

## BAB II

### SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK

#### 2.1. Pendahuluan Pengertian Sistem Komunikasi Seluler

Menurut ketentuan yang dikeluarkan FCC ( *Federal Communication Commission* ), system seluler didefinisikan sebagai sistem komunikasi *mobile* untuk daratan dengan kapasitas yang tinggi dimana spektrum dibagi dalam kanal-kanal yang dipisahkan dan menggunakan kelompok-kelompok sel ( *Cluster* ) yang mencakup suatu daerah layanan geografik, kanal-kanal diskrit dapat digunakan kembali pada sel yang berbeda pada suatu daerah layanan lain.

Berdasarkan definisi tersebut maka sistem komunikasi seluler terdiri dari 3 konsep dasar yaitu :

1. Kapasitas yang tinggi

Sistem seluler mempunyai kapasitas yang tinggi karena sistem seluler menggunakan konsep *multiple access* . dimana kanal frekuensi pada sistem seluler dibagi menjadi beberapa jalur pembicaraan.

2. Sel

Sel didefinisikan sebagai suatu daerah layanan individu yang masing-masing mempunyai kanal-kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Pelanggan yang berada pada sel tertentu menggunakan kanal-kanal pada sel tersebut.

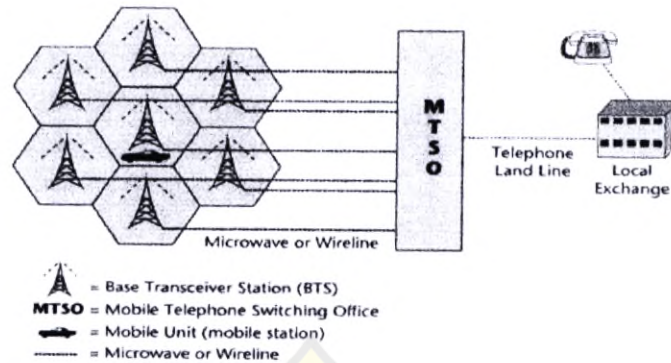
3. Pengulangan Frekuensi ( *frequency reuse* )

Dengan *frequency reuse* memungkinkan penggunaan kembali frekuensi yang sudah digunakan pada sel lain. Pengulangan frekuensi tidak boleh digunakan pada jarak berdekatan untuk mencegah terjadinya interferensi *co-channel*. Dengan pengulangan frekuensi ini sistem seluler tidak pernah kehabisan kanal untuk melayani publik.

Sistem komunikasi bergerak seluler adalah merupakan pengembangan dari sistem komunikasi *konvensional*. Hal ini dikarenakan adanya kekurangan-kekurangan yang terjadi pada sistem *konvensional*. Beberapa kelebihan sistem komunikasi seluler bila dibandingkan dengan komunikasi *konvensional*, yaitu :

1. Penggunaan spektrum frekuensi yang efisien. Hal ini dikarenakan sistem komunikasi seluler dapat mengulang penggunaan spektrum frekuensi yang sudah digunakan oleh sel lain.
2. Sistem komunikasi seluler dapat menampung jumlah pelanggan yang cukup besar. Karena sistem komunikasi seluler menggunakan konsep *multiple access* yang dapat membagi kanal pembicaraan menjadi beberapa jalur pembicaraan.
3. Sistem komunikasi seluler menggunakan daya yang tidak terlalu besar dan antena yang tidak terlalu tinggi karena wilayah *coveragenya* lebih kecil.

Sistem seluler pada dasarnya terbagi atas 3 bagian penting ,yaitu *Mobile unit, Cell* dan *Mobile Telephone Switching Office ( MTSO )*. Ketiga bagian tersebut terdapat pada gambar 2.1. dibawah ini :



Gambar 2.1 Perangkat Sistem Seluler

a. *Mobile Unit*

*Mobile Unit* adalah merupakan sebuah unit telepon bergerak yang didalamnya terdiri dari sebuah unit kontrol, sebuah pemancar dan sebuah sistem antena.

b. *Cell Site*

*Cell Site* merupakan interface antara MTSO dan mobile unit. Pada *cell site* terdapat kontrol unit, kabinet radio, antena, pembangkit tenaga listrik, dan terminal data.

c. MTSO

MTSO adalah pusat penyambungan dan pusat koordinasi untuk semua *cell site*. MTSO berfungsi mengontrol proses panggilan, menangani aktifitas pembiayaan dan menjadi interface untuk hubungan dengan PSTN.

## 2.2. Konsep Sistem Telepon Seluler

Pada prinsipnya yang dimaksud dengan sistem seluler adalah suatu sistem telepon bergerak dimana membagi daerah operasinya menjadi beberapa daerah

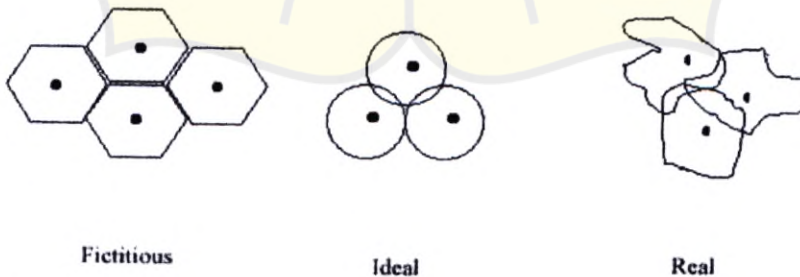
kecil yang disebut sel. Didalam sistem seluler tersebut dilayani oleh seperangkat radio yang terdiri dari pemancar, penerima dan antena.

Dalam sistem telepon seluler terdapat beberapa konsep, antara lain : sel, *frequency reuse* dan *handoff*.

### 2.2.1. Sel

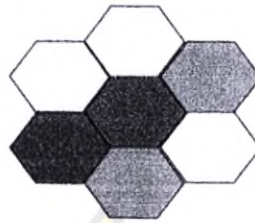
Sel didefinisikan sebagai daerah individual yang ditangani oleh suatu site, yang masing-masing menempatkan sekelompok kanal – kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Secara teori bentuk sel berbentuk lingkaran, tetapi kenyataannya bentuk sel tidak ada yang ideal karena besarnya ukuran sel dalam satu area cakupan dipengaruhi beberapa faktor seperti :

- Kapasitas trafik pada daerah cakupan.
- Topologi daerah cakupan dengan memperhatikan halangan seperti gunung, bukit dan bangunan.
- Tinggi dan tempat kedudukan antena untuk mencapai cakupan yang maksimum ( karakteristik antena ).
- Daya pancar dan sensitivitas penerima baik pada unit bergerak maupun stasiun tempat kedudukan sel ( nilai *threshold* untuk *handoff* dan *release* panggilan ).



Gambar 2.2 *coverage* sel secara teori, ideal, dan kenyataannya

Sel – sel saling berhubungan membentuk susunan sel – sel yang saling berkaitan satu sama lain sehingga tidak ada celah kosong. Kumpulan sel – sel dalam satu kelompok tertentu dinamakan *cluster* seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 Kelompok sel ( *Cluster* )

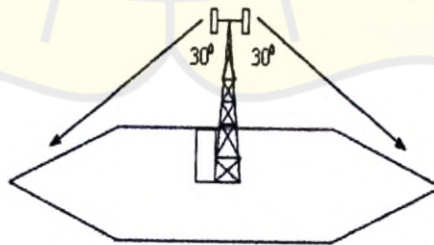
Terdapat banyak sel, dimana dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Sel berdasarkan arah pancaran sinyal

Pada jenis sel berdasarkan arah pancaran sinyal terdapat 2 macam tipe sel dimana hal ini berdasarkan dari jenis antena yang digunakan, yaitu :

a. Sel Omnidirectinal

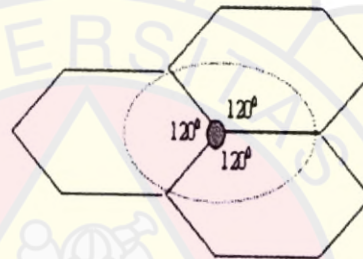
Untuk sel Omnidirectinal pada proses pancaran sinyalnya menggunakan jenis antena Omnidirectinal dimana antena ini memancarkan radiasi sama ke semua arah. Maka untuk mampu mencakup semua area maka antena harus diletakkan ditengah – tengah sel, bentuk dari sel Omnidirectinal seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Sel Omnidirectinal

### b. Sektor sel

Pada tipe sektor sel, antena yang digunakan adalah jenis antena direct yaitu antena yang memancarkan radiasi ke arah tertentu. Setiap antena meliputi sektor dari sel dengan membentuk sudut tertentu, misalnya  $120^\circ$  maka diperlukan tiga antena untuk mencakup  $360^\circ$ , dengan pembagian sektor sel pertama dengan sudut  $0^\circ - 120^\circ$ , sektor sel kedua dengan sudut  $120^\circ - 240^\circ$  dan sektor sel ketiga dengan sudut  $240^\circ - 360^\circ$ . Bentuk sel sektor yang terbagi menjadi 3 sektor berbentuk seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Sektor Sel

### 2. Sel berdasarkan luas pancaraannya

Jenis sel berdasarkan luas luas pancarnya terbagi menjadi :

- Sel Makro, untuk sel ini luas jangkauan wilayahnya dapat mencapai 34 km. Sel makro bisa disebut juga *umbrella cell*.
- Sel Mikro, untuk sel ini luas jangkauan wilayahnya sekitar 500 m dan sel ini biasanya disebut juga *infil cell*.

### 2.2.2 Pengulangan Frekuensi ( *Frequency Reuse* )

Konsep pengulangan frekuensi adalah merupakan proses pemakaian kembali frekuensi yang telah digunakan pada daerah tertentu pada daerah lain. Hal ini terjadi

untuk efisiensi spektrum frekuensi yang ada, karena terbatasnya jumlah kanal frekuensi yang ada. Dengan efisiensi spektrum yang ada diharapkan juga untuk dapat melakukan peningkatan kapasitas dimana mampu melayani jumlah pelanggan dalam daerah luas dan tak terbatas. Peningkatan kapasitas ini dapat terjadi karena dengan pengulangan frekuensi suatu kanal frekuensi tertentu dapat melayani sejumlah panggilan pada suatu waktu. Dengan demikian jumlah pelanggan lebih banyak.

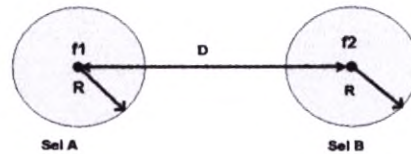
Pada konsep *frequency reuse*, suatu kanal frekuensi tertentu dapat melayani beberapa panggilan pada waktu yang bersamaan. Maka dapat dikatakan penggunaan spektrum frekuensi yang efisien dapat dicapai. Semua frekuensi yang tersedia dapat digunakan oleh tiap-tiap sel, sehingga dapat mencapai kapasitas jumlah pemakai yang besar menggunakan pita frekuensi yang efektif.



Gambar 2.6 Frekuensi Reuse

Pada *frequency reuse*, penggunaan kanal tidak tergantung pada *frequency carrier* yang sama untuk beberapa wilayah cakupan.

Pada gambar 2.7. dapat dilihat penggunaan ulang kanal frekuensi, pada sel a yang menggunakan kanal radio  $f_1$  mempunyai radius  $R$  dapat digunakan ulang pada sel yang berbeda dengan jangkauan yang sama pada jarak  $D$  dari sel yang sebelumnya.

Gambar 2.7 Konsep Frekuensi *Reuse*

### 2.2.3 Proses Pengalihan ( *Handoff* )

Definisi dari *handoff* adalah proses pengalihan penanganan komunikasi sebuah *mobile station* dari suatu BTS ke BTS yang lain. Proses *handoff* ini memungkinkan suatu komunikasi dapat terus berlangsung walaupun pengguna *mobile station* berada dimanapun. Proses pengalihan ini terjadi secara otomatis dimana kanal pembicaraan yang digunakan dipindahlan ke kanal pembicaraan lain.

*Handoff* diperlukan di dalam dua keadaan yaitu apabila *base station* menerima sinyal yang lemah dari *mobile station*, dua keadaan yang dimaksud adalah :

1. Pada saat *mobile station* berada diperbatasan sel, misalkan pada kondisi tersebut level yang diterima oleh sel sebesar  $-100$  dBm, dimana level tersebut adalah merupakan batas untuk mengerjakan *handoff*.
2. Pada saat *mobile station* sedang berada pada daerah yang sangat lemah sinyalnya dalam sel.

gambar 2.8. proses *handoff*



Terlihat pada gambar 2.8, saat *mobile station* bergerak dari suatu tempat ke tempat yang lain atau dari satu sel ke sel yang lain, maka *mobile station* akan dilayani oleh dua buah sel yaitu sel C1 dan C2, jika *mobile* semakin menjauhi C1 dan semakin mendekati C2, maka sinyal dari sel pertama akan melemah dan sinyal dari sel kedua akan semakin menguat. pada saat terjadi pemindahan sel, komunikasi yang dilakukan *mobile station* mengalami penurunan level sinyal dan pengidentifikasi dalam kanal frekuensi dilakukan dari F1 ke F2. *mobile station* akan mendeteksi secara otomatis sel yang melayaninya. Jika terjadi proses handoff dari C1 key C2, *mobile station* dapat mendeteksi secara otomatis dan C2 dapat melayani *mobile station* tersebut.

#### 2.2.4 Pembelahan Sel ( *Cell Splitting* )

Jika suatu waktu sel mengalami peningkatan kepadatan trafik dan kanal frekuensi yang dialokasikan pada sel tersebut tidak dapat menampung lagi panggilan yang ada atau telah mencapai tingkat maksimum dalam pengertian tidak mungkin menambah kanal frekuensi lagi maka perlu dilakukan pembelahan sel dimana sel tersebut dibelah menjadi lebih kecil dari sebelumnya, seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 Pembelahan Sel

Dengan adanya pembelahan sel maka :

$$\text{Radius sel baru} = \frac{\text{Radius sel lama}}{2} \dots\dots\dots( 2-1 )$$

Dari persamaan 2.1. dapat dibuat suatu persamaan

$$\text{Area sel baru} = \frac{\text{Area sel lama}}{4} \dots\dots\dots( 2-2 )$$

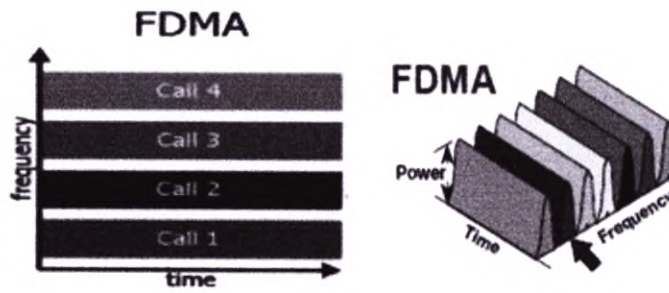
Di samping jarak radius sel yang menjadi kecil, maka besar daya yang dipancarkan oleh BTS pada sel yang baru juga akan lebih kecil. Jadi dengan adanya proses pembelahan sel ini maka akan dapat menambah kapasitas kanal yang dilayani pada suatu sistem telepon bergerak seluler.

### 1.3. Konsep *Multiple Access*

Konsep pengakseskan yang telah dikembangkan pada sistem seluler sekarang ini terdapat 3 yaitu FDMA, TDMA dan CDMA.

#### 1.3.1. FDMA ( *Frequency Division Multiple Access* )

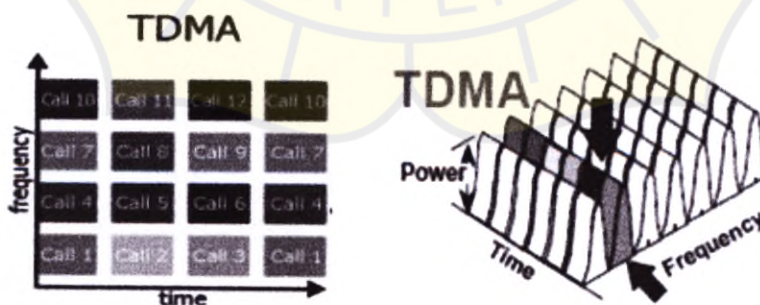
Konsep dari teknologi FDMA adalah setiap kanal pembicaraan menggunakan frekuensi yang berbeda satu dengan yang lainnya. Jadi teknologi FDMA membagi alokasi pada pita spektrum frekuensi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga tiap *user* dibagi dalam frekuensi-frekuensi. Dengan konsep FDMA ini berarti memerlukan *bandwidth* yang besar. Seperti yang terlihat pada gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.10 contoh konsep FDMA

### 1.3.2. TDMA ( *Time Division Multiple Access* )

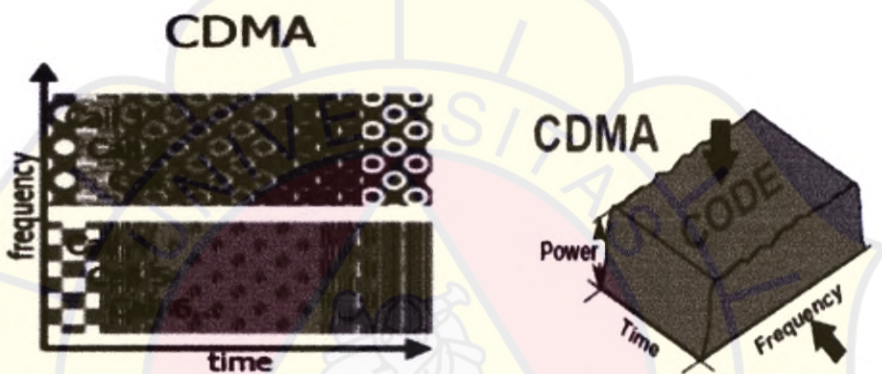
*Global System for Mobile Communication* TDMA ( *Time Division Multiple Access* ) merupakan metode pengembangan dari FDMA yakni setiap kanal frekuensi masih dibagi dalam slot waktu sekitar 10 ms. Data pada setiap hubungan komunikasi diubah dalam format digital dengan waktu pencuplikan data (*sampling*) 30 ms. Data cuplikan dari tiga hubungan Komunikasi selanjutnya ditempatkan pada sebuah antrian penggunaan kanal frekuensi. Masing-masing data cuplikan akan mendapat sebuah slot waktu untuk pengiriman pada kanal. Metode TDMA digunakan pada jaringan GSM. Seperti yang terlihat pada gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 contoh konsep TDMA

### 2.3.3 CDMA ( Code Division Multiple Access )

CDMA ( *Code Division Multiple Access* ) merupakan metode *multiplexing* yang paling canggih dan rumit. Seluruh daerah frekuensi digunakan bersama-sama tanpa pembagian kanal. Untuk membedakan antara masing-masing hubungan digunakan sistem pengkodean dengan modulasi frekuensi (pengubahan pola frekuensi pembawa) secara unik untuk masing-masing hubungan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



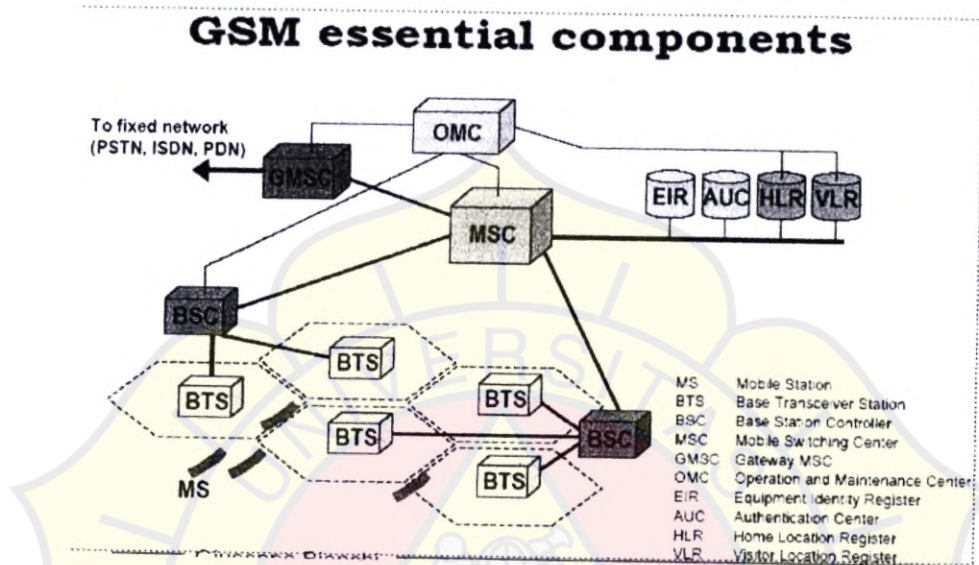
Gambar 2.12 contoh konsep CDMA

### 1.4. Sistem Seluler GSM

Sistem komunikasi GSM adalah sistem komunikasi bergerak seluler dengan standar sistem digital, yang berdasarkan pada konsep TDMA ( *Time Division Multiple Access* ) dalam mentransmisikan sinyal-sinyal pembawa secara digital. Dalam sistem TDMA setiap pengguna diberikan alokasi time slot tertentu sebagai sebuah kanal komunikasi pada potongan spektrum frekuensi yang telah dialokasikan sehingga aliran informasi tidak kontinyu atau terpotong-potong pada setiap slot waktu.

### 2.4.1. Arsitektur Sistem GSM

Secara struktur bahwa sistem GSM terdiri atas bagian-bagian yang saling berhubungan dan terkait. Bagian-bagian itu membentuk suatu kesatuan dimana setiap bagian tersebut mempunyai fungsi dan peranan tersendiri.



Gambar 2.13 Arsitektur GSM

### 2.4.2. Perangkat Arsitektur

#### 1. Mobile station

*Mobile station* merupakan peralatan *mobile* yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat melakukan komunikasi, namun peralatan *mobile* ini tidak akan bisa berfungsi tanpa adanya *smart card* atau yang disebut dengan SIM (*Subscriber Identity module*) card. Perangkat *Mobile station* terdiri dari dua komponen, yaitu ;

1. *Mobile equipment*
2. SIM (*Subscriber Identity module*)

Seluruh identitas pelanggan tersimpan dalam kartu SIM oleh karenanya seorang pelanggan dikenali berdasarkan kartu SIM yang terdapat pada *mobile equipment*. *Mobile Station* akan berhubungan dengan *base station* melalui sebuah kanal radio.



Gambar 2.14 Mobil equipment dan SIM card

## 2, *Base Station Subsystem*

*Base Station* sebagai terminal radio antar muka yang menangani trafik radio key dan dari MS dalam sebuah area tertentu yang disebut sel. BS juga mengawasi kualitas transmisi suara dengan memonitor kekuatan sinyal dan rasio sinyal terhadap gangguan pada proses panggilan yang sedang berlangsung. BSS merupakan suatu sistem yang terdiri dari dua perangkat yaitu :

- ⇒ *Base Tranceiver station* (BTS)
- ⇒ *Base Station Controler* (BSC)

Antar kedua perangkat ini dihubungkan melalui *abis Interface*.

### a. *Base Tranceiver station* (BTS)

BTS merupakan sebuah perangkat *transceiver* yang mendefinisikan sebuah sel, dan juga menangani hubungan radio *link* dengan MS. Sebuah BTS terdiri dari perangkat pemancar dan penerima.

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

*Base Station Controller* mempunyai beberapa fungsi diantaranya adalah

- a. Mengatur sumber radio untuk sebuah BTS atau lebih
- b. Menangani *radio channel setup, frekuensi hopping* dan *handover intern BSC*.

**3. Network Subsystem (NSS)**

NSS mengkombinasikan proses *call routing switches* (oleh MSC dan GMSC) dengan register basis data yang berfungsi untuk tetap menjaga jalur pergerakan pelanggan dan pengguna sistem. *Call routing* antara MSC ke MSC lainnya menggunakan jaringan PSTN ( *Public Switched Telephone Network* ). Atau ISDN yang telah ada.

NSS memiliki elemen-elemen yaitu :

**4. Mobile Switching Center (MSC)**

- a. Melakukan fungsi switching dasar.
- b. Mengatur BSC melalui *A-interface*
- c. Sebagai penghubung antara satu jaringan GSM dengan jaringan lainnya melalui *Internet working Function (IWF)*

**5. Home Location Register (HLR)**

- a. HLR berisi rekaman *data base* permanen dari pelanggan dan merupakan *data base user* yang utama.
- b. HLR juga berisi rekaman lengkap lokasi terkini dari *user*.

**6. Visitor Location Register (VLR)**

- a. VLR berisi *database* sementara dari pelanggan
- b. VLR digunakan untuk pelanggan lokal dan yang sedang melakukan *roaming*.
- c. VLR memiliki pertukaran data yang luas daripada HLR.
- d. VLR diakses oleh MSC untuk setiap panggilan, dan MSC dihubungkan dengan VLR
- e. Setiap MSC terhubung dengan sebuah VLR, tetapi satu VLR dapat terhubung dengan beberapa MSC

#### 7. *Authentication Center (AuC)*

- a. Berisi parameter *Authentication* pelanggan untuk mengakses jaringan GSM.
- b. AuC berisi parameter seperti  $K_i$ , algoritma  $A_3$  atau  $A_8$
- c. AuC memproduksi tiga buah parameter autentikasi seperti (SRES, RAND,  $K_c$ ) dan menyimpannya di VLR.

#### 8. *Equipment Identity Register (EIR).*

- a. EIR merupakan register penyimpan data seluruh *mobile stations*
- b. EIR berisi IMEI (*international Mobile Equipment Identities*), yang merupakan nomor seri perangkat dan tipe kode tertentu
- c. *Mobile Equipment* dibagi menjadi tiga kelompok :
  - *Blacklist*
  - *Grey list*
  - *White list*

\* catatan: EIR belum diterapkan di Indonesia.

#### 9. *Operation and Manintenance Center ( OMC )*



*Operation and Manintenance Center* ( OMC ) mengurus pengoperasian, pengawasan, dan perawatan sistem seluler GSM dengan fungsi pengendalian yang dimonitor dan diawasi di dalam *Operation and Manintenance Center* ( OMC ).

### 1.4.3. Alokasi Frekuensi

Dalam alokasi frekuensi GSM 900 memakai lebar *band* frekuensi 25 MHz disekitar *band* frekuensi 900 MHz. ( *band* frekuensi yang digunakan untuk *up link* dari *mobile station* ke *cell site* ) adalah 890-915 MHz dan untuk *down link* ( dari *cell site* ke *mobile station* ) adalah 935-960 MHz.

*Band* frekuensi tersebut dibagi dalam 124 kanal radio yang masing-masing kanal mempunyai lebar pita 200 KHz. Pada frekuensi GSM 900 setiap kanal dipakai oleh 8 pengguna dan jarak antara frekuensi pembawa yang berpasangan ( *up link* dan *down link* ) atau spasi *duplex* adalah 45 MHz.

Tabel 2.1 Standar frekuensi *Up link* dan *Down link*

Sistem	<i>Up link</i>	<i>Down link</i>
GSM 900	890 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz
GSM 1800	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz
GSM 1900	1850MHz – 1940 MHz	1930 MHz – 1990 MHz

### 1.4.4. Kriteria Kerja Sistem Seluler

Untuk menentukan kualitas pelayanan dalam kriteria kerja dari sistem seluler bergerak secara spesifik yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Cakupan Wilayah ( *coverage* )

Sistem sebaiknya bisa mencakup wilayah seluas mungkin, hal ini tidak dapat dicapai 100 % karena tidak teratur kontur suatu daerah maka untuk mencapai 90 % daerah geografis rata dan 75 % untuk daerah geografis yang berbukit hal tersebut dikarenakan daya yang ditransmisikan sangat tinggi untuk menghilangkan bagian daerah yang lemah dengan penerima yang cukup, hal ini berarti ada faktor biaya tambahan. Bertambah tinggi daya transmisi maka lebih sulit untuk mengontrol factor *interferensi*.

- *Grade Of Service* ( GOS )

GOS didefinisikan sebagai banyaknya panggilan yang tidak berhasil, dibandingkan dengan total jumlah kanal yang tersedia. GOS dapat juga diartikan pula bagian dari panggilan yang gagal selama puncak jam sibuk sehubungan terbatasnya jumlah kanal-kanal RF ( Radio Frekuensi ).

- Jumlah panggilan yang gagal

Rasio panggilan yang gagal harus diusahakan seminimal mungkin karena rasio kegagalan yang tinggi menyebabkan masalah pada kemampuan daya cakupan atau masalah *handoff* yang berhubungan dengan tidak mencukupinya ketersediaan kanal, oleh sebab itu diperlukan perencanaan sistem yang baik dan kanal radio yang cukup.

Adapun kriteria pelayanan khusus yang bisa diberikan kepada pelanggan diusahakan untuk menambah daya saing, misalnya *call waiting*, *automatic roaming*

*box*, yang memberikan pesan lewat telepon saat terpanggil tidak ada, *answering pond* dan lain-lain.

## 2.5. Cakupan Sel ( *Coverage* )

Cakupan radio aktual sebuah sel dinamakan sebagai *foot print* dan ditentukan dari pengukuran medan atau model propagasi. Meskipun pada kenyataannya *foot print* berbentuk tidak beraturan sebuah bentuk geometris yang teratur dibutuhkan untuk disain sistem radio. Bentuk lingkaran tidak mungkin diambil sebagai model cakupan sel karena bisa saja terdapat kekosongan cakupan atau bahkan terdapat *over lap* antara cakupan sel.

Maka ketika mempertimbangkan bentuk geometris untuk memodelkan cakupan sel yang mencakup seluruh daerah tanpa harus terjadi *over lap* dengan area yang sama, terdapat tiga pilihan dasar yaitu, bujur sangkar, segi tiga, dan segi enam. Sebuah sel harus dirancang agar dapat melayani *mobile station* dengan sinyal terlemah di dalam cakupannya yang biasa terletak di tepi sel. Untuk jarak tertentu antara pusat dan tepi terjauh, maka bentuk segi enam memiliki daerah terluas dari bentuk lainnya.

Bentuk segi enam juga mendekati bentuk lingkaran sehingga dipilih bentuk segi enam sebagai model cakupan sel. Berdasarkan nilai radius sel maksimal yang didapat dengan menghitung redaman propagasi ( *path loss* ), maka dapat ditentukan luas area cakupan *site* dengan menggunakan rumus :

A. Untuk antena Omni

$$L = 2,6 \times d^2 \dots\dots\dots ( 2-3 )$$

B. Untuk antena Sektoral

$$L = 1,95 \times d^2 \dots\dots\dots ( 2-4 )$$

Dimana :

L = Luas area cakupan *site heksagonal* ( Km<sup>2</sup> )

d = Jarak terjauh dari pusat ke tepi segi enam ( Km )

Karena satu *site* terdiri dari tiga sektor maka dapat ditentukan luas cakupan tiap sel . ( L<sub>sel</sub> ) untuk antena sektoral dengan menggunakan rumus :

$$L_{sel} = \frac{L_{sel}}{3} \dots\dots\dots ( 2-5 )$$

## 2.6. Propagasi Gelombang Radio

Gelombang elektromagnetik terdiri dari bermacam-macam jenis, salah satunya adalah gelombang radio yang digunakan dalam sistem telekomunikasi seluler sehingga propagasi gelombang radio dapat kita sebut sebagai perambatan gelombang elektromagnetik yang membawa sinyal informasi dari antena pemancar ke antena penerima. Dalam sistem komunikasi seluler BTS dapat berfungsi sebagai antena pemancar maupun antena penerima demikian pula sebaliknya dengan *mobile station* dapat berfungsi sebagai antena pemancar maupun antena penerima hal ini dikarenakan pada sistem komunikasi seluler menggunakan sistem *duplex*.

Proses perambatan gelombang elektromagnetik tersebut menggunakan media transmisi udara ( *atmosfer* ). Proses perambatan gelombang pada media udara dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

- Perambatan langsung

Merupakan perambatan gelombang radio pada ruang bebas dimana gelombang radio tersebut tidak mengalami gangguan seperti penyerapan, pembelokan, pemantulan atau penghambatan.

- Perambatan tidak langsung

Merupakan kebalikan dari perambatan langsung dimana gelombang radio yang diterima pada antena penerima sudah tidak utuh lagi akibat adanya halangan atau gangguan yang menyebabkan terjadinya penyerapan, pembelokan, pemantulan atau penghamburan. Gangguan yang timbul biasanya disebabkan oleh beberapa faktor, seperti :

- a. Pengaruh pepohonan
- b. Pengaruh musim atau iklim
- c. Pengaruh halangan gedung atau dinding

### 2.6.1. Analisis Kalkulasi *Link*

Kalkulasi *Link* disini adalah menganalisa perhitungan jalur transmisi lintasan ( *link* ). Yang di maksud adalah untuk mengetahui parameter – parameter operasi yang digunakan seperti misalnya *Gain* antena, *Effective Isotropic Radiated Power* ( *EIRP* ), *Free Space Loss* ( *FSL* ), *Isotropic Receive Level* ( *IRL* ), *Receive Signal Level* ( *RSL* ) dan *Fade Margin* ( *FM* ).

Kita akan menghitung *free space loss* diantara antenna pemancar dan penerima untuk menentukan frekuensi dan jarak . kemudian kita menghitung *Effective Isotropic Radiated Power* ( EIRP) pada antenna pemancar, EIRP adalah pejumlahan dari *power output* dikurangi *loss line* transmisi ditambah gain antenna semua dalam satuan *decibel*. Ketika kita menambahkan EIRP ke *free space loss* ( dalam dB ), hasilnya adalah *Isotropic Receive Level* ( IRL ). *Gain* antenna penerima ditambahkan terhadap IRL dan dikurangi *Loss line* transmisi maka mendapatkan *receive signal level* ( RSL ).

Dibawah ini adalah parameter – parameter dalam perhitungan analisa jalur transmisi ( *Link* ) :

a. *Gain* Antena

Adalah parameter pokok dalam teknik radio *link* yang biasanya ditunjukkan dalam bentuk *decibel* (dB) dan merupakan penggambaran konsentrasi dari power radiasi dalam memberikan arah. Untuk antenna *Parabolic* tipe *reflector*, *gain* merupakan fungsi dari diameter parabola ( d ) dan frekuensi ( f ). Secara teoritis *gain* antenna ( G ) di tunjukan oleh persamaan :

$$G (dB) = 20 \log f (GHz) + 20 \log d (m) + 17,8 \dots\dots\dots(2.6)$$

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

b. *Effective Isotropic Radiated Power* ( EIRP)

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* antenna dalam dB.

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{EIRP ( dBm )} = P_o + G_t - L_t \dots\dots\dots( 2.7)$$

Dimana :  $P_o$  = *Output power RF transmitter* ( dBm )

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

$L_t$  = redaman saluran transmisi ( dB )

### c. *Free Space Loss* ( FSL )

Redaman ruang bebas atau *free space loss* merupakan penurunan daya gelombang radio selama merambat di ruang bebas. Redaman ini dipengaruhi oleh besar frekuensi dan jarak antara titik pengirim dan penerima. 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 object terdekat.

Dan dinyatakan dalam rumus :

$$\text{FSL} = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 \dots\dots\dots( 2.8 )$$

Dimana :  $\text{FSL}$  = *Free Space Loss* ( dB )

$D$  = Jarak ( Km )

$f$  = Frekuensi ( GHz )

$\lambda$  = Panjang gelombang ( m )

$$c = \text{Kecepatan cahaya ( } 3 \times 10^8 \text{ m/s)}$$

dan dalam decibel dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$FSL (dB) = 20 \log \frac{4\pi f D}{c} = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D \dots\dots\dots( 2-8.1 )$$

Jadi persamaannya :

$$FSL (dB) = 20 \log f (GHz) + 20 \log d (km) + 92,4 \dots\dots\dots( 2-8.2)$$

**d. Isotropic Receive Level ( IRL )**

Adalah batasan RF *power level* pada antenna penerima dan dapat juga dikatakan sebagai power yang diukur pada sebuah *isotropic* antenna penerima.

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$IRL (dBm) = EIRP (dBm) - FSL (dB) \dots\dots\dots( 2-9)$$

Dimana : FSL = Rugi – rugi bebas (dB)

EIRP = Daya pancar antenna *Isotropic* ( dBm )

**e. Receive Signal Level ( RSL )**

RSL (*Receive Signal Level*) adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima ( $RSL \geq R_{th}$ ). Sensitivitas perangkat penerima merupakan kepekaan suatu perangkat pada sisi penerima yang dijadikan ukuran *threshold*. Nilai RSL dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$RSL (dBm) = IRL (dBm) + G_t (dB) - IFL (dB) \dots\dots\dots( 2-10)$$

Dimana : IRL = kemampuan antenna untuk menerima sinyal (dBm)

$G_t$  = daya pancar antenna *Isotropic* ( dBm )

IFL = redaman pada penerima (dB)



**f. Fade Margin ( FM )**

Pada perambatan gelombang radio akan terjadi pemantulan oleh permukaan bumi, sehingga pada penerima akan menerima dua gelombang yaitu gelombang langsung dan gelombang pantul dimana jarak tempuh dan waktu perambatan yang berbeda menimbulkan level daya diterima berbeda pada ujung penerima. Perbedaan level daya terima untuk daya pancar yang tetap ini disebut *fading*. *Fading* adalah fluktuasi amplitudo sinyal. *Fading margin* adalah level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan level sensitivitas penerima. Nilai *fading margin* biasanya sama dengan peluang level *fading* yang terjadi, nilainya tergantung pada kondisi lingkungan dan sistem yang digunakan dan persamaannya yaitu :

$$FM (dB) = RSL (dBm) - Receive Threshold Level (dB) \dots\dots\dots( 2-11)$$

**1.6.2. Standart Propagasi Gelombang (Okumura Hatta )**

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

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa gangguan tersebut dapat berupa penyerapan (redaman), pembelokan, pemantulan, pembiasan, penghamburan, dan peristiwa polarisasi. Berdasarkan hal tersebut dibuat pengelompokan *area* akan bentuk halangan terhadap propagasi yang diklarifikasikan sebagai berikut :

- *Dense Urban Area*

*Density* adalah daerah ini biasanya merupakan daerah distrik bisnis yang padat dimana fisik bangunannya adalah gedung-gedung pencakar langit ( 10 sampai 20 lantai atau lebih ) dan bangunan apartemen yang tinggi dan padat. Kerapatan populasi daerah *Dense Urban* ini adalah lebih dari 20.000 pelanggan permil persegi.

- *Urban Area*

*Urban Area* adalah daerah yang biasanya daerah perkantoran dan pemukiman dimana fisik bangunannya terdiri dari bangunan yang rata-rata memiliki lima sampai sepuluh lantai dan perumahan yang luas serta padat. Kerapatan populasi daerah *urban* ini adalah sekitar 7.500 sampai 20.000 pelanggan permil persegi.

- *Sub Urban Area*

*Sub Urban* adalah daerah yang biasanya merupakan perpaduan dari daerah pemukiman dan bisnis atau perkantoran dimana fisik bangunannya meliputi perumahan yang memiliki dua hingga lima lantai yang tingginya 10-20 meter ( biasanya areal pinggiran kota ). Kerapatan populasi daerah *Sub Urban* sekitar 5000 sampai 7.500 pelanggan permil persegi.

- *Rural Area*

*Rural Area* adalah daerah yang biasanya berupa daerah pertanian yang mempunyai daerah luas terbuka dan pemukiman yang mempunyai ciri khas bangunan yang tidak melebihi dua lantai yang tingginya kurang dari 10 meter

( biasanya areal pedesaan ). Kerapatan populasi daerah *rural* kurang dari 5000 pelanggan permil persegi.

#### 1.6.2.1. Formulasi *Okumara hatta*

Rugi-rugi lintasan pada perambatan gelombang adalah suatu fenomena yang terjadi ketika sinyal yang diterima semakin lama semakin lemah karena bertambahnya jarak antara MS dan BTS. Memprediksi rugi-rugi atau *loss* transmisi dalam sistem telepon bergerak merupakan masalah yang serius karena itulah sejumlah model dan teori telah dikembangkan untuk memprediksi rugi-rugi atau *loss* transmisi. Untuk hubungan komunikasi dengan kondisi tanpa halangan, maka redaman yang berlaku adalah redaman ruang bebas atau *Free Space Loss*.

Sedangkan untuk kondisi ada halangan, dapat dipakai rumus empiris formula *Okumura Hatta*. Formula yang diberikan berbeda-beda, tergantung dari kondisi lingkungan masing-masing daerah yang dilewati oleh gelombang elektrik. Formula itu adalah :

##### **Untuk urban area**

- Untuk frekuensi 400 MHz – 1500 MHz digunakan persamaan :

$$LP (urban) = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_{BTS} - a(h_{MS}) + (44,9 - 6,55 \log h_{BTS}) \log d \dots\dots\dots(2-12)$$

- Untuk frekuensi 1500 MHz – 2000 MHz digunakan persamaan :

$$LP (urban) = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_{BTS} - a(h_{MS}) + (44,9 - 6,55 \log h_{BTS}) \log d \dots\dots\dots(2-13)$$

Dimana :

- LP - *loss* berdasarkan teori okumura hatta ( dB )
- f - *Band frekuensi* pembawa ( MHz )
- $h_{BTS}$  - Tinggi antena *base station* ( meter )
- $h_{MS}$  - Ketinggian antena penerima ( meter )
- d - Jarak antara *mobile station* ke *base station* ( km )
- $a ( h_{MS} )$  - Faktor koreksi untuk ketinggian antena penerima (*mobile station*) ( dB )

#### 1.6.2.2. Faktor koreksi

Perhitungan nilai faktor koreksi untuk ketinggian antena penerima dibedakan menjadi kota kecil atau sedang dan kota besar. Nilai faktor koreksi untuk kota kecil atau sedang dihitung melalui persamaan :

$$a ( h_{MS} ) = ( 1,1 \log f - 0,7 ) \times h_{MS} - ( 1,56 \log f - 0,8 ) \dots\dots\dots( 2-14 )$$

- Nilai faktor koreksi untuk kota besar dihitung dengan cara :

- Untuk  $f \leq 200$  MHz menggunakan persamaan :

$$a ( h_{MS} ) = 8,29 ( \log 1,54 h_{MS} )^2 - 1,1 \dots\dots\dots( 2-14.1 )$$

- Untuk  $f \leq 400$  MHz menggunakan persamaan :

$$a ( h_{MS} ) = 3,2 ( \log 1,75 h_{MS} )^2 - 4,97 \dots\dots\dots( 2-14.2 )$$

#### Untuk sub urban area

Untuk memperoleh redaman ruang bebas ( LP ) pada daerah *sub urban area* dinyatakan terhadap faktor koreksi melalui persamaan:

$$LP ( sub\ urban ) = LP ( urban ) - 2 \{ \log ( f / 28 ) \}^2 - 5,4 \dots\dots\dots(2-15)$$

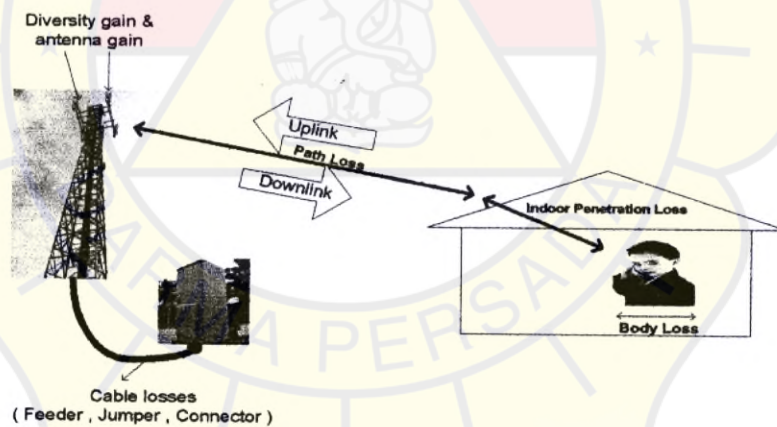
### Untuk rural area

Untuk memperoleh redaman ruang bebas ( LP ) pada daerah *rural area* dinyatakan terhadap faktor koreksi melalui persamaan:

$$LP ( rural ) = LP ( urban ) - 4,78(\log f)^2 + 18,33\log f - 35,94 \dots\dots\dots(2-16)$$

## 2.7. Perhitungan *Link Budget* Pada BTS Dan *Mobile Station*

*Link budget* merupakan besarnya daya yang dipancarkan oleh *transmitter* agar dapat diterima oleh *receiver*. Besarnya *link budget* ditentukan oleh banyak hal, baik dari peralatan yang akan digunakan maupun kondisi alam. Ada dua macam *link budget* yang harus diperhitungkan yaitu : *forward link budget ( down link )* dan *reverse link budget ( up link )*



Gambar 2.15 Konfigurasi komunikasi bergerak

Pada gambar di atas menjelaskan bahwa konfigurasi hubungan komunikasi bergerak sebuah transmisi yang diterima oleh pengguna atau *mobile station* melalui transmisi yang dipancarkan oleh *receiver signal level* pada *antenna gain* BTS dengan

*Transmitter Feeder Loss* adalah besarnya hambatan atau redaman yang terjadi didalam *feeder*.

➤ *Loss Duplexer* ( $L_{\text{Duplexer}}$ )

*Loss Duplexer* adalah *Loss* yang terjadi akibat penggabungan TRX didalam RBS.

➤ *Building Penetration* ( $B_p$ )

Nilai *Building Penetration* merupakan *Loss* yang disebabkan oleh struktur bangunan yang dibuat oleh manusia antara *mobile station* dan *base station*.

➤ *Body Loss* ( $LB$ )

*Body Loss* adalah merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh redaman tubuh akibat dekat dengan antena telepon.

➤ *Receiver Feeder Loss* ( $L_{\text{feeder MS}}$ )

*Receiver Feeder Loss* adalah besarnya *loss* pada kabel penghubung antena *mobile station*.

❖ Bersama besarnya daya yang diperoleh MS atau *Down Link* melalui persamaan :

$$P_{\text{in MS}} = P_{\text{out BTS}} + G_{\text{MS}} - LP + G_{\text{BTS}} - L_{\text{feeder}} + L_{\text{jumper}} + L_{\text{Conector BTS}} - L_{\text{duplexer BTS}} - B_p - LB - L_{\text{feeder MS}} \dots \dots \dots (2-17)$$

Dimana :

$P_{\text{in MS}}$  - Daya yang dapat diterima MS ( dBm )

$P_{\text{out BTS}}$  - *Transmitter Power Ouput* pada BTS ( dBm )

$L_{\text{duplexer BTS}}$  - *Loss Duplexer* pada BTS ( dB )

$G_{BTS}$	-	<i>Receiver Antena Gain</i> pada BTS ( dBi )
LP	-	<i>Path Loss</i> ( dB )
Bp	-	<i>Building Penetration Loss</i> pada MS ( dB )
LB	-	<i>Body Loss</i> pada MS ( dB )
$L_{L_{feeder\ MS}}$	-	<i>Loss Feeder</i> pada MS ( dB )
$G_{MS}$	-	<i>Receiver Antena Gain</i> pada MS ( dBi )
$L_{feeder} + L_{jumper} + L_{Conector\ BTS}$	-	<i>Loss Feeder, Jumper, Connector</i> pada BTS ( dB )

### 1.7.2. Daya Pancar *Mobile Station* Terhadap BTS ( *Up Link* )

*Reverse Link Budget* atau *Up Link* adalah daya maksimal yang digunakan oleh *mobile station* agar dapat berkomunikasi terhadap BTS. Nama lain dari *Reverse Link Budget* adalah *Maximum Allowable Path Loss (MAPL)*. Untuk menghitung daya pancar yang digunakan untuk mengkaver *mobile station* diperlukan beberapa parameter, yaitu :

➤ *Body Loss* ( LB )

*Body Loss* adalah merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh redaman tubuh akibat dekat dengan antena telepon.

➤ *Building Penetration* ( Bp )

Nilai *Building Penetration* merupakan *Loss* yang disebabkan oleh struktur bangunan yang dibuat oleh manusia antara *mobile station* dan *base station*.

➤ *Path Loss* ( PL )

*Path Loss* adalah parameter tambahan karena kondisi tiap daerah berbeda satu dengan yang lainnya. Persamaan yang digunakan adalah Okumura Hatta

➤ *Receiver Antena Gain* (  $G_{RX}$  )

*Receiver Antena Gain* adalah besar penguatan yang terjadi pada antenna BTS

➤ *Receiver Diversity Gain* (  $G_d$  )

*Receiver Diversity Gain* adalah penguatan jika terjadi penurunan daya penerima akibat terjadi *Loss* pada saat *transmit* dari MS ke BTS fungsi dari antenna ini adalah sebagai cadangan pada saat tertentu saja.

➤ *Loss Duplexer* (  $L_{Duplexer}$  )

*Loss Duplexer* adalah *Loss* yang terjadi akibat penggabungan TRX didalam RBS.

➤ *Transmitter Feeder Loss, Jumper, Connector* (  $L_{feeder} + L_{jumper} + L_{Conector\ BTS}$  )

*Transmitter Feeder Loss* adalah besarnya hambatan atau redaman yang terjadi didalam *feeder*.

❖ Melalui besarnya daya yang diperoleh BTS atau *Up Link* melalui persamaan :

$$P_{in\ MS} = P_{out\ MS} - L_{feeder\ MS} + G_{MS} - LB - Bp - LP + G_{BTS} + G_d - L_{Duplexer\ BTS} - L_{feeder} + L_{jumper} + L_{Conector\ BTS} \dots \dots \dots (2-18)$$

Dimana :

- $P_{in\ MS}$  - Daya yang dapat diterima MS ( dBm )
- $P_{out\ MS}$  - *Transmitter Power Ouput* pada MS ( dBm )
- $L_{feeder\ MS}$  - *Loss Feeder* pada MS ( dB )
- $G_{MS}$  - *Receiver Antena Gain* pada MS ( dBi )



- $LP$  - *Path Loss* ( dB )
- $Bp$  - *Building Penetration Loss* pada MS ( dB )
- $LB$  - *Body Loss* pada MS ( dB )
- $G_{BTS}$  - *Receiver Antena Gain* pada BTS ( dBi )
- $Gd_{BTS}$  - *Receiver Antena Diversity Gain* pada BTS ( dB )
- $L_{Duplexer\ BTS}$  - *Loss Duplexer* pada BTS ( dB )
- $L_{feeder} + L_{jumper} + L_{Conector\ BTS}$  - *Loss Feeder, Jumper, Connector* pada BTS ( dB )

