapasitor rendah, sehingga sebagian besar Vin jatuh ke R. Akibatnya kapasitor C melewatkan Vin ke ground. Dengan Vin yang kecil, Vout juga kecil. Jadi penguatan tahapan akan di bawah maksimumnya pada frekuensi-frekuensi yang lebih tinggi.

2.9 Pembanding (*comparator*)

Sebuah rangkaian *Comparator* berfungsi membandingkan dua buah bilangan input. Jika digunakan untuk membandingkan dua input dan kemudian menyatakan apakah kedua input tersebut sama, lebih besar atau lebih kecil, maka rangkaian tersebut dinamakan *Magnitude Comparator.*

Komparator dapat membandingkan gelombang sinus atau gigi gergaji yang dapat diubah ke bentuk gelombang persegi (pulsa) dengan siklus (*duty cycle*) dapat dikendalikan. Siklus tugas D (*duty cycle*) dari gelombang persegi berulang didefinisikan sebagai perbandingan waktu tinggi (Th) terhadap perioda T dari gelombang tersbut.



Gambar 2. 13 Rangkaian Dasar Komparator

$$D = \frac{Th}{T} \; x \; 100\,\%$$

Dimana :

D = Siklus Tugas

Th = Waktu Tinggi (detik)

T = Waktu 1 Perioda (detik)

Perioda T didefinisikan pada Gambar . b sebagai selang waktu antara dua titik yang brhubungan pada suatu gelombang. Jika Ei merupakan gelombang segitiga, maka siklus tugasnya dapat dianalisa atau dirancang jika kita ketahui harga puncak dari Ei, Eip dan V_{ref} dari

$$D = \frac{E_{ip} - V_{ref}}{2E_{ip}} \; x \; 100\ \% \quad \text{.....(2-1)}$$

Dengan :

Eip = tegangan maksimum (Volt)

V_{ref} = Tegangan referensi atau catu daya (Volt)