

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar

Dalam sistem transmisi kita mengenal dua proses yaitu proses modulasi dan demodulasi. Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi (sinyal pemodulasi) yang mempunyai frekuensi rendah terhadap sinyal pembawa (*carrier*) yang mempunyai frekuensi tinggi. Sinyal informasi berupa sinyal digital sedangkan sinyal pembawa berupa sinyal analog. Proses modulasi dilakukan oleh suatu rangkaian yang disebut modulator. Output modulator berupa sinyal pembawa yang telah dimodulasi yang berbentuk sinyal analog.

Kebalikan dari proses modulasi yaitu demodulasi yaitu proses ekstraksi hasil modulasi, maksudnya proses pelepasan kembali sinyal informasi dari sinyal pembawanya. Proses demodulasi dilakukan oleh suatu rangkaian yang disebut demodulator. Output demodulator berupa sinyal informasi yang berbentuk sinyal digital.

Teknik modulasi dapat dilakukan dengan cara mengubah – ubah karakteristik dari sinyal pembawa (*carrier*) sesuai dengan sinyal informasi yang dimodulasikan. Karakteristik dari gelombang pembawa yang berubah pada saat terjadi modulasi yaitu amplitudo, frekuensi dan fasanya.

2.2 Modulasi Digital

Modulasi Digital adalah suatu proses modulasi dimana sinyal pemodulasinya adalah berupa sinyal digital. Seperti pada modulasi analog, ada tiga komponen *carrier* yang diubah – ubah sesuai dengan informasi yaitu amplitudo, frekuensi dan fasa. Perbedaan hanya terdapat pada bentuk sinyal pemodulasinya, pada modulasi analog berbentuk kontinyu, sedangkan pada modulasi digital berbentuk diskrit (digital).

Pada dasarnya dikenal 3 prinsip atau sistem modulasi digital yaitu:

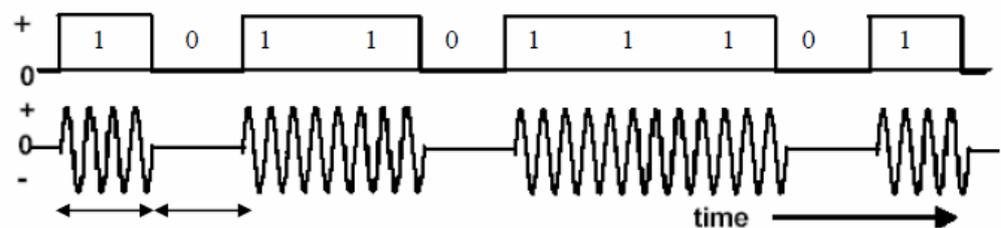
- a. *Amplitude Shift Keying* (ASK)
- b. *Frequency Shift Keying* (FSK)
- c. *Phase Shift Keying* (PSK)

2.2.1 *Amplitude Shift Keying* (ASK)

ASK merupakan suatu metoda modulasi dengan mengubah - ubah amplitude. Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Jika sinyal informasi mempunyai logika "1" maka sistem akan mentransmisikan sinyal pembawa dengan suatu amplitude, sedangkan jika sinyal informasi mempunyai logika "0" maka sistem akan mentransmisikan sinyal pembawa dengan suatu amplitude yang lain. Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi f_c t), & \text{untuk simbol "1"} \\ 0, & \text{untuk simbol "0"} \end{cases} \dots \text{(Persamaan 2.1)}$$

Dengan demikian, maka sinyal ASK yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan frekuensi dan fase konstan namun dengan amplitude yang berubah-ubah sesuai dengan arus data pada sinyal informasi.



Gambar 2.1 Bentuk sinyal ASK

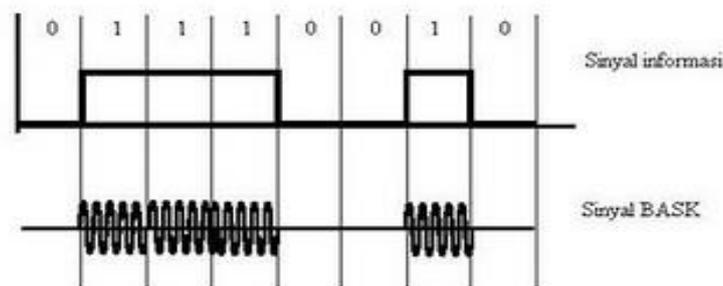
(Sumber : <http://roysarimilda.files.wordpress.com/2012/05/p9-jenis-teknik-telekomunikasi-modulasi-digital.pptx>. Diakses pada 9 Juni 2014. Pkl.14.10)

Ada beberapa jenis modulasi ASK salah satunya Binary ASK. Sinyal yang dikatakan termulasi secara BASK didefinisikan dengan :

$$x(t) = A m(t) \sin(t) \quad 0 \leq t \leq T \quad (1) \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.2})$$

A adalah konstanta, $m(t)$ adalah sinyal data (sinyal pemodulasi) yang mempunyai nilai 0 atau 1 adalah frekuensi putar dari sinyal pembawa, dan T adalah lebar dari satu bit.

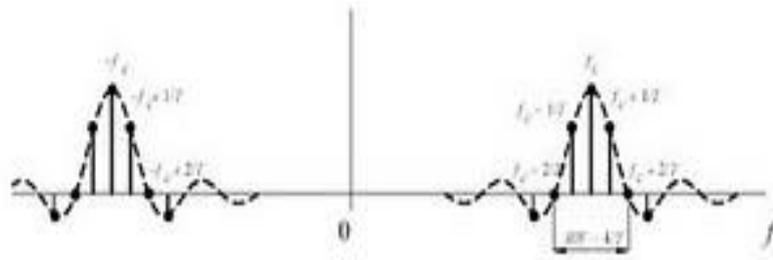
Sebuah sinyal digital, yang hanya mengandung 0 dan 1, dimodulasikan dengan BASK, maka kita hanya akan mengalikan sinyal pembawa dengan nilai 0 atau 1. Gambar 2.2 memperlihatkan modulasi BASK untuk sebuah sinyal digital yang diberikan 0 1 0 1 0 0 1 0. Seperti terlihat di gambar 2.2 sinyal-sinyal BASK bisa didapat dengan cara menyalakan dan mematikan (*on* dan *off*) sinyal pembawa, tergantung apakah sinyal informasi (pemodulasi) bernilai 1 atau 0. BASK disebut juga *on-off keying* (OOK).



Gambar 2.2 Modulasi BASK untuk sebuah sinyal digital
(Sumber : Modul Praktikum Laboratorium Teknik Transmisi 1 , hal.50)

Secara spektral bisa menggunakan sifat dari transformasi Fourier, perkalian dengan fungsi sinus, berarti pergeseran bentuk spektral. Dengan mengandaikan bahwa sinyal $m(t)$ adalah sinyal periodis dengan 0 1 0 1 0 1 0 1.

Gambar dibawah ini menunjukkan bentuk spektral dari sinyal termulasi secara BASK. Jika lebar pita (*bandwidth*) dari sinyal informasi didefinisikan sampai nol yang pertama, maka $B = 4/T$

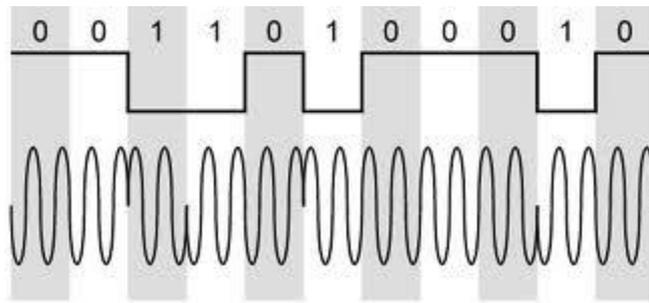


Gambar 2.3 Bentuk spektrak dari sinyal termulasi secara BASK
(Sumber : Modul Praktikum Laboratorium Teknik Transmisi 1 , hal.50)

Disamping BASK yang mempunyai dua nilai diskret, ada jenis modulasi ASK yang lain, yang menggunakan nilai yang lebih dari dua. Untuk demodulasi ASK dapat dilakukan secara *coherent* (koheren) dan *incoherent* (tidak koheren). Demodulator koheren maksudnya adalah demodulator yang memiliki *timing* (dalam hal ini lebih mudah dikenali sebagai fasa) yang persis dengan sinyal *carrier* yang datang. Pada deteksi koheren dibutuhkan match filter untuk mendapatkan deteksi amplop yang baik. Pada deteksi koheren ini diperlukan tegangan referensi untuk menentukan pengkodean ke digit digit biner. Sedangkan demodulator tidak koheren tidak memerlukan fasa yang sama persis dengan sinyal *carrier* yang datang. *Synchronous demodulator* adalah suatu contoh demodulator koheren. Pada deteksi non koheren cukup mendeteksi amplop sinyal termulasi sehingga hanya ada dua kondisi sinyal, yaitu kondisi on berupa pulsa-pulsa RF dan kondisi off berupa spasi.

2.2.2 Phase Shift Keying (PSK)

Pada sistem modulasi PSK, fasa gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan sinyal data pemodulasinya. Dengan demikian pada teknik modulasi PSK data yang dibawa direpresentasikan dengan perubahan fasa gelombang pembawa sehingga frekuensi gelombang pembawa akan konstan tetapi fasanya akan sebanding dengan sinyal pemodulasinya. Gambar berikut adalah sinyal termulasi PSK.



Gambar 2.4 Bentuk Sinyal PSK

(Sumber : <http://pulawkurma.wordpress.com/category/komunikasi-data>, diakses pada 9 Juni 2014. Pkl.10.00)

Persamaan PSK secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut .

$$S_i(t) = A_c \cos [w_c (t) + \theta_i(t)] \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.3)}$$

Dimana :

- $\theta_i = \frac{2\pi (i-1)}{M}$
- $M^l = 2^l$
- M = Tingkatan dari PSK
- l = Jumlah Bit
- $\omega_c = 2\pi f_c$

Ada beberapa macam sinyal PSK, antara lain *Binary Phasa Shift Keying (BPSK)*, dan *Quadrature Phasa Shift Keying* . Pada sinyal BPSK phasa dari sinyal pembawa digeser 180° (+/- sin ω_c t). Untuk sinyal QPSK sinyal pembawa digeser 90° .

Tabel 2.1 Syarat-syarat pada sistem PSK

Jenis-jenis PSK	M	N
<i>Binary Phasa Shift Keying</i>	2	1
<i>Quadrature Phasa Shift Keying</i>	4	2

(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 uli 2014 , pk. 20.00)

2.2.2.1 Binary Phasa Shift Keying

Pada BPSK, phasa dari frekuensi pembawa diubah-ubah antara dua nilai yang menyatakan keadaan biner 1 dan 0, dalam hal ini phasa dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar π radian atau 180°,

sehingga dalam hal ini pensinyalan pada BPSK disebut dengan PRK (*Phasa Reversal Keying*), persamaan bentuk gelombang BPSK adalah sebagai berikut :

$$S_1(t) = -A \cos \omega_c t \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.4})$$

$$S_2(t) = A \cos \omega_c \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.5})$$

Atau yang lebih umum dinyatakan dalam rumus :

$$S_i(t) = A_c \cos(\omega_c t + \theta_c) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.6})$$

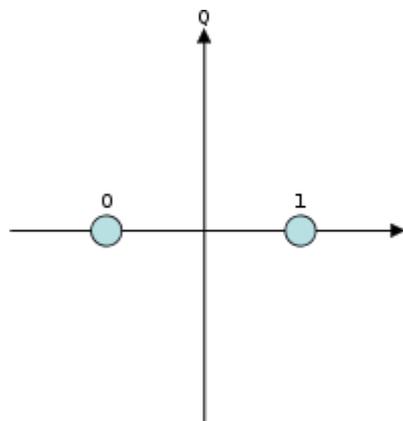
Dimana :

A_c = Amplitudo sinyal

ω_c = Frekuensi pembawa

θ_c = sudut fase pembawa pada BPSK 180°

Sinyal ini dipergunakan untuk menyampaikan digit biner 0 dan 1 secara berurutan. Diagram untuk sinyal BPSK



Gambar 2.5 Diagram Sinyal BPSK

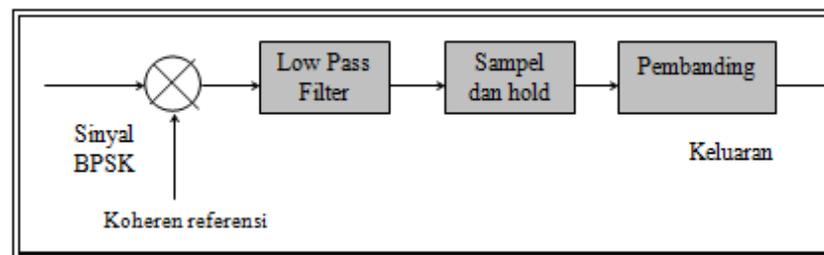
(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014 , pk. 20.00)

Demodulasi pada BPSK dilakukan dengan 2 cara yaitu sinkron atau *coheren*, dan Penemuan selubung (*Detector Envelope*) atau *non-coherent*. Pada metode sinkron , hanya mengalikan sinyal datang dengan frekuensi pembawa yang dibangkitkan secara local dipenerima dan kemudian dilakukan pemfilteran pada

sinyal hasil perkalian tadi. Pada penemuan sinkron ini bukan saja frekuensi pembawa yang dibangkitkan secara local pada penerima yang harus pada frekuensi yang sama, tetapi juga disinkronkan dalam fasa. Sedangkan pada metode yang kedua digunakan untuk menghindari persoalan-persoalan pengaturan frekuensi dan fase dalam penemuan sinkron. Bila ditinjau dari cara pemodulasinya modulasi BPSK dapat dibagi atas 2 yaitu :

a. CPSK (*Coheren Phasa Shift Keying*)

Untuk metode ini pemodulasinya menggunakan metode pendeteksi koheren (*Coheren Detection*), yaitu mengalikan sinyal yang datang (sinyal informasi) dengan frekuensi pembawa yang dibangkitkan secara local pada penerima. Oscilator local pada penerima memerlukan sumber gelombang yang akurat didalam frekuensi dan fase. Sistem pendeteksian koheren ditunjukkan pada gambar dibawah ini



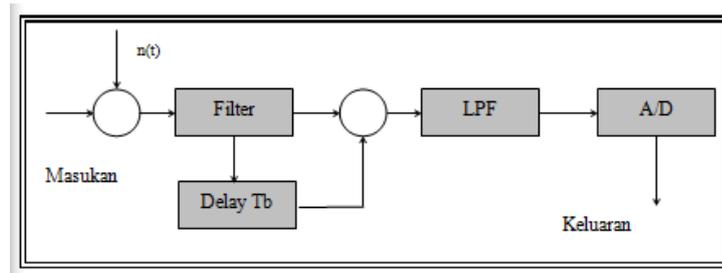
Gambar 2.6 Demodulasi Koheren

(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014 , pk. 20.00)

Agar data yang diterima pada penerima bisa optimum, maka harus mengoptimumkan penerima. Berarto akan didapatkan peluang kesalahan bit yang minimum. Pada sistem ini pertama sinyal termodulasi dilewatkan pada Low Pass Filter sehingga sinyal informasi diubah dalam sinyal dasar analog. Kemudian sinyal tersebut dilakukan penyamplingan untuk diketahui harga ekuivalen dengan harga bit. Setelah itu baru dilakukan perbandingan sinyal yang telah disampling, sehingga dihasilkan keluaran dalam bentuk biner kembali.

b. DPSK (*Differential Phasa Shift Keying*)

Pendeteksian pada DPSK tidak bisa secara non-koheren, karena pesan informasi selalu dalam bentuk fase, sehingga transmisi data terhidar dari transmisi tak sinkron. Blok diagram demodulasi DPSK dirunjukkan pada gambar dibawah ini



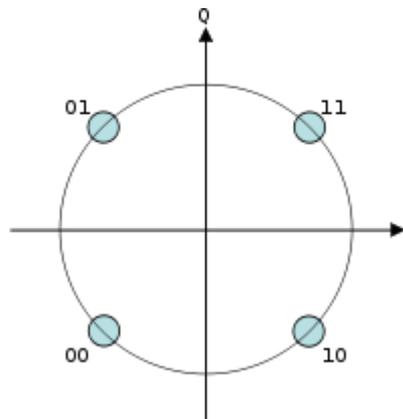
Gambar 2.7 Demodulator DPSK

(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014 , pk. 20.00)

Waktu tunda digunakan untuk membandingkan sinyal band dasar yang masuk dengan sinyal band dasar berikutnya. Penundaan ini dimaksudkan juga untuk memastikan apakah sinyal band dasar yang dikirimkan itu merupakan biner 1 atau 0. Pada pemodulasinya DPSK tidak memerlukan fase referensi local pada demodulatornya, tetapi sinyal yang datang langsung dikalikan dengan sinyal itu sendiri setelah ditunda selama T_b . Dengan adanya penundaan ini maka sistem ini cenderung terkena noise besar.

2.2.2.2 Quadrature Phasa Shift Keying (QPSK)

Pada transmisi digital dengan menggunakan teknik modulasi QPSK, yaitu mengirimkan 1 dari 4 sinyal yang mungkin selama interval waktu tertentu dimana setiap sinyal unik sama dengan (pasangan bit) 00, 01, 11, 10. Pada QPSK sinyal yang ditumpangkan pada sinyal pembawa, mempunyai empat kemungkinan dari setiap pasangan bitnya.



Gambar 2.8 Diagram Konstelasi QPSK

(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 juli 2014 , pk. 20.00)

Untuk diagram konstelasi diatas, pada setiap titiknya itu berbeda sudut fasanya sebesar 90° , Atau bisa dilihat dari persamaan dibawah ini. Persamaan untuk Gambar 2.8 diagram konstelasi :

$$A_c \cos (2\pi f_c t + \pi/4) \text{ symbol } 11 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.7})$$

$$A_c \cos (2\pi f_c t + 3\pi/4) \text{ symbol } 01 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.8})$$

$$A_c \cos (2\pi f_c t - 3\pi/4) \text{ symbol } 00 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.9})$$

$$A_c \cos (2\pi f_c t - \pi/4) \text{ symbol } 10 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.10})$$

Dalam QPSK, fasa dari sinyal pembawa membawa satu dari empat harga seperti 0° , 90° , 180° , dan 270° . Setiap harga fasa yang mungkin berkorespondensi dengan pasangan bit yang unik disebut dibit. Sebagai contoh, kita dapat memilih set harga fasa untuk merepresentasikan *set gray coded* dibit : 00,01,11,10. Bentuk sinyal modulasi QPSK ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

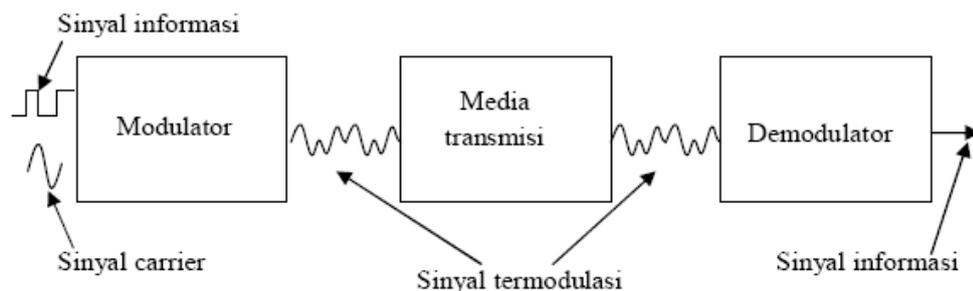
Set fasa pada PSK dan QPSK yang disebutkan di atas hanya satu pilihan yang mungkin. Kemungkinan *Phase Shift* lain dari sinyal PSK dan QPSK ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perbedaan Sudut Fase

Sistem	Informasi	Fasa (derajat)		
		<i>Learned</i>	#1	#2
PSK	0	0	180	45
	1	180	0	225
QPSK	00	0	180	45
	11	180	0	225
	01	90	270	135
	10	270	90	315

(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014 , pk. 20.00)

Gambar 2.5 menunjukkan Sistem komunikasi PSK/QPSK. Modulator memodulasi sinyal pembawa dengan informasi input dan memproduksi sinyal termodulasi PSK atau QPSK. Sinyal termodulasi ditransmisikan melewati medium seperti udara, kabel, seratoptik, ke input demodulator. Demodulator menerima sinyal transmisi kemudian merekonstruksi data informasi originalnya



Gambar 2.9 Blok Diagram QPSK

(Sumber : <http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/files/2013/12/BPSK.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014 , pk. 20.00)

Pada modulator terjadi proses pencampuran antara sinyal informasi dan sinyal pembawa sehingga menjadi sinyal termodulasi. Dan sinyal inilah yang ditransmisikan sebagai input pada demodulator. Proses yang terjadi pada demodulator adalah proses pengembalian kembali menjadi sinyal awal atau sinyal informasi. Hal ini dilakukan oleh demodulator dengan memisahkan sinyal informasi dengan sinyal pembawa.

a. 8 QPSK

Sesuai dengan *M-ary coding* untuk modulasi 8 PSK jumlah n yang digunakan adalah $n=3$ sehingga menghasilkan beda fasa sebanyak delapan atau $M=8$. Modulasi 8 PSK memiliki delapan posisi beda fasa yang masing-masing sebesar 45° dengan 3 bit setiap simbol, diantaranya 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 dan 111.

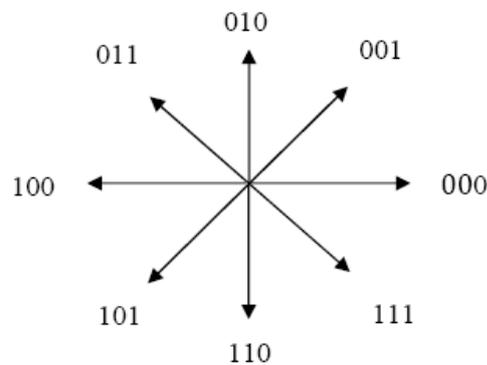
$$S_i(t) = A_c \cos(\omega_c t + 90^\circ) \dots \dots \dots \text{(Persamaan 2.11)}$$

Table 2.3 Tabel kebenaran modulasi 8 QPSK.

<i>Input</i> Biner	<i>Output</i> Fase
000	0°
001	45°
010	90°
011	135°
100	180°
101	225°
110	270°
111	315°

(Sumber : <http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/446/jbptunikompp-gdl-budimannim-22271-2-babii.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014)

Berdasarkan tabel kebenaran 8 PSK, modulasi 8 PSK mempunyai delapan masukan data biner, yaitu 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 dan 111. Sehingga keluaran dari modulasi 8 PSK itu sendiri menghasilkan delapan fasa yang berbeda, yaitu 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° dan 315° . Keluaran modulasi 8 PSK digambarkan dalam diagram konstelasi, maka terlihat sebagai berikut.



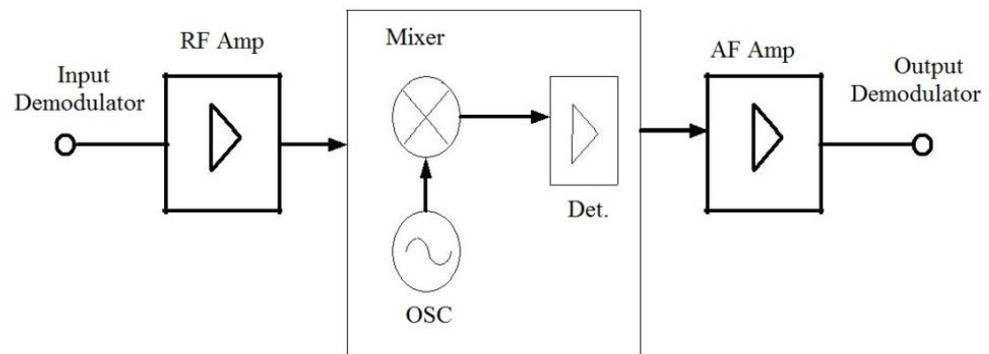
Gambar 2.10 Diagram konstelasi 8 PSK

(Sumber : <http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/446/jbptunikompp-gdl-budimannim-22271-2-babii.pdf>, diakses pada 18 Juli 2014)

2.3 Demodulator

Demodulator digunakan untuk memperoleh kembali sinyal informasi dari sinyal carrier yang telah mengalami proses demodulasi. Keluaran dari suatu modulator berupa sinyal analog. Untuk mengubah sinyal analog kedalam sinyal digital digunakan demodulator.

Demodulator terdiri dari beberapa jenis diantaranya adalah demodulator ASK, PSK, dan FSK. Pada proyek akhir ini penulis menggunakan demodulator ASK dan PSK yang terdapat didalam satu modul. Dengan kata lain, demodulator ASK dan PSK merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menerima sinyal ASK dan sinyal dari modulator ASK dan PSK dan mendemodulasikannya ke bentuk sinyal informasinya kembali, melalui proses demodulasi dengan cara ASK dan PSK.



Gambar 2.11 Prinsip Kerja Demodulator

(Sumber :Aris Wibowo ,2010, Laporan Akhir Modul Demodulator ASK-PSK, hal 9)

2.4 Deteksi Sinyal

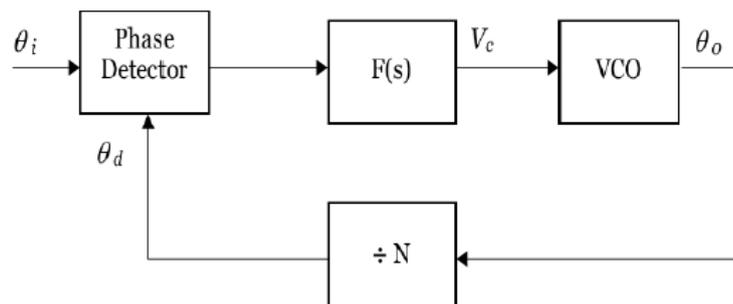
Pendeteksian sinyal dilakukan oleh suatu sistem pendeteksian yaitu sistem PLL (*Phase Locked Loop*). PLL adalah suatu sistem umpan balik dimana sinyal umpan balik digunakan untuk mengunci frekuensi dan phase output pada suatu frekuensi dan phase sinyal input. Bentuk sinyal input bisa berupa sinyal sinus atau digital. PLL digunakan untuk filter, sintesa frekuensi, kontrol kecepatan motor, modulasi-demodulasi dan beragam aplikasi lain. PLL mempunyai tiga komponen dasar yaitu: *detektor fase*, *loop filter (LPF)*, dan *voltage-controlled oscillator (VCO)*. PLL pada rangkaian ini dibangun oleh IC HEF 4046 UE.

2.4.1 Detektor Fase

Detektor fase merupakan suatu sistem yang dapat mengukur beda fasa antara dua sinyal masukannya. Pada rangkaian pembandingan fasa akan menghasilkan tegangan dc pada keluarannya yang sebanding dengan selisih atau beda fasa antara dua sinyal masukannya. Apabila sudut fasa berubah, maka tegangan dcnya juga berubah.

Peran utama dalam PLL dipegang oleh *phase detector* yang bertugas membandingkan fasa sinyal input dari VCO dengan suatu sinyal referensi dan sebagai outputnya adalah beda fasa. Adanya beda fasa akan memberikan perbedaan tegangan yang selanjutnya, perbedaan tegangan tersebut difilter oleh

loop filter (LPF) dan digunakan pada rangkaian. Kemudian pengatur tegangan pada VCO mengubah frekuensi kearah memperkecil perbedaan antara sinyal referensi dengan sinyal umpan balik dari VCO. Bila lingkaran system frekuensi, maka pengatur tegangan berada pada posisi dimana frekuensi rata-rata sinyal umpan balik tepat sama dengan frekuensi referensi.



Gambar 2.12 Blok Diagram *Phase detector*

(Sumber : Putu Nopa.G, 2012, Makalah Phase Locked Loop, Hal 4)

Gambar di atas menunjukkan arsitektur PLL. *Detektor phase* membangkitkan sinyal output yang berupa suatu fungsi beda antara *phase* kedua sinyal input. Output detektor di-filter dan komponen DC dari perbedaan sinyal diinputkan pada suatu *Voltage Controlled Oscillator (VCO)*. Sinyal umpan balik yang menuju *detektor phase* adalah frekuensi output VCO dibagi dengan N. Tegangan kontrol VCO $V_c(t)$ memaksa VCO untuk mengubah frekuensi untuk mengurangi perbedaan antara frekuensi input dan frekuensi output pembagi frekuensi. Jika kedua frekuensi tersebut cukup dekat, mekanisme umpan balik PLL memaksa kedua frekuensi input *detektor phase* menjadi sama, dan VCO dikunci.

Frekuensi output adalah kelipatan N kali dari frekuensi input. Ketika loop sudah terkunci, maka akan ada sedikit perbedaan phase antara kedua input detektor phase. Perbedaan ini akan menghasilkan tegangan DC pada output detektor yang diperlukan oleh VCO untuk mempertahankan loop tetap terkunci. Kemampuan self-correcting membuat PLL mampu untuk melacak perubahan frekuensi dari sinyal input. Rentang frekuensi dimana PLL tetap dalam kondisi

terkunci pada suatu sinyal input disebut *lock range*. Capture range adalah rentang frekuensi dimana PLL bisa melakukan penguncian.

2.4.2 Filter

Filter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk membuang tegangan output pada frekuensi tertentu. Untuk merancang rangkaian filter dapat digunakan komponen pasif (R,L,C) dan komponen aktif (Op-Amp, transistor). Dengan demikian filter dapat dikelompokkan menjadi filter pasif dan filter aktif. Pada makalah ini akan dibahas mengenai filter pasif dan filter aktif.

Pada dasarnya filter dapat dikelompokkan berdasarkan *response* (tanggapan) frekuensinya menjadi 4 jenis:

1. Filter lolos rendah/ *Low pass Filter*.
2. Filter lolos tinggi/ *High Pass Filter*.
3. Filter lolos rentang/ *Band Pass Filter*.
4. Filter tolak rentang/*Band stop Filter or Notch Filter*.

Filter Aktif yaitu filter yang menggunakan komponen aktif, biasanya transistor atau penguat operasi (op-amp). Kelebihan filter ini antara lain:

1. Untuk frekuensi kurang dari 100 kHz, penggunaan induktor (L) dapat dihindari
2. Relatif lebih murah untuk kualitas yang cukup baik, karena komponen pasif yang presisi harganya cukup mahal

Filter adalah suatu device yang memilih sinyal listrik berdasarkan pada frekuensi dari sinyal tersebut. Filter akan melewatkan gelombang/sinyal listrik pada batasan frekuensi tertentu sehingga apabila terdapat sinyal/gelombang listrik dengan frekuensi yang lain (tidak sesuai dengan spesifikasi filter) tidak akan dilewatkan. Rangkaian filter dapat diaplikasikan secara luas, baik untuk menyaring sinyal pada frekuensi rendah, frekuensi audio, frekuensi tinggi, atau pada frekuensi-frekuensi tertentu saja.

Karena yang dipakai dalam rangkaian ini hanya *low pass filter*, jadi hanya LPF yang dibahas. Pada Modul Demodulator ini digunakan LPF Aktif. Yang terdapat pada IC CD 4046 dan IC TL 084 CN.

2.4.3 Voltage Controlled Oscillator (VCO)

Voltage Controlled Oscillator merupakan bagian dari PLL yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal keluaran yang frekuensinya merupakan fungsi dari tegangan kemudinya. Pada saat keadaan tanpa sinyal input, VCO diset pada frekuensi *carrier* yang akan diproses. Prinsip kerja rangkaian ini adalah membandingkan antara frekuensi *carrier* dengan frekuensi VCO. Deviasi frekuensi pada *carrier* akan menghasilkan tegangan yang proporsional dengan deviasi frekuensinya.

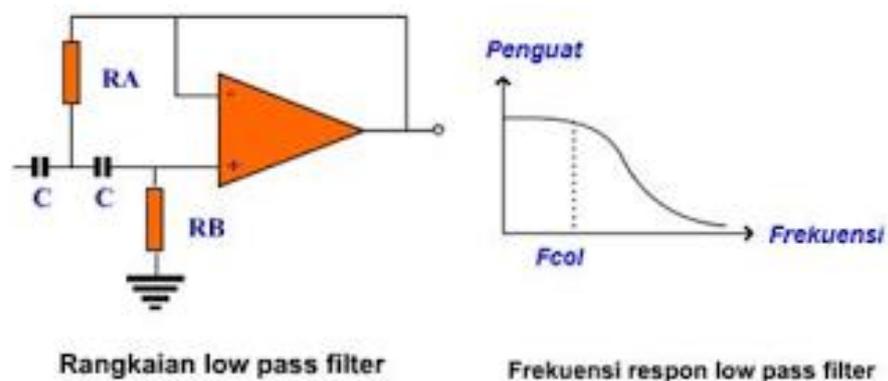
Rangkaian detektor fasa dan *low pass filter* menghasilkan tegangan dc yang besarnya sebanding dengan perbedaan fasa antara frekuensi *carrier* dan frekuensi VCO. Tegangan dc tersebut dicatukan kembali ke rangkaian VCO, sehingga frekuensi dari VCO akan menyesuaikan dengan frekuensi inputnya. Siklus inilah yang menghasilkan tegangan output mendekati dengan sinyal informasi. Karakteristik dinamik PLL terutama dikontrol oleh LPF, dalam keadaan dimana perbedaan antara sinyal referensi dan sinyal umpan balik besar. Sinyal keluaran detektor fasa terlalu tinggi frekuensinya sehingga diredam oleh LPF. Apabila tanpa LPF, komponen frekuensi tinggi tidak mengalami redaman sehingga frekuensi keluaran PLL tidak akan pernah stabil, tetapi selalu berosilasi disekitar frekuensi tertentu.

2.5 Low Pass Filter

Tapis pelewat rendah atau tapis lolos rendah (*low-pass filter*) digunakan untuk meneruskan sinyal berfrekuensi rendah dan meredam sinyal berfrekuensi tinggi. Sinyal dapat berupa sinyal listrik seperti perubahan tegangan maupun data-data digital seperti citra dan suara.

Untuk sinyal listrik, low-pass filter direalisasikan dengan meletakkan kumparan secara seri dengan sumber sinyal atau dengan meletakkan kapasitor secara paralel dengan sumber sinyal. Contoh penggunaan filter ini adalah pada aplikasi audio, yaitu pada peredaman frekuensi tinggi (yang biasa digunakan pada tweeter) sebelum masuk speaker bass atau *subwoofer*(frekuensi rendah).

Kumparan yang diletakkan secara seri dengan sumber tegangan akan meredam frekuensi tinggi dan meneruskan frekuensi rendah, sedangkan sebaliknya kapasitor yang diletakkan seri akan meredam frekuensi rendah dan meneruskan frekuensi tinggi.



Gambar 2.13 Rangkaian, dan Respon *Low Pass Filter*

(Sumber : <http://andri19921119.blogspot.com/p/filter-aktif-dan-filter-pasif.html>, diakses pada 14 Juni 2014, Pkl.14.30)

Pada IC CD 4046 , Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dengan menambahkan satu tahanan dan satu kapasitor. Pada PLL , LPF berfungsi untuk melewatkan frekuensi rendah sehingga akan didapat tegangan dc yang akan digunakan sebagai masukan VCO. LPF yang digunakan pada rangkaian ini menggunakan RC filter. Nilai-nilai R dan C rangkaian LPF secara tidak langsung akan memengaruhi capture . Low Pass Filter pada PLL ini juga mempunyai tugas pokok antara lain:

1. Meredam frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh output fasa detektor.
2. Sebagai penentu kinerja PLL.

IC TL 084 ini adalah salah satu IC Op-Amp yang digunakan sebagai Integrator yang mengintegalkan tegangan input terhadap waktu. Penggunaan integrator juga sebagai tapis lulus bawah (Low Pass Filter) .

2.6 Pemicu Schmitt (*Schmitt Trigger*)

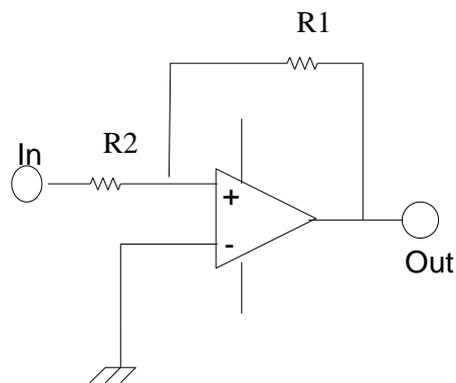
Schmitt Trigger merupakan komparator regeneratif yang berfungsi sebagai pembanding dengan umpan balik positif. Untuk mengubah tegangan masuk yang

perubahannya sangat lambat kedalam keluaran yang berubah tajam bentuk gelombangnya (hampir tidak kontinu) dan timbul tepat pada harga tertentu dari tegangan masuk diperlukan rangkaian pemacu schmit dimana sinyal masuk dapat diambil sembarang selama bentuk gelombangnya periodik dengan amplitudo cukup besar untuk melewati titik perpindahan atau batas jangkauan histerisis (VH) sehingga menghasilkan keluaran gelombang persegi

Schmitt trigger pada dasarnya adalah komparator dengan 2 nilai pembanding (upper trip point/UTP dan lower trip point/LTP). Bekerjanya sebagai berikut. Misalkan sinyal digital dimasukan ke schmitt trigger. Pada saat sinyal berada di logika 1, maka output schmitt trigger harus 1 juga (tergantung jenis, kalau digital buffer input dan output sama, tapi kalau inverter, outputnya kebalikan input). Apabila sinyal tersebut mendapat gangguan noise sehingga level menjadi turun, maka selama levelnya masih diatas LTP, output akan tetap. Kebalikannya jika sinyal berada di logika rendah, pada saat sinyal mendapat noise dan level jadi naik, maka selama level tidak melebihi UTP, output akan tetap. Jadi schmitt trigger akan menghilangkan pengaruh noise tersebut.

Aplikasinya biasanya ada di bagian input suatu sistem. Trigger Schmit merupakan komparator regeneratif yang berfungsi sebagai pembanding dengan umpan balik positif. Untuk mengubah tegangan masuk yang perubahannya sangat lambat kedalam keluaran yang berubah tajam bentuk gelombangnya (hampir tidak kontinu) dan timbul tepat pada harga tertentu dari tegangan masuk diperlukan rangkaian pemacu schmit dimana sinyal masuk dapat diambil sembarang selama bentuk gelombangnya periode dengan amplitudo cukup besar untuk melewati titik perpindahan atau batas jangkauan histerisis (VH) sehingga menghasilkan keluaran gelombang persegi.

Pada dasarnya rangkaian pemacu schmit op-amp seperti terlihat pada gambar dibawah ini, dimana adanya pembagian tegangan sehingga diperoleh umpan balik positif.



Gambar 2.14 Rangkaian *Schmitt Trigger*

(Sumber :Richard Blocher Dipl. Phys,2003, Dasar Elektronika, hal 166)

Keluaran akan tetap pada keadaan yang diberikan sampai masuknya melebihi tegangan acuan, misalnya bila keluarannya mengalami kejenuhan positif, maka tegangan acuannya adalah $+B_{V_{jcn}}$ tegangan masukan $B_{V_{jcn}}$ harus dinaikkan lebih sedikit dari $+B_{V_{jcn}}$ dengan demikian tegangan kesalahannya berbalik polaritas dengan tegangan keluarannya beralih ke keadaan rendah pada $B_{V_{jcn}}$. Sebaliknya, bila keluarannya ada pada keadaan negatif, maka akan tetap negatif sampai tegangan masuknya menjadi lebih negatif dari pada $B_{V_{jcn}}$.

Tegangan acuan menjadi positif bila keluaran tinggi dan negatif bila keluaran rendah, dimana perbedaan dua titik perpindahan ini disebut Histerisis, karena adanya umpan balik positif. Histerisis dibutuhkan karena dapat mencegah kesalahan pemicuan yang disebabkan derau, misalnya ada pemicu schmit tanpa histerisis, maka derau secara acak dari keadaan rendah ke ke keadaan tinggi. Dengan menggunakan pemicu Schmit dapat menghasilkan keluaran gelombang persegi, terlepas dari bentuk gelombang sinyal masukannya. Dengan kata lain tegangan masukan tidak harus sinusoidal, dimana selama bentuk gelombangnya periodic dan mempunyai amplitudo yang cukup besar untuk melewati titik perpindahan. Maka akan didapatkan keluaran gelombang persegi dari pemicu. Pada Modul Demodulator ASK-PSK ini Schmitt Trigger dibangun oleh IC LF 357.

2.7 Dioda

Dioda adalah komponen semikonduktor. Semikonduktor menghantar arus listrik. Sifat daya hantarannya (*conductivity*) ialah antara bahan konduktor dan bahan isolator (bukan bahan penghantar). Dioda dibuat dari dua jenis bahan-bahan semikonduktor, bahan P (bahan positif) dan bahan N adalah bahan Negatif. Bahan P dinamakan anoda dan bahan N dinamakan katoda.



Gambar 2.15 Bentuk Dioda Silikon

(Sumber : <http://abisabrina.files.wordpress.com/2010/07/fisik-dioda.jpg>, diakses pada 5 Februari 2014, pkl 14.00)

Dioda hanya menghantar listrik apabila anoda positif terhadap katoda. Hanya ada arus yang melalui lampu apabila dioda dalam keadaan menghantar listrik. Apabila dalam keadaan menghantar listrik, dioda bersifat sebagai sebuah tahanan yang rendah nilainya (hubungan singkat). Apabila dioda tidak dalam keadaan menghantar listrik, maka dioda bersifat sebagai sebuah osilator (pemutusan). Dioda bekerja seperti sebuah sakelar.

Dioda dibuat dari jenis bahan yang berlainan. Ada dua kelompok yang penting, yakni dioda *germanium* dan *silikon*. Bahan P untuk *germanium* pada umumnya *ingium*, bahan N untuk *germanium* pada umumnya *archenicum*, bahan P untuk silikon pada umumnya aluminium, bahan N untuk silikon pada umumnya *antimonium*.



Gambar 2.16 Bentuk Dioda Germanium

(Sumber : <http://abisabrina.files.wordpress.com/2010/07/fisik-dioda.jpg>, diakses pada 5 Februari 2014, pkl 20.30)

Tegangan jatuh (*voltase drop*) pada dioda germanium tidak sama dengan tegangan jatuh pada dioda silikon. Tegangan jatuh untuk dioda germanium besarnya kira-kira 0,3 V. Tegangan jatuh untuk dioda silikon besarnya kira-kira 0,7 V.

2.8 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satuan farad adalah satuan yang sangat besar dan jarang digunakan dalam percobaan, biasanya digunakan satuan farad tersebut dalam bentuk pecahan :

- a. 1 farad (F) = 1000000 uF (mikro farad)
- b. 1 mikro farad (uF) = 1000 nF (nano farad)
- c. 1 nano farad (nF) = 1000 pF (piko farad)



Gambar 2.17 Kapasitor Elektrolit (ELCO)

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/jenis-jenis-kapasitor/>, diakses pada 5 Februari 2014, Pkl. 20.00)

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. (wordpress.com/2007/11/kapasitor.pdf, diakses pada 5 Februari 2014)

2.8.1 Fungsi Kapasitor

Pemasangan kapasitor pada suatu rangkaian mempunyai maksud dan tujuan diantaranya (<http://id.scribd.com/doc/194327055/11/Jenis-jenis-kapasitor>, diakses pada 5 Februari 2014) :

- a. Sebagai penghubung (*coupling*) yang menghubungkan masing-masing bagian dalam suatu rangkaian.
- b. Memisahkan arus bolak-balik dari arus searah.
- c. Sebagai *filter* yang dipakai pada rangkaian catu daya.
- d. Sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian pemancar.

2.9 Resistor

Resistor merupakan sebuah komponen elektronika yang termasuk komponen pasif yang mempunyai sifat menghambat arus listrik. Dalam sebuah rangkaian elektronika, resistor bisa difungsikan sebagai :

1. Sebagai pembagi arus
2. Sebagai penurun tegangan
3. Sebagai pembagi tegangan
4. Sebagai penghambat aliran arus listrik, dan lain-lain.

Satuan nilai dari resistor adalah ohm, biasa disimbolkan Ω . Besarnya nilai hambatan pada resistor biasanya disebut dengan resistansi.



Gambar 2.18 Resistor

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/jenis-jeni-Resistor>, diakses pada 1 Februari 2014)

Resistor ini memiliki 2 kaki dan biasanya terdapat kode warna pada bagian fisiknya. Kode warna tersebut mewakili nilai resistansi dari resistor tersebut. Berikut ini merupakan tabel kode warna yang ada pada resistor.

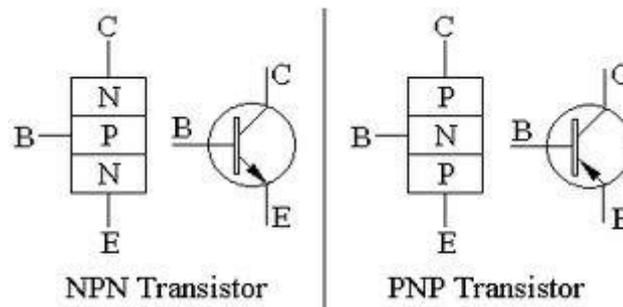
Tabel 2.4 Kode Warna Resistor

Gelang Ke-	Lingkarannya Pertama	Lingkarannya Kedua	Lingkarannya Ketiga
Warna	Angka	Angka	Faktor Perkalian
Hitam	0	0	$\times 10^0$
Cokelat	1	1	$\times 10^1$
Merah	2	2	$\times 10^2$
Jingga	3	3	$\times 10^3$
Kuning	4	4	$\times 10^4$
Hijau	5	5	$\times 10^5$
Biru	6	6	$\times 10^6$
Ungu	7	7	$\times 10^7$
Abu-abu	8	8	$\times 10^8$
Putih	9	9	$\times 10^9$
Emas	-	-	$\times 10^{-1}$
Perak	-	-	$\times 10^{-2}$

(Sumber : Drs. Daryanto, Pengetahuan Teknik Elektronika, 2005, hal.7)

2.10 Transistor

Transistor adalah komponen semi konduktor yang memiliki 3 kaki elektroda, yaitu Basis (B), Colector (C) dan Emitor (E). Dengan adanya 3 kaki elektroda tersebut, tegangan atau arus yang mengalir pada satu kaki akan mengatur arus yang lebih besar untuk melalui 2 terminal lainnya.



Gambar 2.19 Jenis-Jenis Transistor

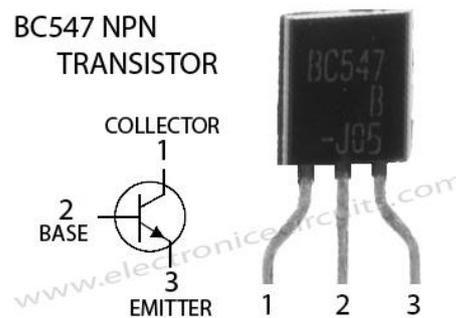
(Sumber : <http://komponenelektronika.biz/fungsi-transistor.html>, diakses pada 5 Februari 2014 Pkl.10.00)

Transistor ditemukan pertama kali oleh William Shockley, John Barden, dan W. H Brattain pada tahun 1948. Mulai dipakai secara nyata dalam praktik mereka pada tahun 1958. Transistor termasuk komponen semi konduktor yang bersifat menghantar dan menahan arus listrik. Ada 2 jenis transistor yaitu transistor tipe P – N – P dan transistor jenis N – P – N. Transistor NPN adalah transistor positif dimana transistor dapat bekerja mengalirkan arus listrik apabila basis dialiri tegangan arus positif. Sedangkan transistor PNP adalah transistor negatif, dapat bekerja mengalirkan arus apabila basis dialiri tegangan negatif.

Fungsi-Fungsi dari transisitor adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sebuah penguat (amplifier).
2. Sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*).
3. Stabilisasi tegangan (stabilisator).
4. Sebagai perata arus.
5. Menahan sebagian arus.
6. Memperkuat arus.
7. Membangkitkan frekuensi rendah maupun tinggi.
8. Modulasi sinyal dan berbagai fungsi lainnya.

Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog ini meliputi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa diantara transistor dapat juga dirangkai sedemikian rupa sehingga fungsi transistor menjadi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya. Pada Modul Demodulator ini digunakan Transistor BC 547 yang digunakan sebagai amplifier dalam rangkaian.



Gambar 2.20 Bentuk Fisik dari Transistor BC 547

(Sumber : <http://www.electroniccircuits.com/electronic-circuits/3v-fm-transmitter>, diakses pada 5 Februari 2014, pkl 12.00)