

BAB II

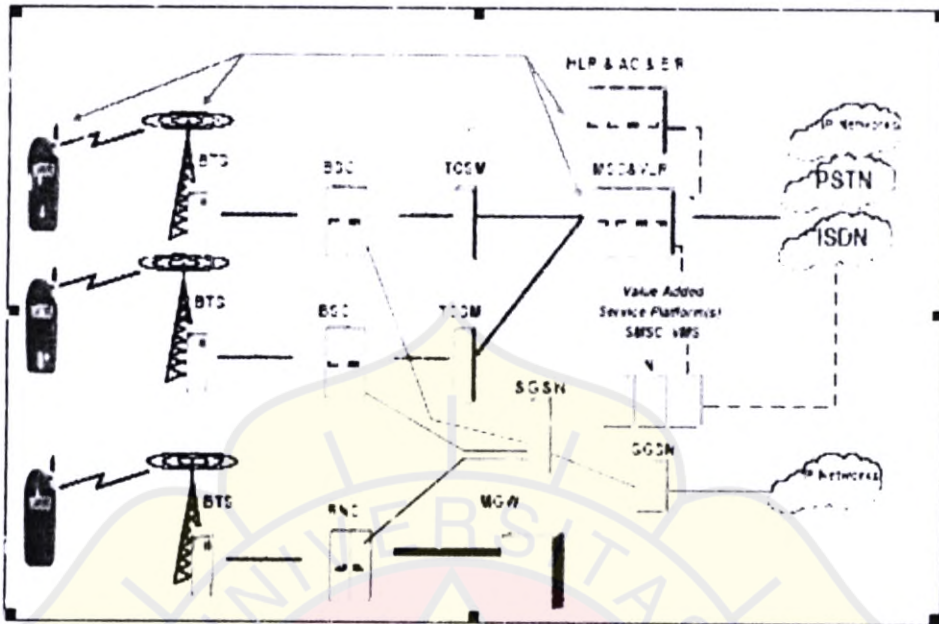
SISTEM KOMUNIKASI RADIO

Sistem komunikasi radio merupakan sistem komunikasi, dimana sinyal informasi ditumpangkan pada gelombang radio untuk dapat dipancarkan pada bagian *transmitter* dan diterima pada bagian *receiver* untuk diambil kembali sinyal informasinya, sesuai dengan yang dikirimkan.

2.1 Konfigurasi Jaringan Sistem Komunikasi Bergerak Generasi Ketiga

Third Generation atau biasa disebut 3G. Teknologi 3G merupakan tahap lanjutan dari teknologi telekomunikasi seluler yang ada saat ini. Dengan teknologi ini, pengguna *handphone* dapat berbicara, melakukan transmisi data dengan lebih cepat sehingga layanan-layanan seperti *video streaming* bisa ditransmisikan antar *handphone* atau *Personal Digital Assistant* (PDA). Teknologi ini beroperasi pada frekuensi 1.900 MHz - 2.100 MHz. Sementara itu, perangkat *handphone* 3G yang sudah beredar di Indonesia ditandai dengan frekuensi kerja 2,1 GHz.

Jaringan tersebut secara umum mempunyai fungsi yang sama dengan sistem generasi kedua. Terdapat empat kesatuan fungsi yang ditunjukkan, yaitu : *mobile station* (MS), *Base Transceiver Station* (BTS), dan *radio network controller* (RNC). Sebuah MS dapat dihubungkan pada satu atau beberapa BTS dan sejumlah BTS berkomunikasi dengan RNC melalui satu *interface*.



Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Komunikasi Bergerak 3G

2.1.1 *Mobile Station (MS)*

Mobile station terdiri dari :

1. *Mobile Equipment (ME)* atau biasa disebut perangkat genggam.



Gambar 2.2 *Mobile Equipment (ME)*

2. *Subscriber Identity Module (SIM)*



Gambar 2.3 *Subscriber Identity Module (SIM)*

SIM menyimpan data permanen dan data sementara tentang *system mobile*, data pelanggan dan jaringan, termasuk di dalamnya :

- a. *The international Mobile Subscriber Identity (IMSI)*
- b. Nomor MS ISDN pelanggan.
- c. *Authentication Key (Ki)* dan algoritma yang digunakan untuk otentifikasi.

IMSI berguna untuk mengidentifikasi pelanggan pada jaringan 3G, sementara MS ISDN merupakan nomor telepon pelanggan yang digunakan untuk menghubungi pelanggan tersebut.

2.1.2 *Base Station Subsystem (BSS)*

BSS terhubung dengan *Base Transceiver Station (BTS)* dan satu atau lebih *Radio Network Controller (RNC)*. Kegunaan dari BTS adalah memberikan akses radio ke *mobile station (MS)* dan mengatur akses radio pada sistem jaringan.

1. *Base Transceiver Station (BTS)*, fungsi BTS adalah :
 - a. Mengalokasikan kanal selama panggilan berlangsung.
 - b. Memonitor kualitas sinyal pada saat panggilan berlangsung.
 - c. Mengontrol daya yang dikirim oleh MS atau BTS lain.
 - d. Memproses *handover* terhadap sel lain apabila diperlukan.
2. *Radio Network Controller (RNC)* bertugas mengatur BTS – BTS yang berada di bawah kontrolnya dan berperan dalam menjaga hubungan komunikasi radio.
3. *Transcoding and Sub Multiplexer (TCSM)* berfungsi sebagai *converter* pengkodean di dalam *Base Station Subsystem (BSS)*.

2.1.3 *Network Switching Systems (NSS)*

NSS terdiri dari beberapa bagian yang mempunyai fungsinya masing-masing, yaitu :

1. *Serving GPRS Support Node (SGSN)*

SGSN berfungsi memelihara komunikasi data paket dengan *mobile telephone* melalui jaringan radio. SGSN akan mendaftarkan dan memelihara informasi tentang data paket *mobile telephone* yang sedang beroperasi dalam wilayah cakupannya.

2. *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*

GGSN berfungsi sebagai penyambung antar sistem. Tugasnya mengirimkan paket antara *Universal Mobile Telephone Service (UMTS)* dengan jaringan data eksternal seperti internet.

3. *Media Gateway (MGW)*

Berfungsi sebagai interface antara *Radio Network Controller (RNC)* dengan *Mobile Switching Centre (MSC)*.

4. *Mobile Switching Centre (MSC)* berfungsi sebagai :

- a. *Switching* panggilan, mengontrol dan mencatat panggilan.
- b. Antarmuka dengan PSTN dan ISDN.
- c. Manajemen mobilitas pada jaringan radio dan jaringan lainnya.
- d. Memproses *handover* antar RNC.
- e. Informasi biaya.

5. *Home Location Register (HLR)*

HLR berfungsi untuk menyimpan semua data dan informasi mengenai pelanggan yang tersimpan secara permanen, dalam arti tidak tergantung pada posisi pelanggan. HLR bertindak sebagai pusat informasi pelanggan yang setiap waktu akan diperlukan oleh *Visitor Location Register (VLR)* untuk merealisasi terjadinya komunikasi pembicaraan. VLR selalu berhubungan dengan HLR dan memberikan informasi posisi pelanggan berada.

6. *Visitor Location Register (VLR)*

VLR berfungsi untuk menyimpan data dan informasi pelanggan, dimulai pada saat pelanggan memasuki suatu area yang bernaung dalam wilayah MSC VLR tersebut (melakukan *Roaming*). Adanya informasi mengenai pelanggan dalam VLR memungkinkan MSC untuk melakukan hubungan baik *Incoming* (panggilan masuk) maupun *Outgoing* (panggilan keluar).

7. *Authentication Center (AuC)*

AuC menyimpan semua informasi yang diperlukan untuk memeriksa keabsahan pelanggan, sehingga usaha untuk mencoba mengadakan hubungan pembicaraan bagi pelanggan yang tidak sah dapat dihindarkan. Disamping itu AuC berfungsi untuk menghinderkan adanya pihak ke tiga yang secara tidak sah mencoba untuk menyadap pembicaraan.

8. *Equipment Identity Register* (EIR)

EIR merupakan basis data yang menyimpan nomor tunggal *International Mobile Equipment Identity* (IMEI) untuk setiap perangkat genggam. EIR mengontrol akses jaringan dengan memberikan status perangkat genggam terhadap respon IMEI. Level status yang mungkin terjadi :

- a. *White-list* : Peralatan yang diijinkan untuk mengadakan hubungan pembicaraan kemanapun.
- b. *Grey-list* : Peralatan yang dibatasi dan hanya diijinkan mengadakan hubungan pembicaraan ketujuan yang terbatas.
- c. *Black-list* : Perangkat genggam telah dilaporkan dalam keadaan hilang atau dicuri, merupakan keadaan yang tidak diijinkan oleh jaringan. Perangkat genggam tidak diijinkan melakukan koneksi ke jaringan.

2.2 Propagasi Gelombang Elektromagnetik

Klasifikasi radio frekuensi yang mempunyai gelombang dan berada dalam daerah yang sangat luas, yaitu mulai dari gelombang *Very Low Frequency* (VLF) sampai dengan spektrum cahaya. Gelombang elektromagnetik yang

ditransmisikan melalui udara bebas. dapat dibedakan dalam tiga jenis sesuai dengan penggunaan dan propagasinya, yaitu :

1. *Ground Wave* (Gelombang Tanah)

Menjalar sepanjang permukaan bumi, propagasi pada *ground wave* menggunakan polarisasi vertikal, karena komponen horizontal dan medan listrik yang kontak dengan tanah.

2. *Sky Wave* (Gelombang Langit)

Menjalar melalui adanya pemantulan dari *Troposphere* (10-20 Km diatas permukaan Bumi). Gelombang mengalami *refraksi* pada lapisan *atmosphere* dan *troposphere* ataupun *ionosphere*, maka akan terjadi pembiasan atau pembelokan arah.

3. *Space Wave* (Gelombang Angkasa)

Menjalar melalui adanya pantulan dari *troposphere*. (lebih kecil dari 10 Km dari permukaan bumi).

2.3 Rugi-Rugi Pada Propagasi Gelombang Radio

Yang menarik pada proses perambatan adalah proses penerimaan level sinyal pada daya pancar yang optimal, sinyal yang dipancarkan akan mengalami gangguan pada proses perambatannya karena jalur dan lingkungan sekitarnya. Hal ini akan mengurangi keandalan atau kualitas komunikasi.

Gangguan yang terjadi dapat berupa penyerapan (redaman), pembelokan, pemantulan, pembiasan, penghamburan dan peristiwa polarisasi. Berdasarkan hal inilah dibuat pengelompokan area akan bentuk halangan terhadap propagasi gelombang – gelombang yang diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Urban area* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya lebih dari 20 meter (biasanya areal perkotaan).
2. *Sub Urban* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya 10 – 20 meter (biasanya areal pinggiran kota).
3. *Open area* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya kurang dari 10 meter (biasanya areal pedesaan / *rural*).

Rugi – rugi lintasan pada perambatan gelombang adalah suatu fenomena yang terjadi ketika sinyal yang diterima semakin lama semakin lemah antara *near end* dan *far end*.

Memprediksi rugi-rugi atau *loss* dalam sistem komunikasi bergerak merupakan masalah yang serius, karena itulah sejumlah model dan teori telah dikembangkan untuk memprediksi rugi – rugi atau *loss* transmisi.

2.3.1 Sistem Radio Gelombang Mikro

Sistem – sistem radio gelombang mikro yang bekerja pada frekuensi diatas 1 GHz merambat terutama dalam ragam garis pandang (*line of sight*) atau ruang

bebas, baik bila berada diatas tanah maupun pada sistem satelit. Sejak tahun 1950-an, sistem radio gelombang mikro sudah menjadi tulang punggung dari sistem komunikasi jarak jauh. Sistem ini menyediakan lebar jalur transmisi dan keterhandalan yang diperlukan untuk memungkinkan transmisi dari beberapa ribu saluran telepon melalui jalur yang sama dan menggunakan fasilitas yang sama pula.

Frekuensi pembawa dalam daerah 7 sampai 23 GHz digunakan disini. Karena gelombang mikro hanya berjalan menurut jalur garis pandang (*line of sight*), perlu disediakan stasiun-stasiun pengulang (*repeater*) pada kira-kira setiap jarak 60 Km. Ini membuat biaya peralatan untuk suatu sistem sangat besar, tetapi kapasitas jalur yang disediakan jauh memadai mengimbangi hal tersebut daya keluaran pemancar adalah rendah, kurang dari 1 Watt.

2.3.2 Media Transmisi

Penyampaian informasi hanya terlaksana bila ada semacam media antara sumber informasi dengan penerima informasi. Media informasi seperti ini sering disebut dengan media penyalur atau media transmisi.

Dalam sistem telekomunikasi dikenal dua macam media transmisi yang dipakai yaitu:

1. Saluran Fisik, yaitu semacam media transmisi yang dapat dilihat dan diraba secara fisik, contohnya: *open wire*, kabel koaksial dan serat *optic*.

2. Saluran non fisik, yaitu media transmisi yang terdiri dari gelombang-gelombang elektromagnetik (gelombang radio), tanpa mempergunakan kawat (*wireless*), contohnya: teresterial dan satelit.

Tabel 2.1
Band Frequency Radio

Nama	frekuensi	Panjang gelombang	Nama	Keterangan
VLF	Kurang dari 30 kHz	Lebih dari 10 km	Gelombang myriametri	Komunikasi jarak jauh.
LF	30 – 300 kHz	1 – 10 km	Gelombang kilometer	Jarak capai jauh, ukuran antena cukup besar, attenuasinya rendah.
MF	300 – 3000 kHz	100 – 1000 m	Gelombang hektometer	Attenuasi rendah pada malam hari dan tinggi pada siang hari
HF	3 – 30 MHz	10 -100 m	Gelombang dekameter	Transmisi melalui <i>ionosphere</i> sehingga tergantung pada waktu, siang/malam dan musim.
VHF	30 – 300 MHz	1 – 10 m	Gelombang meter	Komunikasi <i>line of sight (LOS)</i> , tidak terlalu tergantung pada <i>ionosphere</i> .
UHF	300 – 3000 MHz	10 – 100 cm	Gelombang decimeter	Komunikasi <i>line of sight (LOS)</i> , tidak terpengaruh fading.
SHF	3 – 30 GHz	1 – 10 cm	Gelombang sentimeter	Komunikasi <i>line of sight</i> .
EHF	30 – 300 GHz	1 – 10 mm	Gelombang milimeter	Komunikasi <i>line of sight</i> .

2.4 Faktor Kelengkungan Bumi (K)

Faktor K merupakan perbandingan antara radius efektif bumi dengan radius bumi yang sebenarnya.

$$K = R'/R \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R' : jari – jari efektif bumi (8453,33 Km)

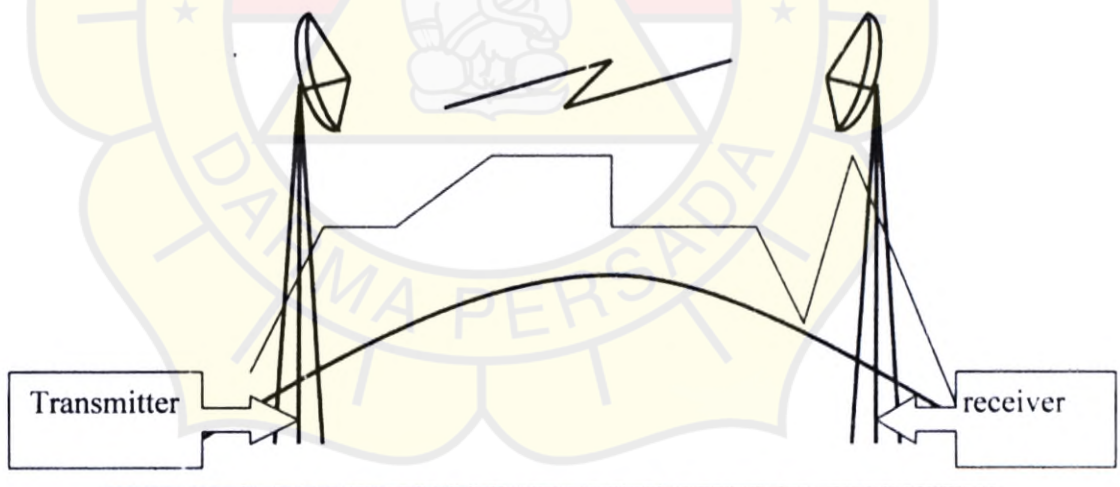
R : jari – jari bumi sebenarnya (6340 Km)

Bila dianggap lintasan propagasinya lurus, ini berarti permukaan bumi menjadi lebih datar bila dibandingkan dengan permukaan sebenarnya. Biasanya lebih mudah menganggap lintasan propagasinya lurus dengan cara merubah lengkungan bumi daripada menggambar lintasan propagasi sebagai garis yang lengkung. Untuk maksud ini, diadakan analisa propagasi gelombang dengan mengalikan jari-jari bumi K kali. Harga K dinamakan koefisien persamaan jari-jari bumi harga faktor K berubah-ubah tergantung pada keadaan cuaca dan merupakan fungsi dari gradien indeks bias. Umumnya harga K mengecil apabila didaerah tersebut pada ketinggian yang rendah, dan membesar untuk ketinggian yang lebih tinggi. Harga K tergantung pada keadaan *meteorology*. Untuk atmosfer standar $K = 4/3$. Pada umumnya $K \geq 4/3$ pada temperatur panas dan $K \leq 4/3$ pada daerah dengan temperatur dingin. Berdasarkan daerah iklim harga faktor K dapat dibedakan sebagai berikut ;

- Faktor K antara $6/5$ dan $4/3$ untuk daerah iklim dingin
- Faktor K sekitar $4/3$ untuk daerah iklim sedang
- Faktor K antara $4/3$ dan $3/2$ untuk daerah iklim tropis

2.5 System Line Of Sight

Pada propagasi ini gelombang menjalar dalam garis lurus, transmitter dan receiver berada dalam jarak pandang dan menggunakan daya pemancar yang *relative* kecil dengan jarak link sekitar 1 - 100 Km. Propagasi *line of sight* menggunakan *Ultra High Frequency* (UHF) 1 Ghz atau lebih. Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik memiliki sifat pantulan gelombang cahaya, karena itu antara pemancar (*transmitter*) dengan antenna penerima (*receiver*) tidak boleh terdapat halangan yang dapat menutupi lintasan pantulan gelombang (tampak langsung).



Gambar 2.4 System Line Of Sight

2.6 Penentuan koordinat Lokasi

Secara teknis, koordinat dari lokasi tidak terlalu terpengaruh langsung terhadap operasi radio, tetapi koordinat lokasi tersebut sangat dibutuhkan untuk melakukan perhitungan dari panjang lintasan. Penentuan panjang lintasan dapat dilakukan dengan dua cara:

1. *Global Positioning System* (GPS)

Dengan bantuan alat *Global Positioning System* (GPS), kita tinggal menghidupkan alat tersebut, kemudian kita meletakkannya ditempat yang terbuka (lokasi pemasangan), maka beberapa saat kemudian GPS tersebut akan secara otomatis menampilkan koordinat dimana GPS tersebut tadi diletakan. Alat GPS ini juga dapat digunakan untuk menentukan panjangnya lintasan.

2. Peta

Apabila tidak ada alat GPS dilokasi, maka sebagai alternatif lain kita dapat menggunakan bantuan peta untuk mendapatkan koordinat lokasi dan menemukan panjang lintasan. Karena pada peta biasanya selalu dilengkapi dengan garis-garis koordinatnya.

2.7 Kalkulasi *Link*

Kalkulasi *link* adalah analisis perhitungan panjangnya suatu lintasan (*link*). Yang dimaksud disini adalah untuk menetapkan parameter-parameter operasi yang digunakan seperti misalnya *power output* pemancar, diameter antena, *noise figure* penerima dan lain-lain.

Kita dapat menghubungkan kinerja (*performance*) yang diinginkan dengan tingkatan sinyal penerima (*receiver signal level*) pada tingkatan pertama yang aktif dari penerima dan karakteristik noise penerima. Sebuah referensi RSL dibutuhkan.

Selanjutnya, kita menghitung *free space loss* diantara antena pemancar dan antena penerima. Fungsi ini menentukan frekuensi dan jarak (contoh : operasional frekuensi pemancar gelombang mikro). Kemudian kita menghitung *Effective Isotropically Radiated Power* (EIRP) pada antena pemancar. EIRP adalah penjumlahan dari *power output* pemancar dikurangi *loss line transmisi* ditambah *gain* antena, semua dalam satuan desibel.

Ketika kita menambahkan EIRP ke *free space loss* (dalam dB), hasilnya adalah *Isotropic Receive Level* (IRL). Jika kita menambahkan *gain* antena penerima terhadap IRL dan dikurangi *loss line transmisi* maka mendapatkan *receiver signal level* (RSL).

2.7.1 Fresnel Zone

Daerah *fresnel* atau lebih sering disebut *Fresnel Zone* adalah daerah berbentuk circular memanjang antara Tx dan Rx yang dianggap aman untuk komunikasi *Line Of Sight*, besarnya sangat ditentukan oleh jarak dan frekuensi pancar yang digunakan. Daerah *Fresnel 1* adalah tempat kedudukan dimana titik-titik yang mempunyai selisih jarak tetap, dari dua buah lokasi yang tepat pula, yaitu kelipatan dari setengah panjang gelombang radio yang dioperasikan.

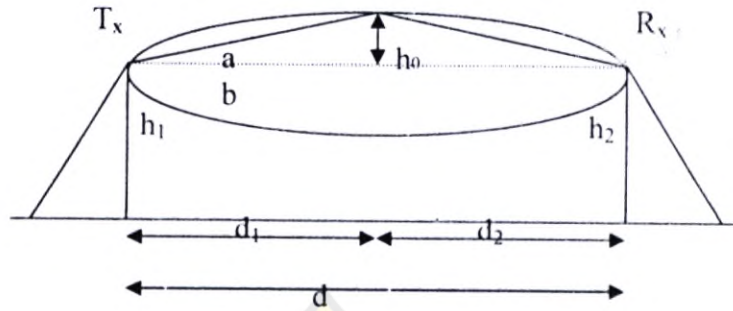
Fresnel Zone 1 ini memegang peranan yang sangat penting dalam pentransmisikan energi gelombang mikro, dimana bentuk *Fresnel Zone 1* ini berupa ellipsoid.

Jari-jari Daerah *Fresnel 1*, di notasikan dengan (F), pada titik sembarangan antara dua titik pemancar dan titik penerima. Dimana:

$$F = 17.3 \sqrt{\{(d_1 \times d_2) / (f_{(GHz)} \times D_{(Km)})\}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- f = Frekuensi kerja (GHz)
- d₁ = Jarak dari penghalang ke pemancar terdekat (Km)
- d₂ = Jarak dari penghalang ke penerima terdekat (Km)
- D = Jarak total dari pemancar ke penerima (Km)

Gambar 2.5 Jari-jari *Fresnel*

2.7.2 Gain Antena

Gain antena adalah parameter pokok dalam teknik radio link. *Gain* biasanya ditunjukkan dalam bentuk *decibel* (dB) dan merupakan penggambaran dari konsentrasi dari power radiasi dalam memberikan arah. *Gain* antena terletak pada setiap sisi antena. Pada antena *isotropic* ditunjukkan dalam bentuk dB. Sebuah antena *isotropic*, secara teoritis merupakan antena dengan penguat 1 (dB). Dengan kata lain, adalah sebuah antena yang beradiasi kesegala arah.

Untuk antena *parabolic* tipe *reflector*, gain merupakan fungsi dari diameter parabola (d) dan frekuensi (f). Secara teoritis, *gain* antena (G) ditunjukkan oleh persamaan :

$$G_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(m)} + 17,8 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : G = *Gain* antena (dB)

f = frekuensi (GHz)

d = diameter antena (m)

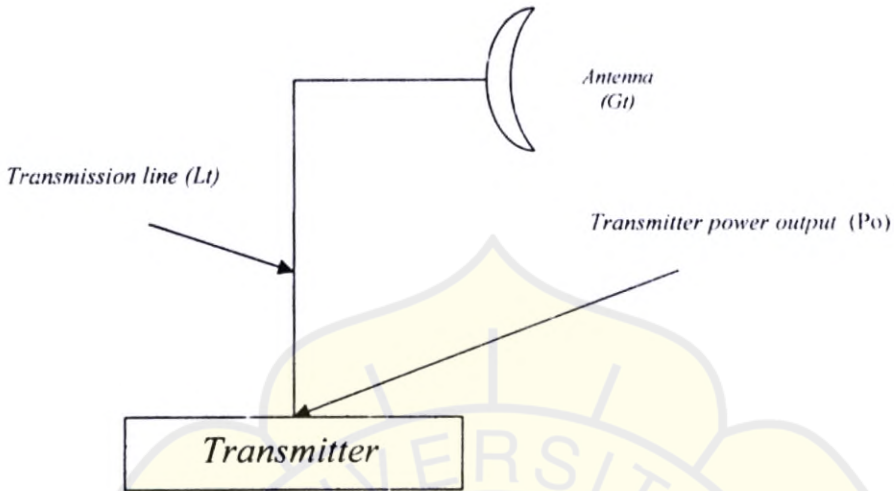
17,8 = konstanta

2.7.3 *Loss Feeder*

Feeder adalah suatu komponen pentransmisi yang berfungsi untuk menghubungkan antara antena pemancar dengan antena dan antena dengan penerima. Rugi *loss feeder* biasanya dinyatakan dalam dB/m. Akibat adanya penambahan *feeder* maka perambatan sinyal akan mengalami kerugian daya. Ada beberapa bentuk *feeder* yang sering digunakan diantaranya adalah *coaxial* dan *waveguide*. Untuk *waveguide* ada bermacam-macam tipe dan memiliki karakteristik yang berbeda

2.7.4 *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Effective Isotropic Radiated Power adalah menghitung penjumlahan dalam satuan *decibel* : *output power* pemancar (dalam dBm atau dBW), redaman saluran transmisi dalam dB (bernilai negative karena merupakan redaman) dan *gain* antena dalam dB.



Gambar 2.6 Element EIRP

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut :

$$EIRP_{(dBW)} = P_0 + G_t - L_t \dots\dots\dots (2.4)$$

- Dimana :
- P₀ = output power RF transmitter (dBW)
 - G_t = Gain antena pemancar (dB)
 - L_t = redaman saluran transmisi (dB)

2.7.5 Free Space Loss (Rugi Tampak Pandang)

Free space path loss didefinisikan sebagai *loss* yang terjadi oleh sebuah gelombang elektromagnetik yang dipropagasikan dalam suatu garis lurus melalui sebuah *vacuum* dengan tidak ada penyerapan atau refleksi energi dari objek terdekat. Ekspresi untuk *free space loss* diberikan sebagai berikut :

$$\text{FSL} = \left[\frac{4\pi D}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{4\pi f D}{c} \right]^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam decibel, dapat dinyatakan sebagai berikut :

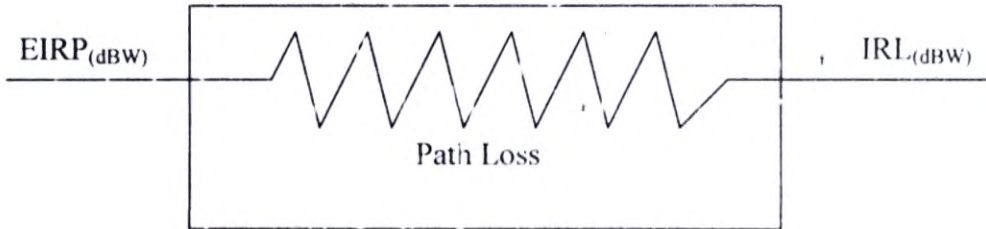
$$\text{FSL}_{(\text{dB})} = 20 \log \frac{4\pi D}{c} = 20 \log 4\pi + 20 \log f + 20 \log D$$

$$\text{FSL}_{(\text{dB})} = 20 \log f_{(\text{GHz})} + 20 \log D_{(\text{Km})} + 92,4 \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana :
- FSL = free space loss (dB)
 - D = jarak (Km)
 - F = frekuensi (GHz)
 - λ = panjang gelombang (m)
 - c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

2.7.6 Isotropic Receive Level (IRL)

Isotropic receive level adalah batasan RF *power level* pada antenna penerima. Dapat juga dikatakan sebagai power yang diukur pada sebuah *isotropic* antenna penerima. Perhitungan secara grafik ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.7 Perhitungan IRL.

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$IRL_{(dBW)} = EIRP_{(dBW)} - FSL_{(dB)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : FSL = Rugi ruang bebas (dB)

$$EIRP = P_o + G_t - L_t$$

2.7.7 Receive Signal Level (RSL)

Receive signal level (RSL) adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada sistem penerimaan. Besarnya *level* penerimaan adalah besarnya daya yang dipancarkan distasiun pemancar dikurangi dengan saluran disisi pemancar ditambah dengan perolehan pada antenna disisi pemancar kemudian dikurangi dengan rugi-rugi propagasi lalu ditambah perolehan pada sisi penerima, yang dapat dirumuskan:

$$RSL_{(dBW)} = IRL_{(dBW)} + G_r (dB) - L_r (dB) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana : G_r = Gain antena penerima (dB)

L_r = Redamaan antena untuk menerima sinyal
(dBW)

2.7.8 Receiver Thermal Noise Level

Thermal noise level sebuah penerima adalah fungsi *noise figure* penerima dan *bandwidth*-nya. Untuk sistem radio analog, *thermal noise level* penerima dihitung dengan menggunakan *bandwidth intermediate Frequency* (IF). Untuk sistem digital, noise level hanya 1 Hz *bandwidth* dengan menggunakan notasi N_0 , noise level dalam *bandwidth*: 1 Hz.

Noise adalah sebuah *device self generates* yang diberikan oleh *noise figure* (dB) atau nilai temperatur noise. Setiap perangkat, meskipun merupakan perangkat pasif, diatas nilai nol menghasilkan *thermal noise*. Kita mengetahui bahwa *power noise level* dalam *bandwidth* 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol. Maka : $P_n = - 228,6 \text{ dBW/H}$

Dimana P_n adalah noise power level. Nilai ini banyak dikenal orang sebagai konstanta *Boltzmann's* dalam dBW.

Kita dapat menghitung *thermal noise level* dari perangkat penerima pada temperatur ruang dengan menggunakan rumusan :

$$P_n = -228,6 \text{ dBW/Hz} + 10 \log 290^\circ \text{ K}$$

$$P_n = -204 \text{ dBW/Hz}$$

Nilai 290° Kelvin adalah nilai temperatur ruangan atau besarnya sekitar 17° C atau 68° F .

Noise figure memberitahukan kepada kita berapa besar noise yang harus ditambahkan ke sebuah sinyal selagi melalui sebuah perangkat. *Noise Figure* (dB) adalah perbedaan dalam perbandingan sinyal terhadap *noise* antara *input* ke perangkat dan *output* ke perangkat yang sama.

Kita dapat mengkonversikan *noise figure* terhadap *noise temperatur* dalam kelvin dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$NF_{\text{dB}} = 10 \log (1 + T_e/290) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana : T_e adalah efektif *noise* temperatur sebuah perangkat.

Thermal noise power level dari sebuah perangkat yang beroperasi pada temperatur ruang adalah :

$$P_n = -204 \text{ dBW/Hz} + N_{\text{f dB}} + 10 \log (\text{IF Bandwidth Hz}) \dots \dots \dots (2.10)$$

2.7.9 E_b/N_o

Dalam sistem digital kita menggunakan E_b/N_o yang berarti perbandingan *energi per bit noise spectral density*. Kita dapat menghubungkan E_b/N_o terhadap *bit error rate* (BER) yang diberikan pada tipe modulasi.

E_b adalah energi per bit. Andaikan RSL 1 Watt dan menerima 1.000 bit per detik maka besarnya energi yang dihasilkan dalam 1 bit adalah 1 mW. Kita bagi 1 Watt dengan 1.000 bit per detik. Dalam radio yang bekerja lebih melakukanya pada divisi logaritma karena kita bekerja dalam desibel. E_b dapat dihitng dengan menggunakan ruusan :

$$E_b = RSL \text{ dBW} - 10 \log (\text{Bit rate bps}) \dots \dots \dots (2.11)$$

sedang N_o dapat dihitng dengan menggunakan rumusan :

$$N_o = -204 \text{ dBW} + NF \text{ dB} \dots \dots \dots (2.12)$$

sekarang kita dapat memberikan rumusan untuk E_b/N_o :

$$E_b/N_o = RSL \text{ dBW} - 10 \log (\text{Bit rate bps}) - (-204 \text{ dBW} + NF \text{ dB}) \dots \dots \dots (2.13)$$

dapat disederhanakan lagi menjadi :

$$E_b/N_o = RSL \text{ dBW} - 10 \log (\text{Bit rate bps}) + 204 \text{ dBW} - NF \text{ dB} \dots \dots \dots (2.14)$$

2.7.10 Bit Error Rate (BER)

Bit error rate adalah nilai rata-rata kesalahan Bit pada transmisi, pada aplikasinya BER digunakan untuk melihat performansi dari suatu sistem transmisi digital, ada beberapa ketentuan standar untuk penggunaan BER, pada transmisi *signal* suara digunakan nilai BER maksimal sebesar 10^{-3} , sedangkan untuk transmisi data digunakan BER sebesar 10^{-6} , untuk rumusan umumnya bisa dilihat sebagai berikut:

$$\text{BER} = \frac{e^{-E_b/N_0}}{\sqrt{4\pi \times E_b/N_0}} \dots \dots \dots (2.15)$$

2.7.11 Carrier To Noise (C/N)

Carrier-To-Noise (C/N) merupakan parameter terpenting yang harus dipertimbangkan untuk mengetahui kinerja dari sebuah sistem komunikasi gelombang mikro (*microwave*). C/N adalah perbandingan lebar pita "carrier" dengan *wideband noise power* (penerima dari *noise wideband*). C/N dapat ditentukan pada RF atau titik IF diterima. C/N dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$C/N_{dB} = RSL_{dBW} - Pn_{dBW} \dots \dots \dots (2.16)$$

2.7.12 *Fade Margin (FM)*

Pada perambatan gelombang radio akan terjadi pemantulan oleh permukaan bumi, sehingga pada penerima akan menerima dua gelombang yang berbeda yaitu gelombang langsung dan gelombang pantul yang jarak tempuh dan waktu perambatan yang berbeda sehingga menimbulkan level daya yang diterima berbeda pada ujung penerima. Perbedaan level daya terima untuk daya pancar yang tetap inilah disebut *fading*.

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBW)} - PTH_{(dBm)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana: P_{TH} = level daya threshold penerima (dBm)

Untuk menentukan *Fade Margin*, tanpa melakukan tes secara langsung terhadap jalur, sulit dalam perencanaan sistem radio. Oleh karena itu diadakan suatu pendekatan dalam menentukan *Fade Margin* yang disebut *Fading Reyleigh*.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya fenomena *fading* adalah pembiasan, pantulan, difraksi, hamburan dan redaman gelombang radio. Jenis umum yang terjadi pada frekuensi dibawah 10 GHz adalah *Multipath Fading*.

2.8 Teknik Modulasi

Proses modulasi dan demodulasi memungkinkan stasiun-stasiun pemancar dapat memancarkan dan menerima informasi yang ingin kita ketahui atau yang ingin kita kirimkan. Baik dalam bentuk komunikasi suara, data, fax,

ataupun berupa *video conference*. Modulasi adalah suatu proses menumpangkan sinyal informasi pada gelombang pembawa atau frekuensi *carrier*, dimana frekuensi *carrier* tersebut lebih tinggi dari sinyal informasi dengan tujuan agar :

- Bisa dipancarkan ke berbagai penjuru
- Dapat mencapai jarak yang jauh
- Hasilnya dapat diproses, diperkuat ataupun ditranslasikan ke dalam bentuk frekuensi yang lain
- Memiliki sifat elektromagnetik.

Pada stasiun penerima akan dilakukan proses kebalikan dari proses modulasi, yaitu proses demodulasi. Pada proses ini dilakukan pengambilan kembali sinyal informasi yang terdapat pada gelombang pembawa melalui proses penguatan, seleksi *tuning*, *filtering*, *down converter* dan lain sebagainya.

Proses modulasi dan demodulasi pada dasarnya dibagi menjadi dua golongan yaitu:

- Modulasi untuk sinyal analog
- Modulasi untuk sinyal digital

Sinyal digital hanya terdiri dari dua (2) jenis bit saja, yaitu bit 1 disebut high atau on dan bit 0 disebut *low* atau *off*. Modulasi digital sebenarnya adalah proses mengubah - ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (*carrier*) dari sinyal analog menjadi digital yang hanya memiliki dua bit. Untuk frekuensi tinggi diberikan nilai bit 1 sedangkan untuk frekuensi rendah diberikan nilai bit 0.

Pada saat ini umumnya modem menggunakan modulasi digital, baik untuk informasi analog maupun digital. Pada informasi analog sebelum dimodulasi

dengan sistem digital, terlebih dahulu diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan *Analog To Digital converter*. Dan pada saat proses demodulator menggunakan rangkaian *Digital To Analog converter*.

Dengan menggunakan modulasi digital maka:

- Sinyal transmisi akan lebih tahan dalam perjalanan terhadap gangguan.
- Sinyal yang diterima akan dalam keadaan baik, paling tidak cacat atau distorsi dapat dikurangi.

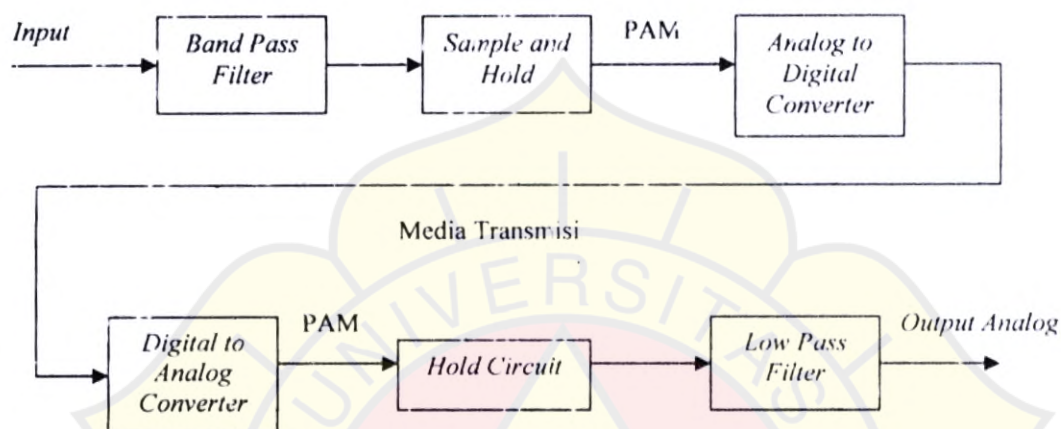
Bandwith yang dibutuhkan relatif lebih kecil karena hanya ada dua kondisi untuk *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dan empat kondisi untuk *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK).

2.8.1 *Pulse Code Modulation* (PCM)

PCM adalah modulasi yang menghasilkan sederet pulsa dengan *amplitude* berubah-ubah sesuai dengan amplitudo informasinya. Dari beberapa macam modulasi pulsa yang ada, pada sistem radio *microwave digital* digunakan modulasi kode amplitudo.

Untuk menyampaikan sinyal informasi menuju tempat yang diinginkan maka sinyal informasi yang berupa sinyal analog diubah bentuknya secara sampling yang akan menghasilkan sinyal *Pulse Amplitude Modulation* (PAM). Sinyal ini kemudian diubah ke dalam biner, sehingga sinyal yang dilewatkan adalah besaran amplitudo yang dikodekan dalam suatu angka tertentu yang mewakili *level* amplitudo dalam kode biner (*logic 1* dan *0*). Kode-kode *Pulse Code Modulation* (PCM) tersebut kemudian ditransmisikan ke penerima. Pada

bagian penerima kode diubah lagi ke *level sampling* PAM dan kemudian pulsa PAM diubah lagi ke bentuk analog. Berikut adalah blok diagram dari sistem PCM :



Gambar 2.8 Blok Diagram Sistem PCM

Band Pass Filter membatasi input sinyal analog kebatasan band frekuensi suara antara 300 sampai dengan 3400 Hz. Lalu di sample and hold secara *periodic* mengambil sample dan mengkonversikan *sample* tersebut ke sinyal PAM. Lalu dikonversikan kembali di *hold circuit* dan *low pass filter* dari sinyal PAM ke bentuk analog. Dalam proses modulasinya PCM melalui proses *sampling*, *quantizing*, dan *coding/decoding*.

1. *Sampling*

Sampling merupakan langkah pertama dalam proses perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam proses *sampling* sinyal analog diubah menjadi sample-sample terpisah dengan interval waktu yang sama. Pada saat sinyal analog di *sampling* sejumlah pulsa akan dihasilkan, pulsa

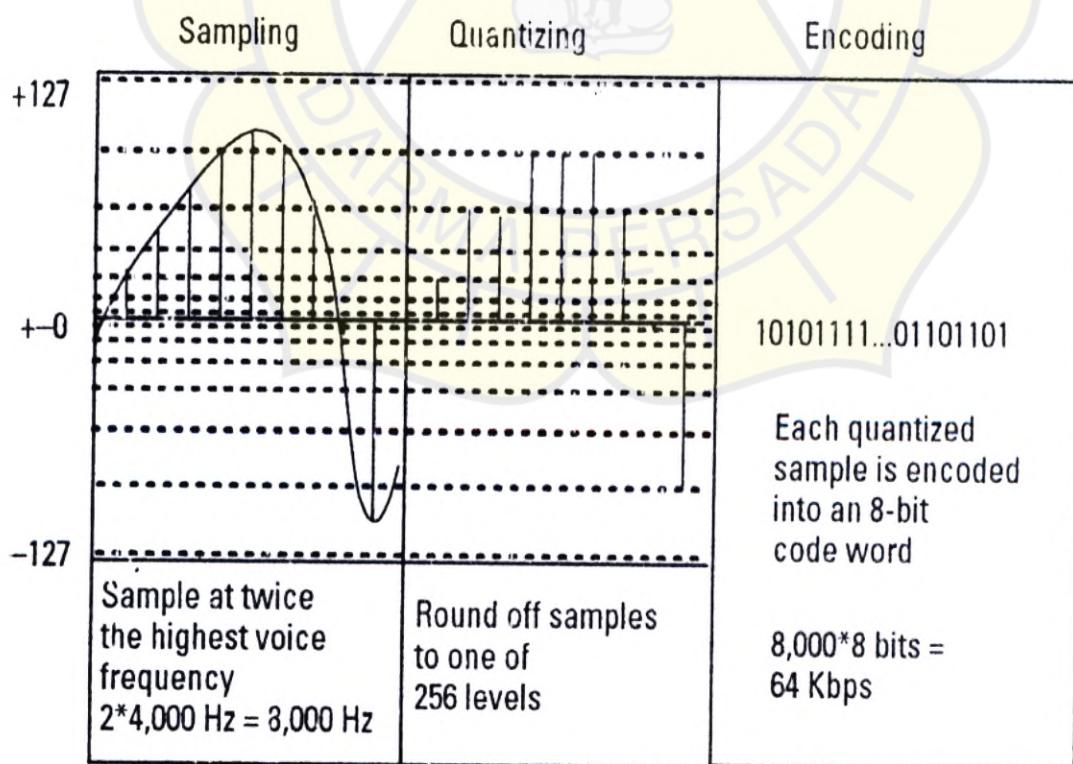
tersebut merupakan pulsa termodulasi amplitudo (PAM). Amplitudo pulsa yang berubah-ubah merupakan amplitudo dari setiap sinyal yang di sampling.

2. Quantizing

Pada proses ini setiap sampling amplitudo gelombang diberikan harga *numeric/level* kuantum sesuai dengan besar amplitudo.

3. Coding

Harga *numeric* dari amplitudo kemudian ditranslasikan menjadi 8 bit biner, di mana bit pertama digunakan sebagai bit tanda positif atau negatif dan 7 bit lainnya digunakan untuk *coding amplitude* sinyal. Setiap 8 bit biner disebut *sample*. Kecepatan sampling adalah 8000 sample per detik sama dengan 64000 bps.



Gambar 2.9 Proses Perubahan Sinyal Analog

2.8.2 *Frequency Shift Keying (FSK)*

Pada sistem modulasi FSK sinyal digital Hi/Lo (I/O) memisah – rubah frekuensi *carrier* menjadi dua frekuensi yang tergeser atau tersimpang dari semula. Frekuensi yang lebih tinggi dibanding aslinya disebut *mark* atau Hi. Frekuensi yang lebih rendah bila dibanding aslinya disebut *space* atau Low.

Bisa dan boleh saja pengkodean mark dan space terbalik / *inverted* sewaktu Tx atau memang disengaja maka sipenerima harus dilakukan Inversi. Kelihatannya bentuk modulasi *carrier* arat mirip dengan hasil modulasi *Frequency Modulation (FM)*. Memang secara konsep modulasi FSK adalah modulasi FM, cuma saja disini tidak ada bermacam – macam variasi/deviasi ataupun frekuensi yang ada hanya 2 kemungkinan saja ialah *more & less (Hi/Lo)*.

Untuk deteksi proses demodulasi akan lebih mudah kemungkinan kesalahan sangat minim. Umumnya *type* komunikasi data dengan *bit rate* (kecepatan transmisi) yang relatif rendah seperti untuk telex dan modem – modem data dengan *bit rate* yang tidak lebih dari 2400 bps (2.4 kbps).

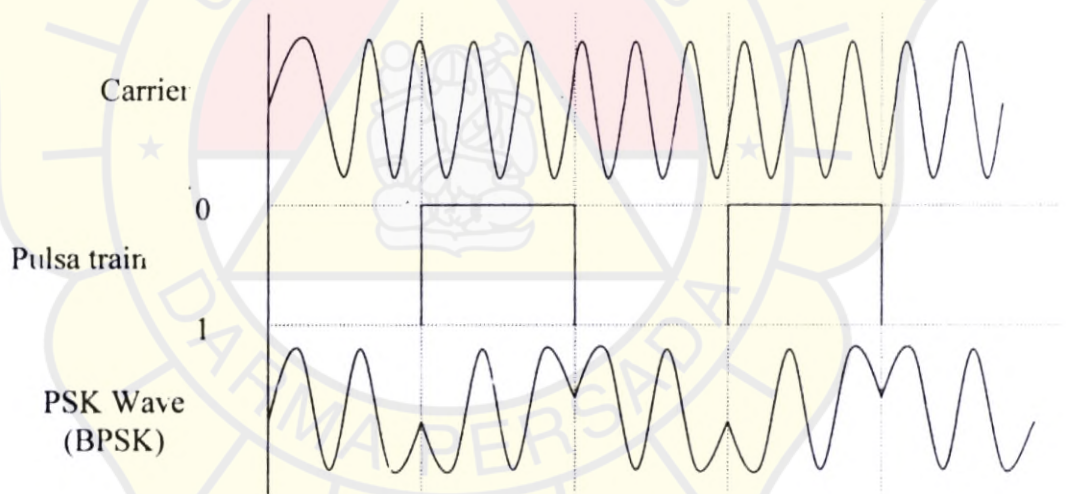
2.8.3 *Phase Shift Keying (PSK)*

Modulasi PSK, digunakan untuk transmisi data atau sinyal digital dengan kecepatan yang lebih tinggi. Pada modulasi PSK sinyal digital akan mengubah – ubah fase dari sinyal pembawa (*carrier*). Sedang untuk proses pengambilan kembali sinyal informasi dari sinyal pembawanya digunakan fase detektor. Setelah terlebih dahulu diseleksi, *dituning* dan *filtering* secara keseluruhannya.

Modulasi *phase shift keying* (PSK) terbagi menjadi dua modulasi lagi yang sering digunakan dalam komunikasi, yaitu:

1. *Binary Phase Shift Keying* (BPSK)

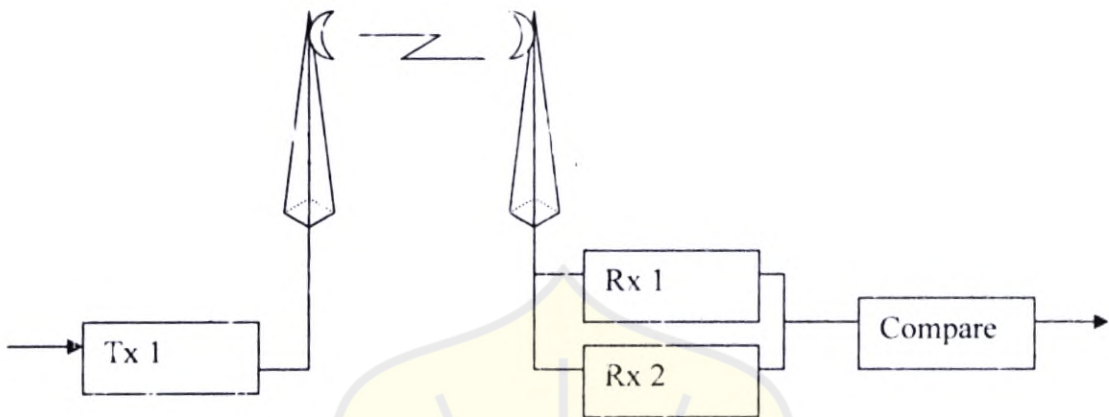
Untuk sistem BPSK hanya ada dua daerah phase yang dimanfaatkan yaitu sekitar 0° kearah 90° dan sekitar 180° kearah 270° . Jadi sinyal diproduksi dengan mencampur RF carrier dan data *stream* yang *diclocking* dalam sebuah *double balanced mixer*.



Gambar 2.10 Sistem Modulasi BPSK

2. *Quaarature Phase Shift Keying* (QPSK)

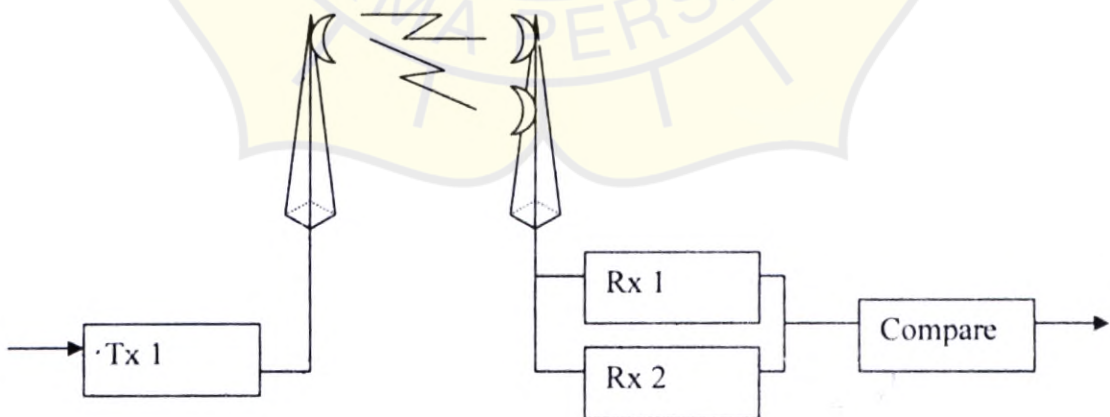
Dalam modulasi QPSK phase gelombang pembawa diubah-ubah oleh *input* sinyal digital agar memiliki 4 kondisi: yaitu kondisi 0, 90, 180, 270. Dapat dimengerti bahwa maksimum jumlah bit yang mungkin



Gambar 2.11 Teknik *Frequency Diversity*

2. Teknik *Space Diversity*

Pada teknik space diversity sinyal informasi ditransmisikan dengan menggunakan band frekuensi yang sama tetapi pada penerima digunakan dua buah antenna pada ketinggian yang berbeda.



Gambar 2.12 Teknik *Space Diversity*

2.10 Metode Akses

2.10.1 *Frequency Division Multiple Access (FDMA)*

Teknologi FDMA membagi alokasi lebar pita spectrum frekuensi yang tersedia menjadi bagian kecil spektrum frekuensi yang di alokasikan pada setiap pengguna sebagai sebuah kanal komunikasi. Dalam FDMA setiap pengguna diberikan alokasi pita frekuensi tertentu selama melakukan proses percakapan sehingga dalam waktu yang sama hanya satu pengguna yang dapat memanfaatkan kanal frekuensi tersebut.

2.10.2 *Time Division Multiple Access (TDMA)*

Dalam sistem TDMA setiap pengguna diberikan alokasi *time slot* tertentu sebagai sebuah kanal komunikasi pada potongan spektrum frekuensi yang telah di alokasikan sehingga aliran informasi tidak kontinyuy atau terpotong – potong pada setiap slot waktu. Karena selang antara slot waktu yang sangat pendek sehingga yang terdengar oleh pengguna seperti aliran informasi kontinyu biasa. Teknologi TDMA tidak mengizinkan pengguna melakukan akses pada slot waktu yang telah diberikan pada pengguna lain sampai proses percakapannya selesai.

2.10.3 *Code Division Multiple Access (CDMA)*

CDMA memiliki konsep multiple akses yang berbeda dibandingkan TDMA dan FDMA karena pemanfaatan kode – kode digital yang unik untuk membedakan satu pengguna dengan pengguna lainnya.

2.8.2 *Frequency Shift Keying (FSK)*

Pada sistem modulasi FSK sinyal digital Hi/Lo (I/O) merubah – rubah frekuensi *carrier* menjadi dua frekuensi yang tergeser atau tersimpang dari semula. Frekuensi yang lebih tinggi dibanding aslinya disebut *mark* atau Hi. Frekuensi yang lebih rendah bila dibanding aslinya disebut *space* atau Low.

Bisa dan boleh saja pengkodean mark dan space terbalik / *inverted* sewaktu Tx atau memang disengaja maka sipenerima harus dilakukan Inversi. Kelihatannya bentuk modulasi *carrier* amat mirip dengan hasil modulasi *Frequency Modulation (FM)*. Memang secara konsep modulasi FSK adalah modulasi FM, cuma saja disini tidak ada bermacam – macam variasi/deviasi ataupun frekuensi yang ada hanya 2 kemungkinan saja ialah *more & less (Hi/Lo)*.

Untuk deteksi proses demodulasi akan lebih mudah kemungkinan kesalahan sangat minim. Umumnya *type* komunikasi data dengan *bit rate* (kecepatan transmisi) yang relatif rendah seperti untuk telex dan modem – modem data dengan *bit rate* yang tidak lebih dari 2400 bps (2,4 kbps).

2.8.3 *Phase Shift Keying (PSK)*

Modulasi PSK, digunakan untuk transmisi data atau sinyal digital dengan kecepatan yang lebih tinggi. Pada modulasi PSK sinyal digital akan mengubah – ubah fase dari sinyal pembawa (*carrier*). Sedang untuk proses pengambilan kembali sinyal informasi dari sinyal pembawanya digunakan fase detektor. Setelah terlebih dahulu diseleksi, *detuning* dan *filtering* secara keseluruhannya.