

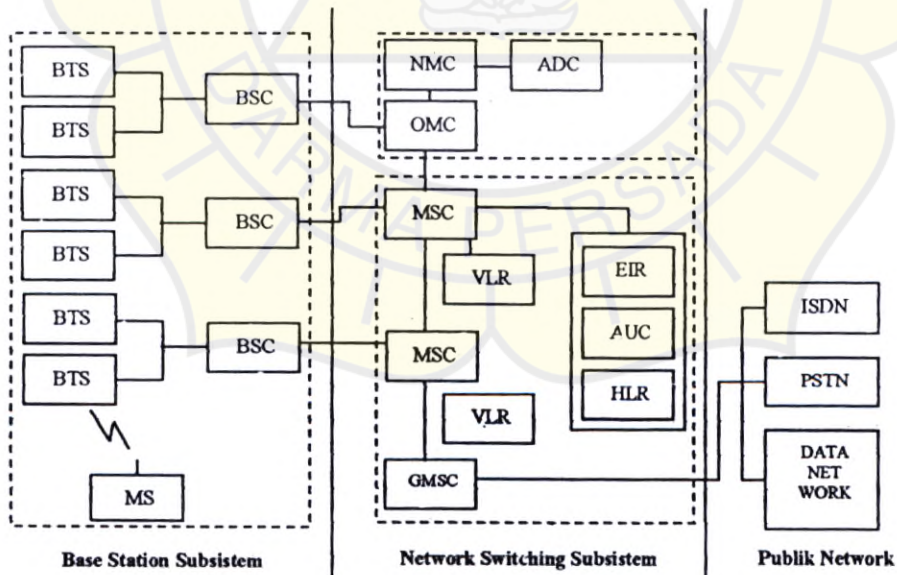
BAB II

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 STRUKTUR JARINGAN GSM

Struktur jaringan GSM terdiri dari *Base Station Sub-system* (BSS), *Network and switching Sub-system* (NSS) dan *Operation Support sub-system* (OSS), sedangkan *Mobile Station* (MS) juga merupakan bagian dari system tapi dalam struktur jaringan GSM, MS menjadi bagian dari BSS.



Gambar 2.1 Struktur jaringan GSM

2.1.1 *Base Station Sub-System (BSS)*

BSS merupakan *interface* yang menghubungkan pelanggan bergerak dengan jaringan GSM. Pada bagian BSS terdiri dari:

1. *Mobile Station (MS)*

MS adalah peralatan yang digunakan oleh pelanggan.

2. *Base Station System (BSS)*

BSS terdiri dari 2 bagian yaitu :

- a. *Base Transceiver Station (BTS)*

Merupakan peralatan radio yang digunakan untuk melayani satu sel. Peralatan ini terdiri dari antena, *power amplifier* dan *digital signal processor*.

- b. *Base Station Control (BSC)*

BSC bertugas mengatur BTS-BTS yang mencangkupnya dan berperan dalam menjaga hubungan komunikasi radio.

2.1.2 *Networks and Switching Sub-system (NSS)*

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

1. *Gateway Mobile Switching Center (GSMC)*

GSMC berfungsi sebagai jalan tol yang menghubungkan sistem GSM dengan jaringan lain (PSTN, ISDN dan lain-lain) dan juga untuk menentukan MSC yang sesuai dengan tujuan.

2. *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC bertanggung jawab terhadap *set-up*, *routing* dan pengawasan panggilan untuk dan dari MS.

3. *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan data base yang berisi informasi pelanggan seperti informasi tentang lokasi pelanggan dan *service* (pelayanan) yang diminta.

4. *Visitor Location Register (VLR)*

VLR menyimpan informasi tentang pelanggan yang memasuki area pelayanannya dan hanya bersifat sementara.

5. *Authentication Center (AuC)*

AuC menyimpan data-data penting untuk mengidentifikasi pelanggan untuk keamanan.

6. *Equipment Identity Register (EIR)*

EIR merupakan data base yang berisikan *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*. IMEI berfungsi untuk memberikan tanda khusus bagi semua terminal pelanggan, apakah berhak atau tidak melakukan sesuatu panggilan.

2.1.3 *Operation Sub-system (OSS)*

OSS terdiri dari *Operatoin Maintenance Center (OMC)*, *Network Management Center (NMC)* dan *Administration Center (ADC)* yang melakukan fungsi-fungsi yang berkaitan dengan management, pengaturan, pemeliharaan serta

pemantauan jaringan (*MS*, *BTS*, *BSC* dan *MSC*). Pada sistem GSM semua keputusan dalam pelaksanaan fungsi-fungsi tersebut ditentukan oleh masing-masing operator.

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. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan (*Gradient*) dari harga N (*rate of charge* dari N terhadap ketinggian).

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 signal* pada daya pancar yang optimal, sinyal yang dipancarkan akan mengalami gangguan pada proses perambatannya karena jalur dan lingkungan sekitarnya. Hal ini akan mengurangi kehandalan 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 area perkotaan).
2. *Sub Urban* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya 10 – 20 meter (biasanya area pinggiran kota).
3. *Open area* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya kurang dari 10 meter (biasanya area 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 kehandalan yang diperlukan untuk memungkinkan transmisi dari beberapa ribu saluran telepon atau beberapa ratus saluran televisi 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 penerimaan 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 optik.
2. Saluran non fisik, yaitu media transmisi yang terdiri dari gelombang-gelombang elektromagnetik (gelombang radio), tanpa mempergunakan kawat (*wireless*), contohnya: teresterial dan satelit.

Jenis-jenis Frekuensi dan Propagasi, yaitu :

1. *Low Frekuensi (LF)* : 30-300 Khz

Jarak capai jauh, ukuran antena cukup besar, attenuasinya rendah.

2. *Medium Frekuensi (MF)* : 300-3 Mhz

Attenuasi rendah pada malam hari dan tinggi pada siang hari

3. *High Frekuensi (HF)* : 3-30 Mhz

Transmisi melalui *ionosphere* sehingga tergantung pada waktu, siang/malam dan musim.

4. *Very High Frekuensi (UHF)* : 30-300 Mhz

Komunikasi *line of sight (LOS)*, tidak terlalu tergantung pada *ionsphere*.

5. *Ultra High frekuensi (UHF)* : 300-3000 Mhz

Komunikasi *line of sight (LOS)*, tidak terpengaruh *fading*.

6. *Super High Frekuensi (SHF)* : 3-30 Ghz

Komunikasi *line of sight*.

2.4 Faktor Kelengkungan Bumi (K)

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

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

Dimana :

R' : jari – jari efektif bumi

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 dari pada 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

di daerah 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 $K > 4/3$ pada temperatur panas dan $K < 4/3$ pada daerah dengan temperatur dingin. Pada kondisi tertentu K dapat berharga kurang dari 1 sampai tak terhingga dan bahkan dapat berharga negatif.

Berdasarkan daerah iklim harga faktor k dapat dibedakan sebagai berikut ;

1. Faktor k antara $6/5$ dan $4/3$ untuk daerah iklim dingin
2. Faktor k sekitar $4/3$ untuk daerah iklim sedang
3. Faktor k antara $4/3$ dan $3/2$ untuk daerah iklim tropis

2.5. *Sistem Line Of Sight*

Pada propagasi ini gelombang menjalar dalam garis lurus, *transmitter* dan *receiver* berada dalam jarak pandang dan menggunakan daya pemancar yang relatif kecil dengan jarak link sekitar 10-100 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 antena penerima (*receiver*) tidak boleh terdapat halangan yang dapat menutupi lintasan pantulan gelombang (tampak langsung).



Gambar 2.2 : Sistem 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 Daerah Fresnel

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.

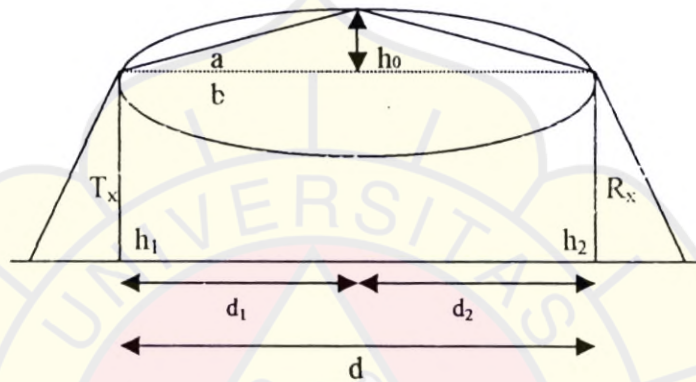
Daerah *Fresnel Zone* 1 ini memegang peranan yang sangat penting dalam pentransmisi energi gelombang mikro, dimana bentuk Daerah *Fresnel Zone* 1 ini berupa *ellipsoid*.

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

$$F = 17.3 \sqrt{\{(d_1 \times d_2) / (f_{\text{GHz}} \times d_{\text{km}})\}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- f = Frekuensi kerja (GHz)
- d_1 = Jarak dari penghalang ke pemancar terdekat (Km)
- d_2 = Jarak dari penghalang ke penerima terdekat (Km)
- d = Jarak total dari pemancar ke penerima (Km)



Gambar 2.3 Jari-jari *Fresnel*

2.8. 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 / RSL*) pada tingkatan pertama yang aktif dari penerima dan karakteristik *noise* penerima. Sebuah referensi RSL dibutuhkan.

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

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

2.8.1 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 :

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

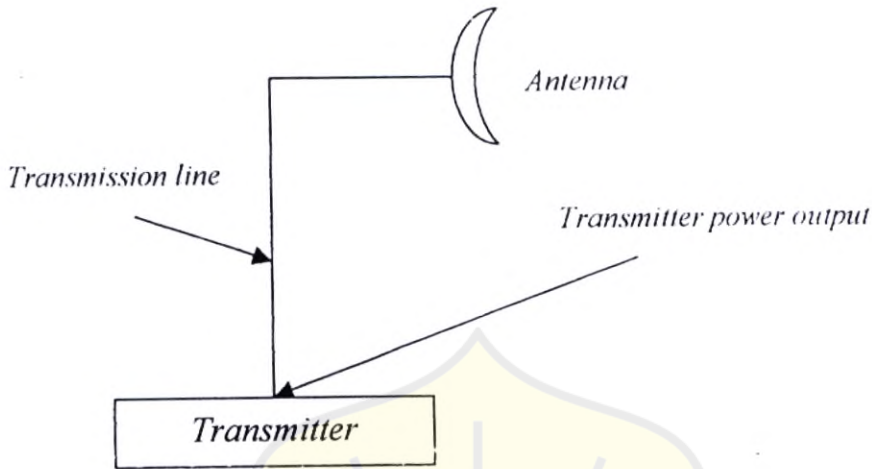
Dimana :	G	=	Gain antena (dB)
	f	=	frekuensi (GHz)
	d	=	diameter antena (m)
	17,8	=	konstanta

2.8.2. 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.

2.8.3. 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 negatif karena merupakan redaman) dan *gain* antena dalam dB.



Gambar 2.4 Element EIRP

Secara runus dapat ditulis sebagai berikut :

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

Dimana :

- * P_0 = output power RF transmitter (dBW)
- G_t = Gain antena pemancar (dB)
- L_t = redaman saluran transmisi (dB)

2.8.4. 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 :

$$FSL = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f D}{c} \right)^2 \dots\dots\dots(2-5)$$

Dalam decibel, dapat dinyatakan sebagai berikut :

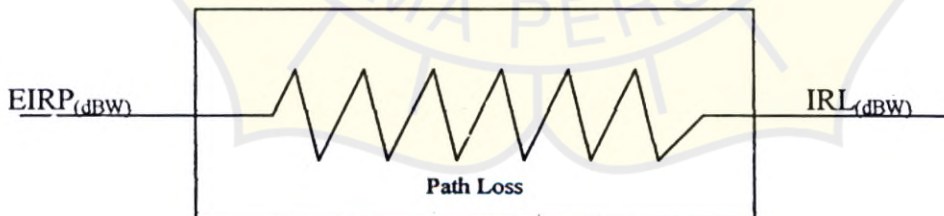
$$FSL_{(dB)} = 20 \log \frac{4 \pi f D}{c} = 20 \log 4 \pi + 20 \log f + 20 \log D$$

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

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

2.8.5. 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 2.5 IRL

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Dimana : FSL = Rugi ruang bebas (dB)

$$EIRP = P_o + G_t - L_t$$

2.8.6. 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 antena 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 = Redaman antena untuk menerima sinyal
(dBW)

2.8.7. Receiver Thermal Noise Level

Receiver 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 Frekuensi* (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 noi menghasilkan *thermal noise*. Kita mengetahui bahwa *power noise level* dalam *bandwidth* 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol. Maka :

$$P_n = -228,6 \text{ dBW/Hz}$$

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 kesebuah 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 :

$$NF_{dB} = 10 \log (1 + T_e/290) \dots\dots\dots(2.8)$$

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

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

$$P_n = -204 \text{ dBW/Hz} + N_f \text{ dB} + 10 \log (\text{IF Bandwidth Hz}) \dots\dots(2.9)$$

2.8.8. *Eb /No*

Dalam sistem digital kita menggunakan *Eb/No* yang berarti perbandingan *energi per bit noise spectral density*. Kita dapat menghubungkan *Eb/No* terhadap *bit error rate* (BER) yang diberikan pada tipe modulasi.

Eb 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 melakukannya pada divisi logaritma karena kita bekerja dalam desibel. *Eb* dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$E_b = RSL_{dBW} - 10 \log (\text{Bit rate bps}) \dots \dots \dots (2.10)$$

sedang N_0 dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$N_0 = -204_{dBW} + NF_{dB} \dots \dots \dots (2.11)$$

sekarang kita dapat memberikan rumusan untuk E_b/N_0 :

$$E_b/N_0 = RSL_{dBW} - 10 \log (\text{Bit rate}_{bps}) - (-204_{dBW} + NF_{dB}) \dots \dots (2.12)$$

dapat disederhanakan lagi menjadi :

$$E_b/N_0 = RSL_{dBW} - 10 \log (\text{Bit rate}_{bps}) + 204_{dBW} - NF_{dB} \dots \dots (2.13)$$

2.8.9. *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*.

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBW)} - \text{Receive Threshold Level}_{(dBm)} \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

$$P_{th} = \text{level daya threshold penerima (dBm)}$$

Untuk menentukan *Fade Margin*, tanpa melakukan tes secara langsung terhadap jalur, sulit dalam rekayasa 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*.

2.9. Teknik Modulasi

Modulasi adalah suatu proses penguatan sinyal informasi melalui proses penumpangan pada *signal carrier*, pada sistem komunikasi radio gelombang mikro ada tiga macam Modulasi:

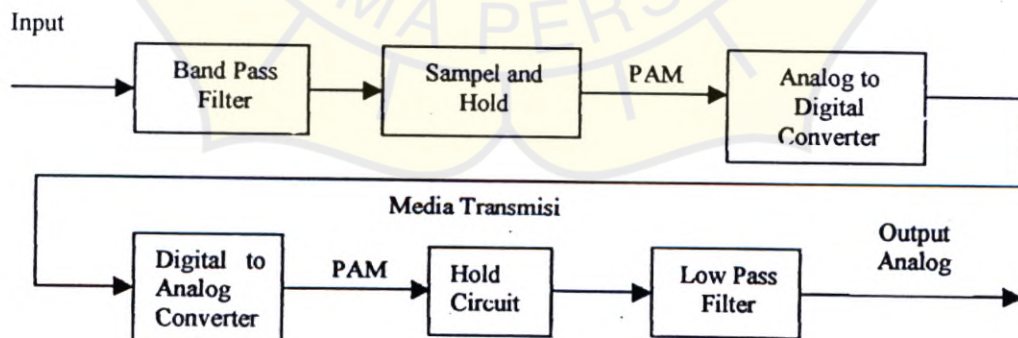
1. Modulasi Analog, sinyal informasi analog akan ditumpangkan pada sinyal RF agar bisa ditransmisikan, ada beberapa jenis modulasi analog diantaranya AM, FM dan sebagainya.
2. Modulasi Pulsa, disini sinyal analog dirubah menjadi sinyal digital, ada beberapa jenis modulasi pulsa diantaranya PCM, PFM, PAM dan sebagainya.
4. Modulasi digital, disini signal digital ditumpangkan pada *signal carrier* IF, ada beberapa jenis modulasi digital diantaranya ASK, PSK, FSK, QAM dan sebagainya.

2.9.1. PCM (*Pulse Code Modulation*)

Dari beberapa macam modulasi pulsa yang ada, pada sistem radio *microwave* digital digunakan modulasi kode amplitudo. PCM sendiri adalah modulasi yang menghasilkan sederet pulsa dengan amplitudo berubah-ubah sesuai dengan perubahan amplitudo informasinya. PCM adalah satu-satunya teknik modulasi pulsa kode digital yang digunakan dalam sistem transmisi digital.

Untuk menyampaikan sinyal informasi menuju tempat yang diinginkan maka sinyal informasi yang berupa sinyal analog diubah bentuknya secara *sampling* yang akan menghasilkan sinyal PAM (*Pulse Amplitudo Modulation*). Sinyal ini kemudian diubah kedalam *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 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 sederhana dari kanal tunggal, sistem PCM satu arah:



Gambar 2.6 Blok Diagram Kanal Tunggal, Sistem PCM Satu Arah

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 tiap pulsa yang berubah-ubah merupakan amplitudo dari setiap sinyal yang di *sampling*.

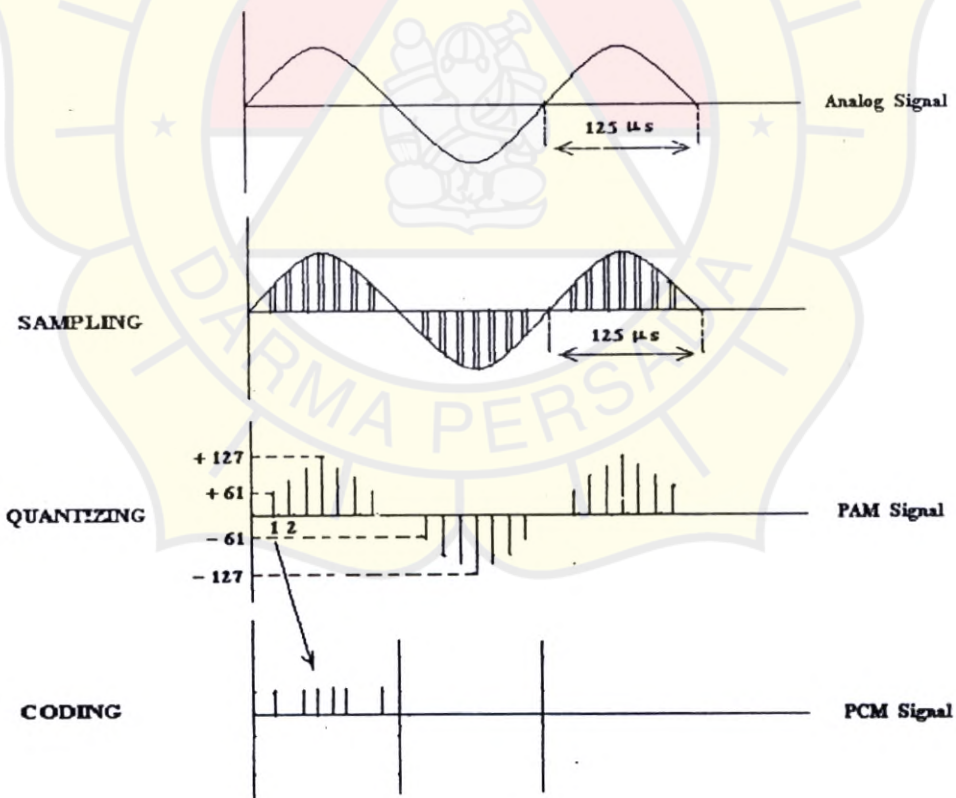
Frekuensi *sampling* untuk *sampling* yang periodik adalah jumlah *sample* per unit waktu. Berdasarkan standar CCITT frekuensi *sampling* untuk sinyal suara (300-3400 Hz) pada jaringan telepon adalah 8000 kali per detik atau 8000 Hz. Maka interval tiap *sampling* mempunyai periode $1/8000$ Hz atau $125 \mu\text{s}$.

2. Quantizing

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

3. Coding

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



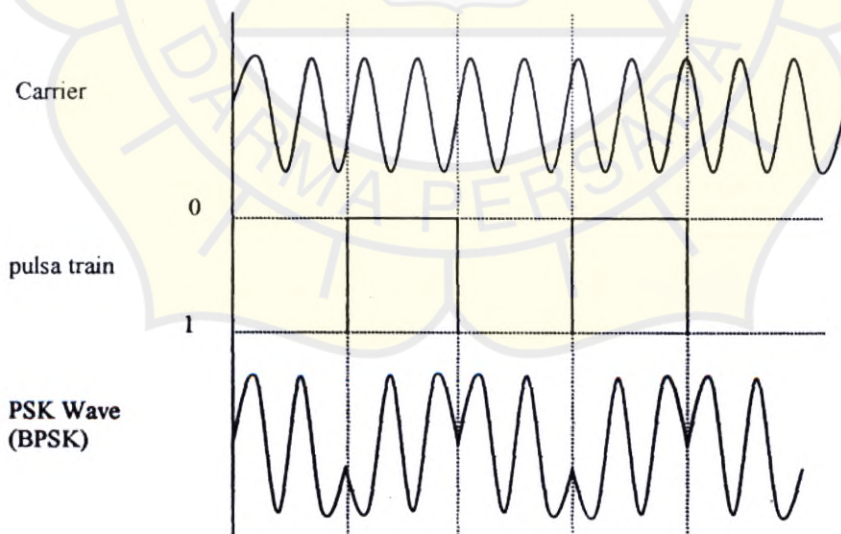
Gambar 2.7 Proses Perubahan Sinyal Analog

2.9.2 Modulasi PSK

Dalam sistem komunikasi digunakan bermacam sistem modulasi RF (Radio Frekuensi). Namun yang dipakai adalah FM (Modulasi Frekuensi) dan PSK (*Phase Shift Keying*). Modulasi FM digunakan untuk sistem analog dan modulasi PSK digunakan untuk sistem digital.

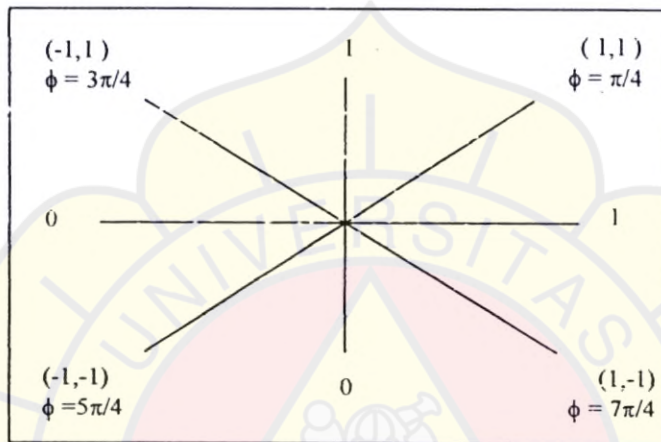
Pada PSK (*Phase Shift Keying*) sinyal yang akan dikirim hanya ada dua macam yaitu yang mewakili harga "1" dan "0". Sebenarnya persoalan deteksi pada PSK lebih sederhana dari pada sistem analog (FM), dengan demikian lebar band radio (RF band) pada PSK yang diperlukan dapat diperkecil.

Dalam sistem modulasi PSK, adanya sinyal yang dikirim ditandai dengan pergeseran *fase carriernya*, misal dalam BPSK (*binary phase shift keying*), angka "1" ditandai dengan pergeseran fasa 0 radial sedangkan angka "0" dengan fasa "1" radial, seperti yang terlihat digambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Modulasi BPSK

Dipenerima detektor fasa akan terdeteksi harga pergeseran ini dan mengembalikannya dalam bentuk *binary* kodenya kembali. dalam bentuk sistem QPSK (*Quadrature Phase shife keying*), dapat diperoleh kombinasi harga-harga 00, 01, 10, 11 dengan pergeseran fasa berturut – turut 225 derajat, 135 derajat, 45 derajat seperti pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Beda fase untuk keempat simbol QPSK

Pada gambar terlihat bahwa , pada prinsipnya sistem QPSK adalah hasil perpaduan 2 bit yang membentuk 2 bit baru dengan fasa berbeda yang mewakili 2 bit sebelumnya (00,01,10,11), sehingga lebar band yang dibutuhkan juga akan lebih kecil.

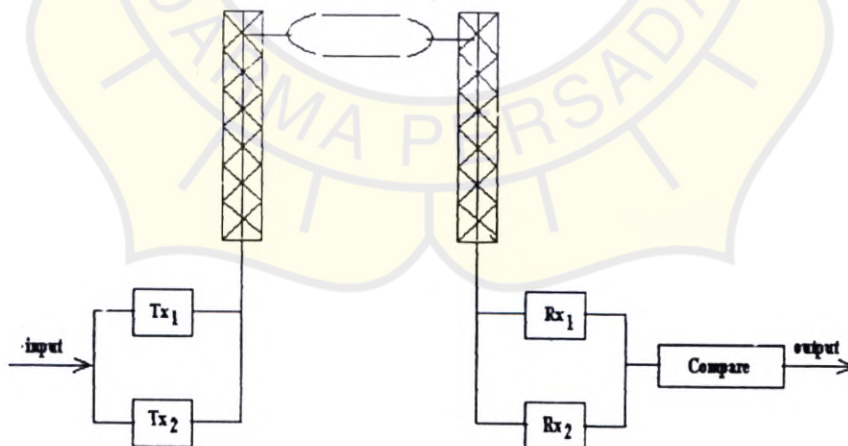
2.10. Diversity

Sistem gelombang mikro menggunakan transmisi *Line-of sight*. Ini berarti harus searah *path line* antara antena pemancar dan penerima. Oleh karena itu *path* sinyal mengalami penurunan beberapa derajat, maka akan terjadi interupsi pelayanan. Dianjurkan menggunakan *diversity* meskipun ada beberapa *path*

transmisi atau metode transmisi lainnya yang tersedia antara pemancar dan penerima. Dalam sebuah sistem gelombang mikro, fungsi *diversity* adalah untuk meningkatkan reabilitas sistem dengan cara meningkatkan kemampuannya. Ada beberapa macam *path transmisi* atau metode transmisi yang tersedia, sistem dapat memilih *path* atau metode yang menghasilkan kualitas sinyal yang tinggi. Pada umumnya kualitas sinyal yang tinggi tergantung oleh nilainya perbandingan *carrier* terhadap *noise* (C/N) pada input penerima atau mengukur *power carrier* sebuah penerima. Meskipun ada beberapa macam cara penyelesaian *diversity*, metode yang paling banyak digunakan adalah frekuensi, space dan polarisasi. Berikut ini adalah penjelasan dari teknik *diversity* yang sering digunakan:

a. Frekuensi *Diversity*

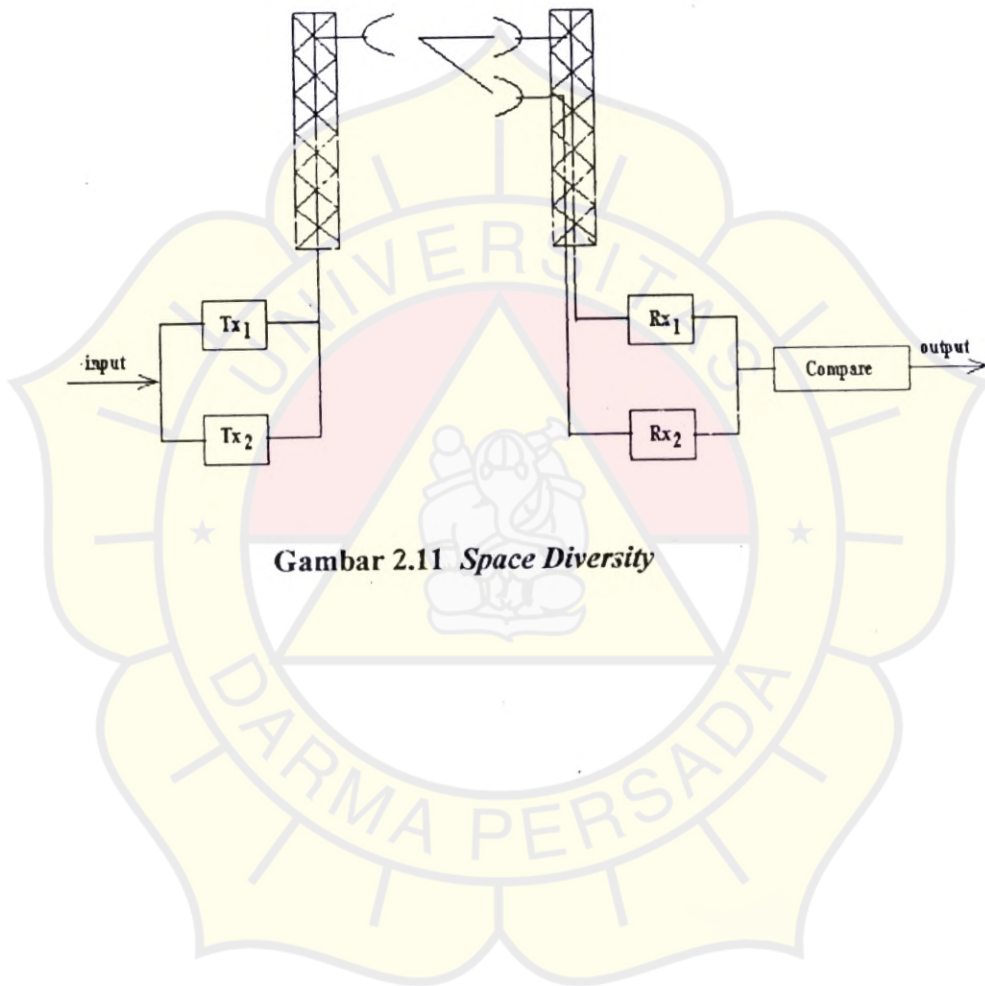
Untuk teknik frekuensi *diversity*, sinyal informasi ditransmisikan melalui pemancar dengan dua frekuensi kerja yang berbeda. Agar tidak terjadi interferensi diperlukan band yang lebar.



Gambar 2:10 Frekuensi Diversity

b. *Space Diversity*

Untuk teknik *space diversity*, sinyal informasi ditransmisikan dengan band frekuensi yang sama tetapi pada penerima digunakan dua buah antena yang terletak pada ketinggian yang berbeda.



Gambar 2.11 *Space Diversity*