

## BAB II

### SISTEM KOMUNIKASI *RADIO*

Sistem komunikasi *selular* saat ini semakin pesat perkembangannya. Hal ini sejalan dengan kebutuhan masyarakat yang selalu ingin mendapatkan informasi lebih cepat, kapan saja dan dimanapun mereka berada, sejauh daerah tersebut mempunyai jaringan *selular*. Dalam perencanaan jaringan *GSM* ini kita menggunakan media *transmisi gelombang mikro*.

Sistem *transmisi gelombang mikro* merupakan kebutuhan, seiring dengan perkembangan teknologi *telekomunikasi GSM*. Melihat dari letak wilayah dan struktur tanah yang ada di Indonesia, pilihan sistem *transmisi gelombang mikro* ini sangat tepat.

Adapun kelebihan dari sistem *transmisi gelombang mikro* dibandingkan dengan media *transmisi* lain, karena tidak menggunakan kabel (*wireless*) maka *mobilitas* pemindahan lokasi antena lebih tinggi serta biaya instalasi dan oprasionalnya lebih rendah.

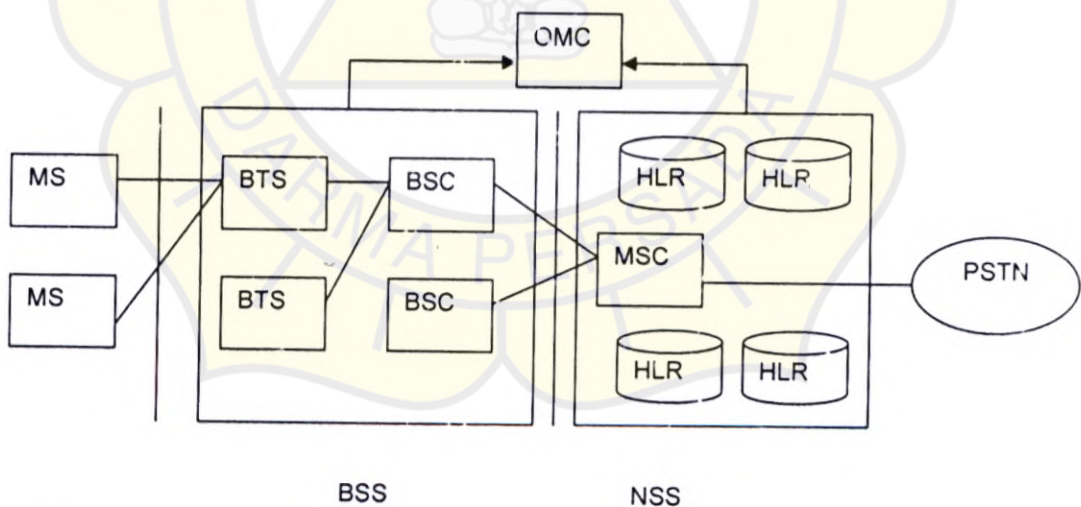
Pemilihan *transmisi gelombang radio* juga didasarkan pada lamanya waktu yang dibutuhkan dalam pemenuhan layanan jasa *telekomunikasi* berikut efisiensi biaya yang harus disediakan.

#### 2.1. Sistem Komunikasi Bergerak *GSM*

*GSM* atau disebut juga sistem komunikasi *selular* merupakan sistem komunikasi tanpa kabel (*wireless*). Pada sistem *GSM*, daerah cakupan

pembicaraan terbagi dalam *sel – sel*, dimana setiap satu *sel* terdapat satu buah *BTS* (*Base Transceiver Station*) dengan *frekuensi* tertentu yang saling berbeda dengan *sel* yang berdekatan. Untuk mengontrol *BTS – BTS* tersebut terdapat *BSC* (*Base Station Controller*). Kedua bagian ini, yaitu *BTS* dan *BSC* disebut *BSS* (*Base Station Sub-System*), yang menyediakan pengaturan sumber daya *radio* dan penyambungan antara saluran *radio* dan *slot – slot TDM* dengan pusat penyambungan *MSC* (*Mobile Switching Center*). Proses kerja dari *MSC* didasarkan pada kerja *switching digital*, yang dilengkapi dengan *interface* ke *PSTN* (*Public Switching Telephone Network*) dan juga *sub-system radio*. *MSC* akan berfungsi sebagai *GMSC* (*Gateway Mobile Switching Center*) untuk hubungan ke *MSC* maupun dari jaringan lain.

Pada Dasarnya sistem *GSM* dibagi dalam 4 bagian *sub-system* seperti dalam gambar berikut:



Gambar 2.1 Arsitektur Sistem GSM

1. *Network Switching Sub-system (NSS)*, terdiri dari:
  - . *Mobile Switching Centre (MSC)*
  - . *Home Location Register (HLR)*
  - . *Visitor Location Register (VLR)*
  - . *Authentication Centre (AuC)*
  - . *Equipment Identification Register (EIR)*
  
2. *Base Station Sub-system (BSS)*
  - . *Base Tranceiver Station (BTS)*
  - . *Base Station Contoller (BSC)*
  
3. *Opration & Maintenance Centre (OMC)*
  
4. *Mobile Station (MS)*

#### **2.1.1. Mobile Station**

Merupakan terminal yang dipakai oleh pelanggan untuk melakukan proses komunikasi, yang terdiri dari *mobile equipment (ME)/HP*, *subscriber identification module (SIM)*.

1. *Mobile equipment (ME)/Hp* merupakan *terminal trnceiver* diidentifikasi dengan *IMEI (intenational mobile equipment identity)* tertentu.

2. *Subscriber identification module (SIM)* adalah sebuah *smart card* yang berisi menyimpan seluruh informasi *user* dan beberapa *feature* dari *GSM*. *SIM card* dilindungi oleh sebuah mekanisme *personal identity number (Pin)* yang dimiliki *user*.

### 2.1.2. Base Station Sub-system (BSS)

*BSS* berfungsi menyediakan penghubung antara jaringan tetap yang merupakan bagian dari *GSM* dan Jaringan *radio*, juga mempunyai sebagian fungsi *switching* untuk menghubungkan kanal *radio* ke *control level* selanjutnya yaitu *MSC*. *BSS* melakukan ini dengan menghubungkan melalui kanal sinyal *PCM* dari *interface MSC* ke *BSS* dan sebaliknya.

*BSS* terdiri dari dua bagian, yaitu:

#### a. Base Tranceiver Station (BTS)

Suatu *sel* merupakan wilayah atau areal suatu cakupan *radio* yang dapat dilayani dengan satu *BTS*. Setiap *sel* memiliki satu *BTS* yang menjamin terjadinya komunikasi dua arah baik antara *MS* dengan jaringan tetap *PSTN*. Tapi fungsi paling utama dari *BTS* adalah menjaga dan memonitor hubungan komunikasi ke dalam *MS* dalam wilayah pancaran *sel*.

#### b. Base Station Controller (BSC)

*BSC* fungsinya mengatur proses *handover* pelanggan akibat perpindahan dari cakupan *sel* yang satu ke cakupan *sel* yang lain. Selain itu *BSC* juga sebagai penghubung antara sejumlah *BTS* dan *NSS*.

### 2.1.3. Network Switching Sub-system (NSS)

NSS merupakan pusat sistem penyambungan dari sistem *GSM* yang mengatur hubungan komunikasi diantara pelanggan *GSM* ataupun dengan pelanggan jaringan *telekomunikasi* lain. *NSS* ini dibagi menjadi 5 fungsi, yaitu:

a. *Mobile Switching Centre (MSC)*

*MSC* adalah inti dari jaringan *GSM*. Fungsinya untuk menghubungkan pelanggan *GSM* ke *PSTN* atau ke pelanggan *GSM* lainnya. *MSC* juga berfungsi sebagai pusat penyambungan, pengaturan *trafik*, pensinyalan dan pembebanan biaya percakapan yang diperlukan, untuk *MS* yang berada pada *MSC service area*. Untuk menangani permintaan panggilan, *MSC* dapat mengakses informasi dari ketiga basis data *HLR*, *VLR* dan *Au*. Setelah menggunakan ketiga basis data tersebut, *MSC* mengup-date ketiga basis data tersebut sesuai informasi terakhir dari status panggilan dan posisi pelanggan. *MSC* juga dapat berperan sebagai *interface* antara jaringan *GSM* dengan jaringan lainnya.

b. *Home Location Register (HLR)*

*HLR* adalah basis data utama yang digunakan untuk manajemen pelanggan *seluler*. *HLR* terdapat satu atau lebih tergantung besar dan kecilnya jaringan. Data – data tersimpan dalam *HLR* bersifat *permanent*. *HLR* memberikan data pelanggan yang dibutuhkan ke *VLR*.

c. *Visitor Location Register*

*VLR* merupakan unit penyimpanan basis data sementara untuk pelanggan yang *roaming* dalam suatu *MSC*.

d. *Authentication Center (AuC)*

*AuC* membuat parameter yang diperlukan untuk menjamin kerahasiaan dari setiap panggilan, melindungi sistem *GSM* terhadap penyalahgunaan dari orang – orang yang bukan pelanggan.

e. *Equipment Identity Register (EIR)*

*EIR* adalah basis data yang berisikan informasi mengenai identitas dari *MS*. *EIR* dapat mengecek terdaftar atau tidaknya *MS* tersebut, disebabkan karena pencurian ataupun hal lain.

#### **2.1.4. Operation & Maintenance Centre (OMC)**

*OMC* yang digunakan untuk memantau dan memelihara kinerja setiap *ponsel (MS)*, *BSS* dan *MSC* dalam sistem *GSM*.

Dengan demikian, dalam setiap sistem *GSM* sebuah *OMC* memiliki kewenangan untuk mengatur berbagai parameter *BTS* dan prosedur pengaturan biaya percakapan, juga memberikan kemampuan kepada operatornya untuk mengatur semua *MS* yang berada dalam sistem.

## 2.2. 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*:

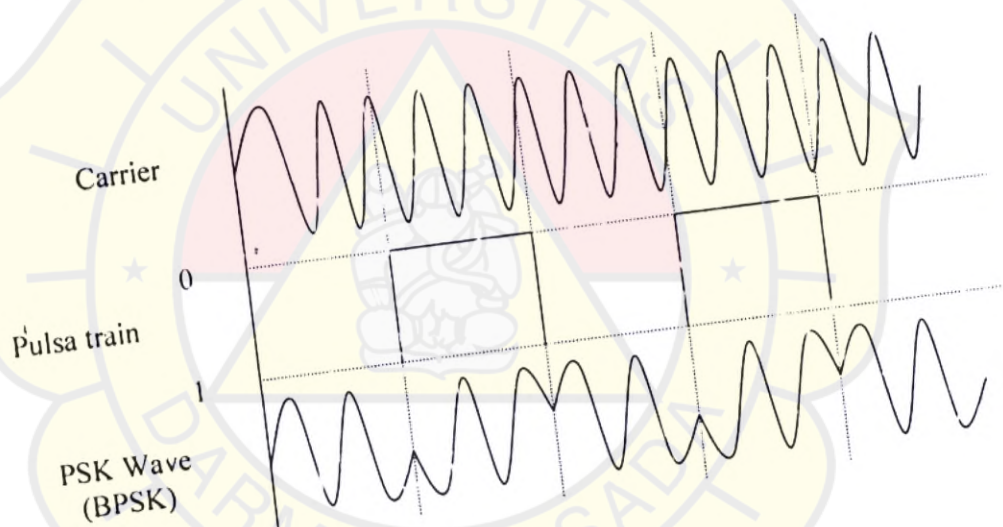
- a. *Modulasi Analog*, sinyal informasi *analog* akan ditumpangkan pada sinyal RF agar bias ditransmisikan, ada beberapa jenis *modulasi analog* diantaranya *AM*, *FM* dan sebagainya.
- b. *Modulasi Pulsa*, disini sinyal *analog* dirubah menjadi sinyal *digital*, ada beberapa jenis *modulasi pulsa*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

### 2.2.1. Modulasi Phase Shift Keying (PSK)

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

Pada PSK sinyal yang akan dikirim hanya ada dua macam yaitu yang mewakili harga "1" dan "2", 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.

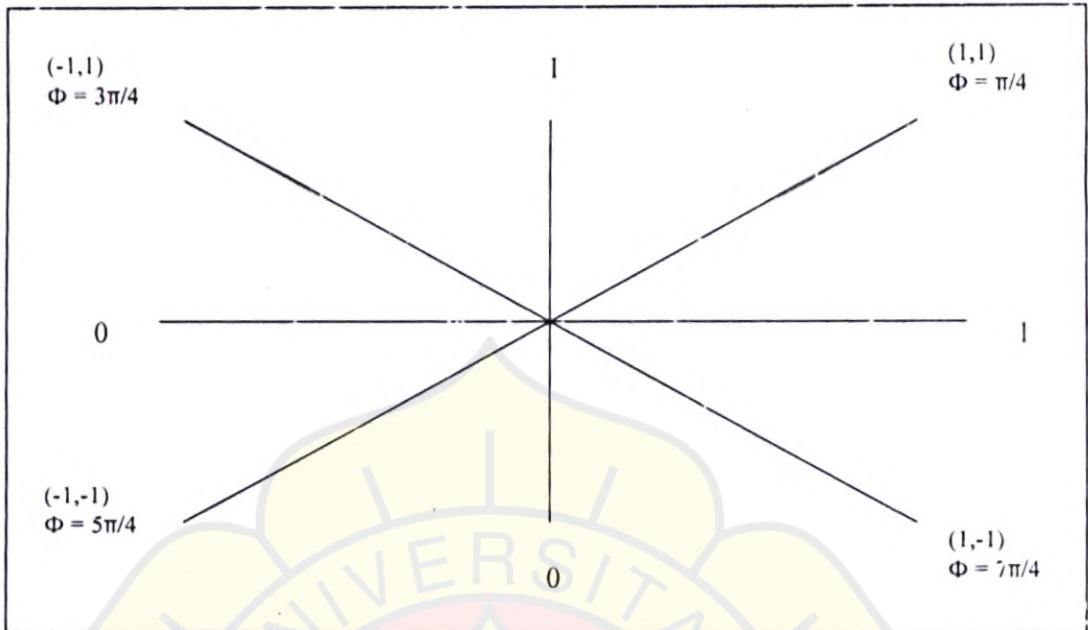
Dalam sistem modulasi PSK, adanya sinyal yang dikirim ditandai dengan pergeseran fase carriernya, misal dalam BPSK (Binary Phase Shift Keying), angka "1" ditandai dengan pergeseran fase 0 radian sedangkan angka "0" dengan fase "1" radian, seperti yang terlihat gambar di bawah ini.



Gambar 2.2. Sistem Modulasi BPSK

Diterima *detector fase* akan terdeteksi pergeseran ini dan mengembalikannya dalam bentuk *binary codenya* kembali dalam bentuk sistem QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), dapat diperoleh kombinasi 00, 01, 10, 11 dengan pergeseran fase berturut-turut 225 derajat, 135 derajat, 45 derajat.





**Gambar 2.3** Beda Fase untuk keempat simbol QPSK

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

### 2.3. Komunikasi Gelombang Mikro

Sistem-sistem *radio* gelombang *mikro* yang bekerja pada frekuensi diatas 100 MHz merambat terutama dalam garis pandang (*Line Of Sight*) atau ruang bebas. Dimana pemusatan semua energi menjadi titik kecil yang menggunakan antena parabola memberikan *ratio signal to noise* yang tinggi.

Karena gelombang *mikro* hanya menjalar dengan garis pandang (*LOS*), Perlu disediakan stasiun – stasiun pengulang (*Repeater*). Maka *repeater*

diperlukan secara *periodic* dimana semakin tinggi menara, semakin jauh jarak yang dicapai.

Selain itu gelombang *mikro* tidak dapat menembus ruang dengan baik sehingga terjadi *Multipath Fading*, gelombang yang mengalami *delay* akibat *divergensi* diudara tiba diluar *fasanya* dengan gelombang langsung dan menghapus sinyalnya.

Keuntungan yang dimiliki oleh gelombang *mikro* bila dibandingkan dengan *transmisi* melalui kabel adalah tidak diperlukannya kabel untuk mengikuti jarak yang telah ditentukan, juga *relative* murah karena hanya perlu membangun minimal dua buah menara sederhana dan pemasangan antena pada masing – masing menara dibandingkan dengan menanam 50 Km *serat optic*.

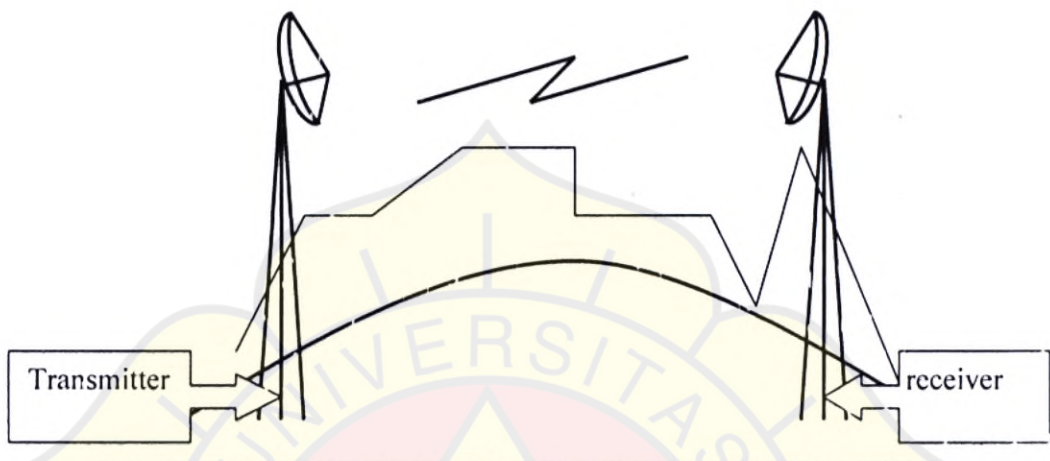
### 2.3.1. Sistem Line Of Sight (LOS)

Garis pandang (*line Of sight*) adalah garis lurus yang tidak terhalang, yang merupakan syarat bagi gelombang *mikro*. Umumnya menggunakan daya pemancar yang cukup kecil dengan jarak *link* sekitar 10 Km – 100 Km. Sistem ini juga dipergunakan juga pada komunikasi *satelit* ( terlihat pada gambar 2.4. Sistem Line Of Signal ).

### 2.3.2. Faktor Kelengkungan Bumi

Bila dianggap lintasan *propagasinya* lurus, ini berarti permukaan bumi menjadi lebih datar bila dibandingkan dengan permukaan sebenarnya. Biasanya lebih mudah mengangap lintasan *propagasinya* lurus dengan cara merubah

lengkungan bumi dari pada menggambar lintasan *propagasi* sebagai garis yang lengkung.



Gambar 2.4. Sistem Line Of Signal

Untuk maksud ini, diadakan analisa *propagasi* gelombang dengan mengalikan jari – jari bumi  $K$  kali. Harga  $K$  dinamakan *koefisien* persamaan jari – jari bumi harga *factor*  $K$  berubah – ubah tergantung pada keadaan cuaca dan merupakan fungsi dari *gradient 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 daerah dengan ketinggian sedang  $K = 4/3$  dalam keadaan *atmosfir standart*. Pada umumnya  $K \geq 4/3$  pada *temperature* panas dan  $K \leq 4/3$  pada daerah dengan *temperature* dingin.

Berdasarkan daerah iklim harga factor 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
- . Fator K antara  $4/3$  dan  $3/2$  untuk daerah iklim tropis

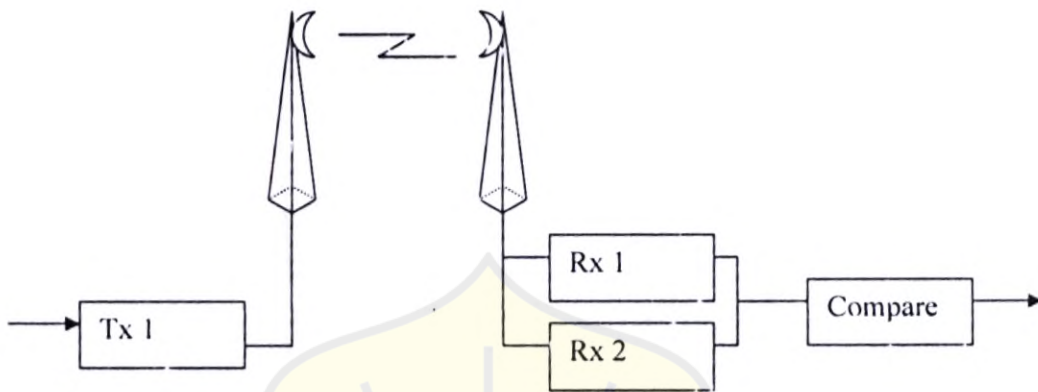
#### 2.4. Teknik *Diversity*

Teknik *Diversity* adalah suatu cara untuk mengurangi pengaruh *Multipath Fading* karena adanya *propagasi* lebih dari satu jalur dan melindungi kegagalan peralatan. Dasar penggunaannya adalah bahwa sinyal *radio* yang datang pada suatu penerimaan melalui beberapa lintasan yang berbeda dapat mempunyai *level* sinyal yang tidak sama.

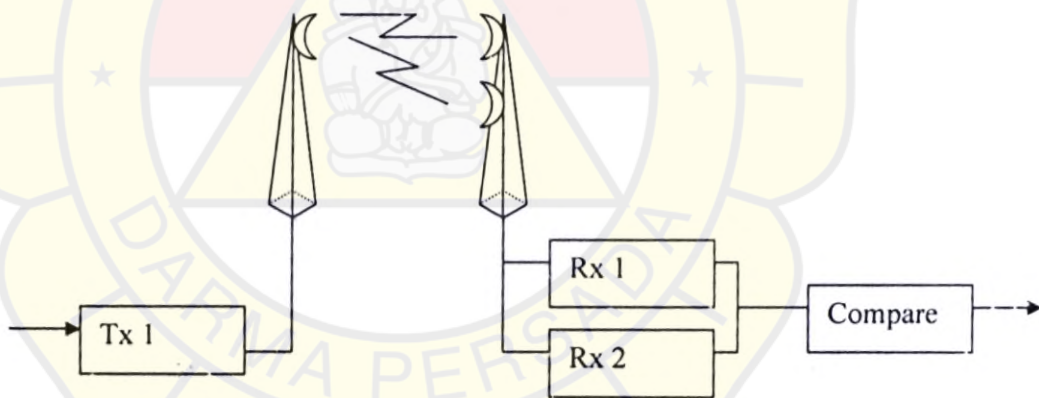
Agar terhindar dari kemungkinan putusnya suatu hubungan komunikasi maka diperlukan teknik yang dinamakan *diversity* yang paling sering digunakan adalah teknik frekuensi *diversity* dan teknik *space diversity*.

##### 2.4.1. Teknik *Frekuensi Diversity*

Teknik *frekuensi diversity*, sinyal informasi ditransmisikan melalui pemancar dengan dua *frekuensi* kerja yang berbeda dan agar tidak terjadi *interferensi* diperlukan *band* yang lebar (seperti pada gambar 2.5. Teknik Frekuensi Diversity)



Gambar 2.5. Teknik Frekuensi Diversity



Gambar 2.6. Teknik Space Diversity

#### 2.4.2. Teknik *Space Diversity*

Teknik *space diversity*, sinyal informasi ditransmisikan dengan *band frekuensi* yang sama tetapi pada penerima digunakan dua buah antena pada ketinggian yang berbeda. Sinyal dari antena pemancar pada perangkat penerima dihubungkan dengan penggabung (*Combiner*) untuk memilih sinyal terbaik ataupun menggabungkan dengan sinyal lain sebagai sinyal keluaran perangkat (seperti pada gambar 2.6. Teknik *Space Diversity*).

#### 2.5. Kalkulasi Link

*Path analysis (link budget)* 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* penerimaan dan lain-lain.

Kita dapat menghubungkan kinerja (*performance*) yang diinginkan dengan tingkatan sinyal penerima (*Receive Signal Level / RSL*) pada tingkatan pertama yang aktif dari penerima dan karakteristik *noise* penerima, sebuah *referensi RSL* dibutuhkan.

Selanjutnya, kita menghitung *free space los* diantara antena pemancar dan penerima. Fungsi ini untuk menentukan *frekuensi* dan jarak (contoh : *Operasional frekuensi* pemancar gelombang *mikro*). Kemudian kita menghitung *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)* pada antena pemancar. *EIRP* adalah penjumlahan dari *power output* pemancar dikurangi *loss line transmisi* ditambahkan *gain* antena, semua dalam *desible*.

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 kita mendapatkan *Receive Signal Level (RSL)*

### 2.5.1. Gain Antena

*Gain antenna* 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 antenna* terletak pada setiap sisi antena. Pada *antenna isotropic* ditunjukkan dalam bentuk dB. Sebuah *antenna 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 antenna (G)* ditunjukkan oleh persamaan:

$$\begin{aligned}
 G_{(dB)} &= 10 \log \frac{4\pi A \eta}{\lambda^2} \\
 &= 10 \log 4\pi + 10 \log \pi \left( \frac{d^2}{4} \right) + 10 \log \eta - (10 \log c^2 - 10 \log f^2) \\
 &= 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(m)} + 17,8 \dots \dots \dots (2.1)
 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/det}$$

Dimana:

**G** = Gain antenna (dB)

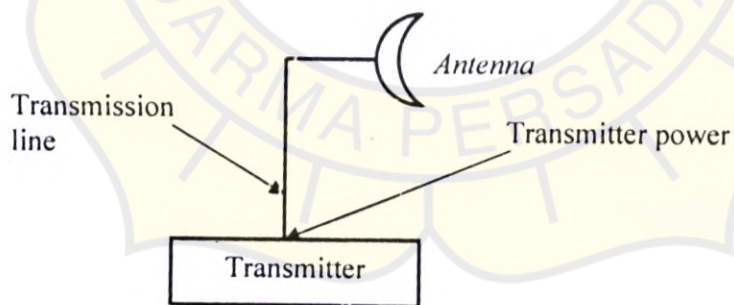
**F** = frekuensi (GHz)

**d** = diameter antena (m)

**17,8** = konstanta

### 2.5.2. *Effectif 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 antenna* dalam dB (seperti pada gambar 2.7. Element EIRP).



**Gambar 2.7. Element EIRP**



Secara rumus tertulis sebagai berikut :

$$\mathbf{EIRP_{(dBW)} = P_o + G_t - L_t} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :  $P_o$  = *output power RF transmitter (dBW)*

$G_t$  = *Gain antenna pemancar (dB)*

$L_t$  = *redaman saluran transmisi (dB)*

### 2.3.3. Free Space Loss (FSL)

*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 Los* diberikan sebagai berikut:

$$\mathbf{FSL = \left[ \frac{4\pi D}{\lambda} \right]^2 = \left[ \frac{4\pi f D}{c} \right]^2} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :  $FSL$  = *free space loss (dB)*

$D$  = *jarak (Km)*

$f$  = *frekuensi (GHz)*

$\lambda$  = *panjang gelombang (m)*

$c$  = *kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)*

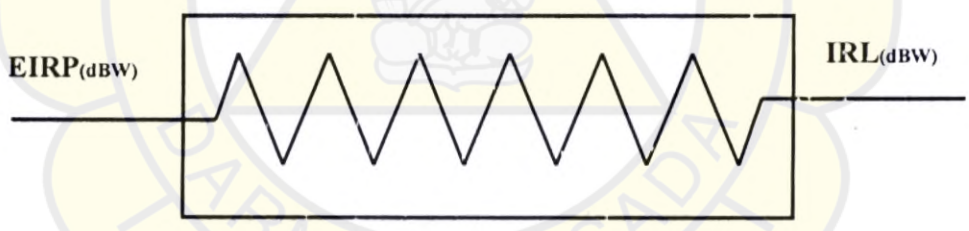
Dalam *decibel*, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$FSL_{(dB)} = 10 \log \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 = 20 \log 4\pi + 20 \log f + 20 \log D - 20 \log c$$

$$FSL_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log D_{(Km)} + 92,4 \dots\dots\dots (2.4)$$

**2.5.4. 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.



**Gambar 2.8. Perhitungan IRL**

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut:

$$IRL_{(dBW)} = EIRP_{(dBW)} - FSL_{(dB)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:	<b>FSL</b>	=	Rugi ruang bebas (dB)
	<b>F</b>	=	Frekuensi Kerja radio (GHz)
	<b>D</b>	=	Jarak antara pemancar ke penerima (Km)

### 2.5.5. Receive Signal Level (RSL)

*Receive signal level (RSL)* adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada penerima :

$$RSL_{(dBW)} = IRL_{(dBW)} + Gr_{(dB)} - IFL_{(dB)} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :	<b>Gr</b>	=	Gain antenna penerima (dB)
	<b>Lr</b>	=	Redaman saluran pada penerima (dB)
	<b>IRL</b>	=	Kemampuan antena untuk menerima sinyal (dBW)

### 2.5.6. 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 margin*.

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBW)} - RTH_{(dB)} \dots\dots\dots (2.7)$$

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*.

### 2.5.7. Fresnel Zone

Daerah *Fresnel* adalah tempat kedudukan dimana titik-titik yang mempunyai selisih jarak tetap, dari dua buah lokasi yang tetap pula, yaitu kelipatan dari setengah panjang gelombang radio yang dioperasikan.

Daerah *fresnel* ini memegang peranan yang sangat penting dalam pentransmisian energi gelombang *mikro*, dimana bentuk daerah *fresnel* ini berupa *ellipsoid*.

Jari-jari daerah *fresnel*, pada titik sembarang antara dua titik pemancar dan titik penerima, dimana:

$$F(m) = \frac{\sqrt{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}}{D}$$

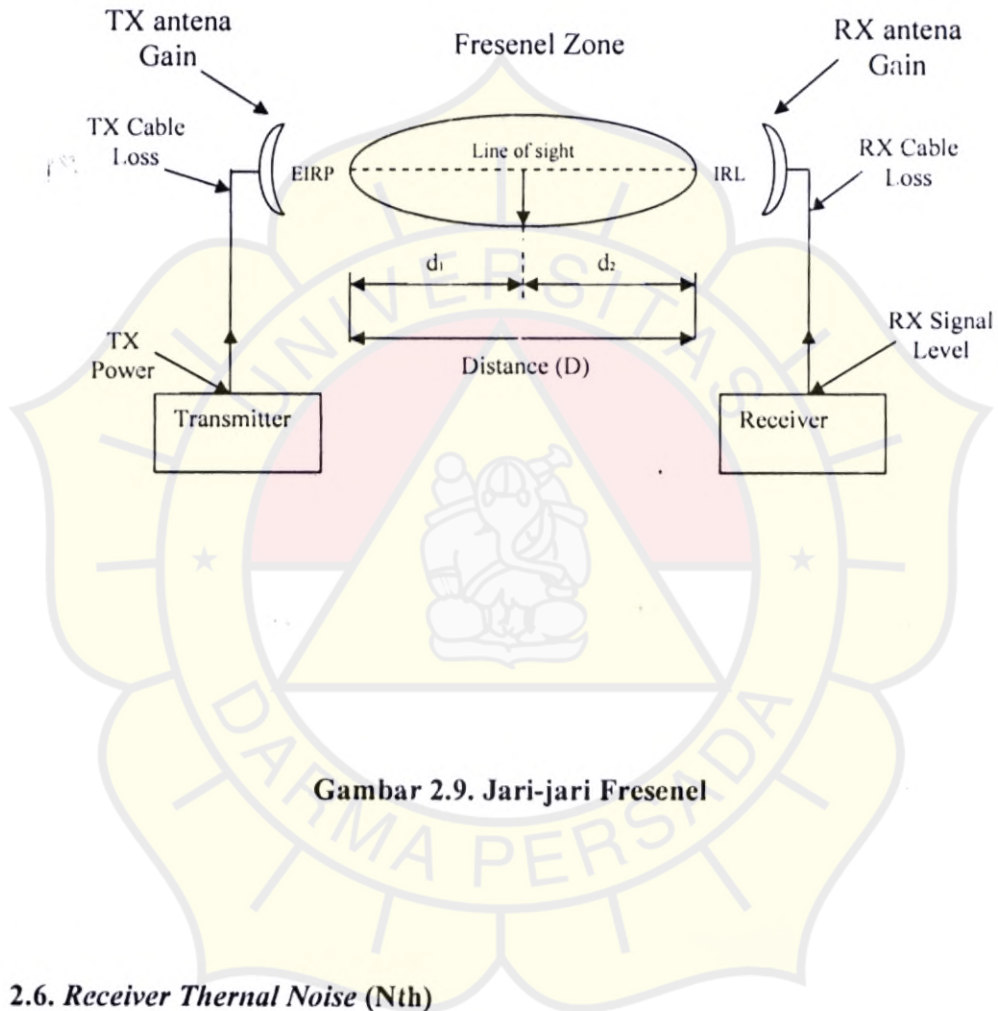
$$F = 17.3 \sqrt{\{(d_1 \times d_2) / (f_{(GHz)} \times D_{(Km)})\}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

- F = Diameter fresnel zone (m)
- f = Frekuensi kerja (GHz)
- d<sub>1</sub> = Jarak dari penghalang kepemancar terdekat (Km)

$d_2$  = Jarak dari penghalang ke penerima terdekat (Km)

$D$  = Jarak total dari pemancar ke penerima (Km)



Gambar 2.9. Jari-jari Fresnel

## 2.6. Receiver Thermal Noise ( $N_{th}$ )

Masalah dalam *kalkulasi link*, diantaranya adalah menghitung level *thermal noise* ( $N_{th}$ ) dari *receiver*. *Thermal noise* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_{th} = 10 \log KTB \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :  $T = \text{Temperatur (290 K)}$

$B = \text{Bandwidht (Hz)}$

$K = \text{Konstanta Boltzman (1,3803 x 10}^{-23} \text{ J/K)}$

Atau dinyatakan dengan persamaan :

$$N_{th} \text{ (dBw)} = -228,6 \text{ dBw} + 10 \text{ Log } 290 \text{ K} + 10 \text{ Log } B \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan demikian rumus *Reseiver Noise Threshold (Nth)* dapat ditulis dengan persamaan, berikut:

$$N_{th} \text{ (dBw)} = -204 \text{ dBw} + 10 \text{ Log } B \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\begin{aligned} NF \text{ (dB)} &= 10 \log (1 + T_e/290) \\ &= 10 \log (1 + 290/290) = 3 \text{ dB} \dots\dots\dots (2.12) \end{aligned}$$

### 2.7. Perhitungan Kualitas Penerima *Eb/No*

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

*Eb* adalah energi perbit. Andaikan RSL 1 Watt dan menerima 1000 bit per detik maka besarnya energi yang dihasilkan dalam 1 bit adalah 1mW. Kita bagi dengan 1000 bit perdetik. Dalam *radio* yang bekerja lebih melakukannya pada

divisi *logaritma* karena kita bekerja dalam *decibel*.  $E_b$  dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$E_b = RSL_{dBW} - 10 \log(\text{bit rate}_{bps}) \dots\dots\dots (2.13)$$

Sedang  $N_o$  dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$N_o = -204_{dBW} + NF_{dB} \dots\dots\dots (2.14)$$

Sedangkan kita dapat memberikan rumusan untuk  $E_b/N_o$  :

$$E_b/N_o = Rsl_{dBW} - 10 \log(\text{bit rate}_{bps}) - (-204_{dBW} + NF_{dB}) \dots\dots\dots (2.15)$$

Dapat disederhanakan lagi menjadi:

$$E_b/N_o = Rsl_{dBW} - 10 \log(\text{bit rate}_{bps}) + 204_{dBW} - NF_{dB} \dots\dots\dots (2.16)$$