

## BAB II

### SISTEM KOMUNIKASI SELULER

#### 2.1 Dasar Sistem Seluler

Menurut ketentuan yang dikeluarkan FCC ( *Federal Communication Commission* ), sistem 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 ( *reuse frequency* )

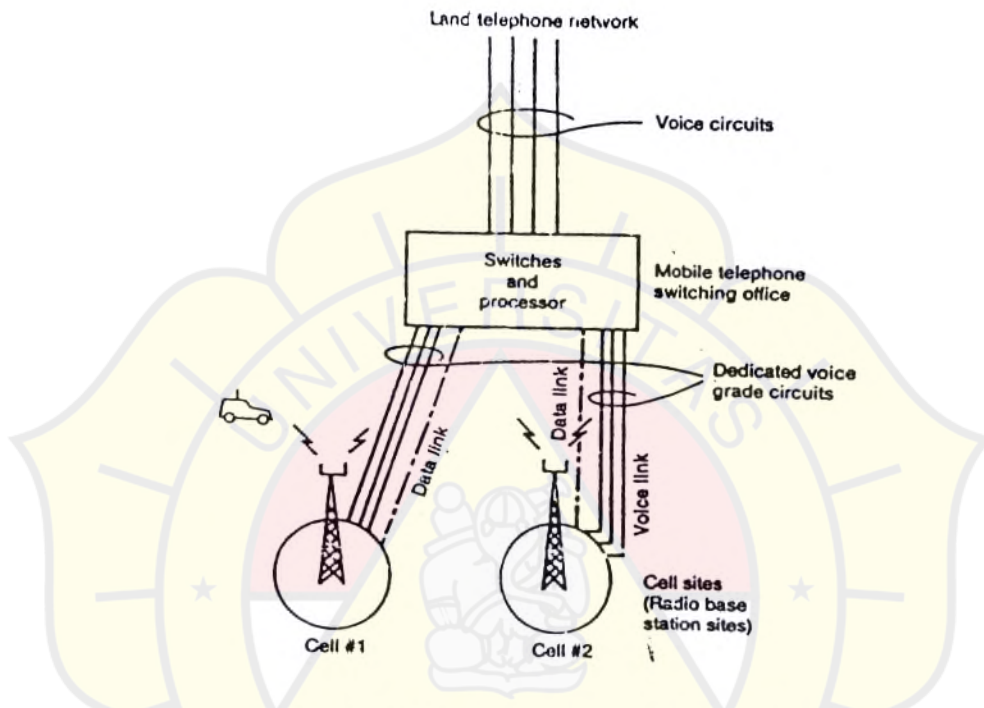
Dengan *reuse frequency* memungkinkan penggunaan kembali frekuensi yang sudah digunakan pada sel lain. Pengulangan frekuensi tidak boleh digunakan pada jarak yang berdekatan untuk mencegah terjadinya interferensi *co-channel*. Dengan pengulangan frekuensi ini sistem selular tidak pernah kehabisan kanal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

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

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

Sistem selular pada dasarnya terbagi atas 3 bagian penting, yaitu *Mobile*

*unit, Cell Unit dan Mobile Telephone Switching Office ( MSTO ). Ketiga bagian tersebut terdapat pada gambar 2.1. dibawah ini*



Gambar 2.1. Tiga 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 MSTO dan *mobile unit*. Pada *cell site* terdapat sebuah *control unit*, *cabine radio*, antena, pembangkit tenaga listrik dan terminal data.

c. MSTO ( *Mobile Telephone Switching Office* )

MSTO adalah pusat penyambungan ( *switching* ) dan pusat koordinasi untuk semua *cell site* ( *BTS* ). Pada MSTO terdapat seluler processor dan seluler *switch*. MSTO berfungsi mengontrol proses panggilan, menangani aktifitas pembiayaan dan menjadi *interface* untuk hubungan dengan PSTN.

MSTO merupakan jantung dari sistem *mobile* seluler. *Cellular processor* pada MSTO berfungsi mengadakan koordinasi pusat dan administrasi seluler. Sedangkan *cellular switch* menyalurkan panggilan untuk menghubungkan pelanggan *mobile* dengan pelanggan *mobile* lainnya maupun dengan PSTN. Untuk koneksi tersebut digunakan *voice trunk* seperti yang digunakan pada hubungan antar sentral telepon pada jaringan telepon kabel. *Data link* pada sistem seluler digunakan untuk menyediakan *link* pengawasan antara *processor* dan *switch* pada MSTO dan antara *cell site* dengan *processor*. *Data link* berkecepatan tinggi itu tidak dapat ditransmisikan melalui *trunk* telepon *standart*, tetapi harus melalui *link microwave* yang membawa sinyal suara dan data antara *sell site* dan MSTO.

## 2.2 Konsep Sistem Telepon Seluler

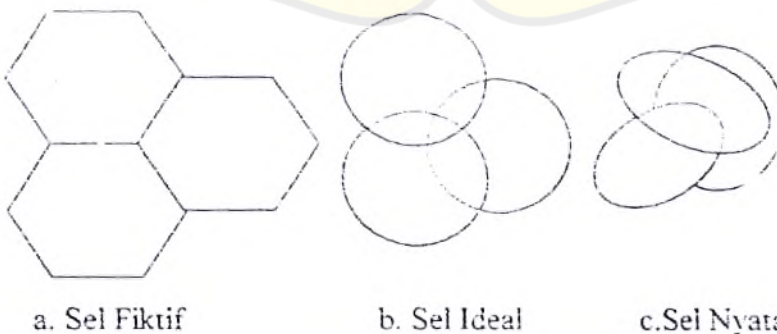
Pada prinsipnya yang dimaksud dengan sistem selular adalah suatu sistem telepon bergerak dimana membagi daerah oprasinya menjadi beberapa daerah kecil yang disebut sel. Di dalam sistem selular tersebut dilayani oleh seperangkat radio yang terdiri dari pemancar, penerima dan antena.

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

### 2.2.1 Sel

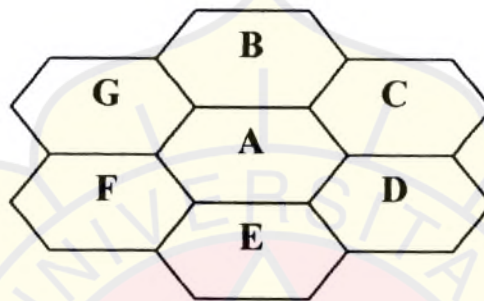
Sel didefinisikan sebagai daerah layanan individual yang dilayani oleh suatu *site*, yang masing-masing menempatkan sekelompok kanal-kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Seperti gambar 2.2 suatu sel secara ideal digambarkan berbentuk haksagonal, secara teori bentuk sel berbentuk lingkaran, tetapi pada kenyataanya bentuk sel tidak ada yang ideal karena besarnya ukuran sel dalam satu *area* cakupan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti :

1. Kapasitas trafik pada *area* cakupan
2. Topologi *area* cakupan dengan memperhatikan halangan seperti gunung, bukit dan bangunan.
3. Tinggi dan tempat kedudukan antena untuk mencapai tempat yang maksimum ( karakteristik antena )
4. Daya pancar dan sensitivitas penerima baik unit bergerak maupun stasiun tempat kedudukan sel.



Gambar 2.2. Gambar *coverage* sel secara teori, ideal dan kenyataanya.

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



Gambar 2.3. Kelompok Sel (*Cluster*)

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

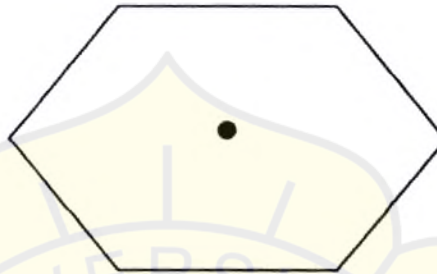
1. Sel berdasarkan arah pancaran sinyal.

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

- a. Sel *Omnidirectional*.

Untuk sel *omnidirectional* pada proses pancaran sinyalnya menggunakan jenis antena *omnidirectional* dimana antena ini memancarkan radiasi sama ke semua arah. Maka untuk mampu mencakup semua *area* maka antena harus diletakan ditengah-

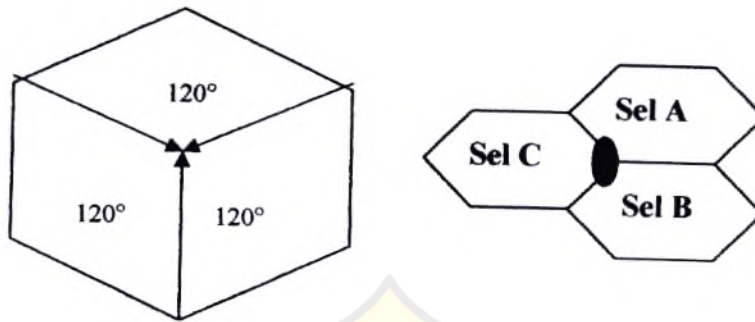
tengah sel, bentuk dari sel *omnidirectional* seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.4. Sel *Omnidirectional*

b. Sektor Sel

Pada tipe sektor sel, antena yang digunakan adalah jenis antena *direct* yaitu antena yang memancarkan radiasi ke satu arah tertentu. Setiap antena meliputi sektor dari sel dengan membentuk sudut tertentu, misalnya  $120^\circ$  maka diperlukan tiga antena untuk dapat mencakup daerah  $360^\circ$ , 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. Gambar Sel Sektor

## 2. Sel berdasarkan luas pancarannya

Jenis sel berdasarkan luas pancarnya terbagi menjadi :

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

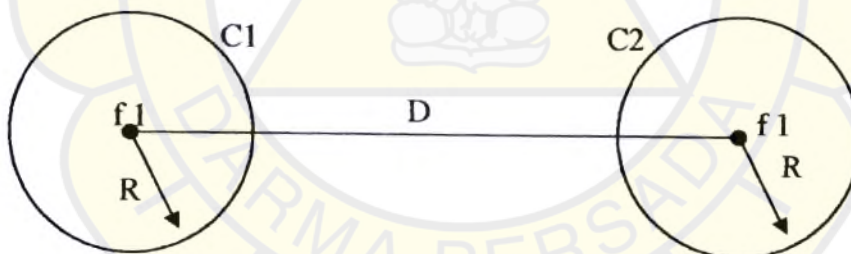
### 2.2.2 Pengulangan Frekuensi ( *Frequency Reuse* )

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.

Dalam penerapannya, pengulangan frekuensi bukanlah suatu hal yang mudah untuk dilakukan karena ada beberapa parameter penting yang harus diperhatikan untuk menerapkan hal tersebut. Penerapan pengulangan frekuensi harus memperhatikan jarak pemisah relatif terhadap radius sel. Hal ini adalah salah satu parameter yang dapat kita sebut sebagai D/R ratio yaitu perbandingan jarak antara *cell site* yang menggunakan frekuensi yang sama dengan radius sel. Perbandingan D/R tergambar pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6. Gambar *Ratio D/R*

Pada gambar diatas, kanal radio  $f_1$  digunakan pada sel C1 dengan radius cakupan R. Kemudian kanal radio tersebut digunakan kembali pada sel lain C2 dengan radius cakupan yang sama.

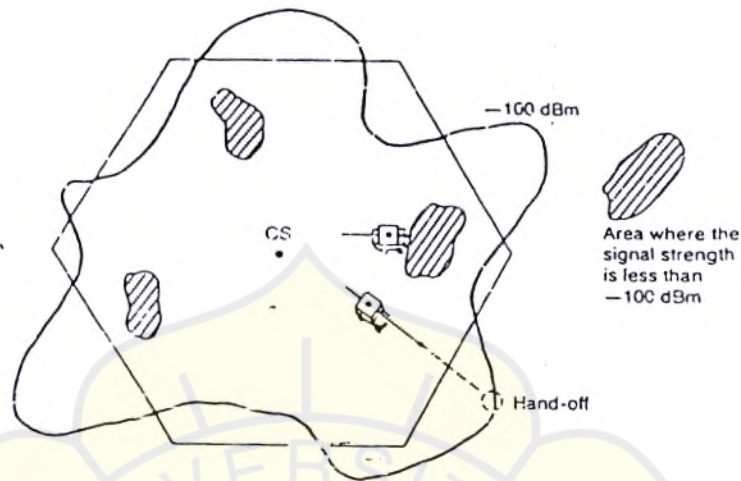
### 2.2.3 Proses pengalihan ( *Handoff* )

Definisi dari *handoff* adalah kegiatan untuk mentransferkan komunikasi sebuah *mobile station* dari suatu BTS ke BTS lain. Dengan kata lain *handoff* adalah suatu proses yang memungkinkan suatu pembicaraan yang sedang berlangsung dapat terus dilakukan walaupun terjadi pemindahan dari kedudukan terminal bergerak dari satu sel ke sel lainnya. Proses pemindahan ini dilakukan secara otomatis dimana kanal pembicaraan yang digunakan dipindahkan ke kanal pembicaraan yang lainnya sehingga tidak terjadi pemutusan hubungan pembicaraan.

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

Gambaran kedua keadaan *handoff* tersebut, terdapat seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.7. Gambar *Handoff*

Terdapat dua macam tipe *handoff*, yaitu :

1. Berdasarkan kekuatan level sinyal.

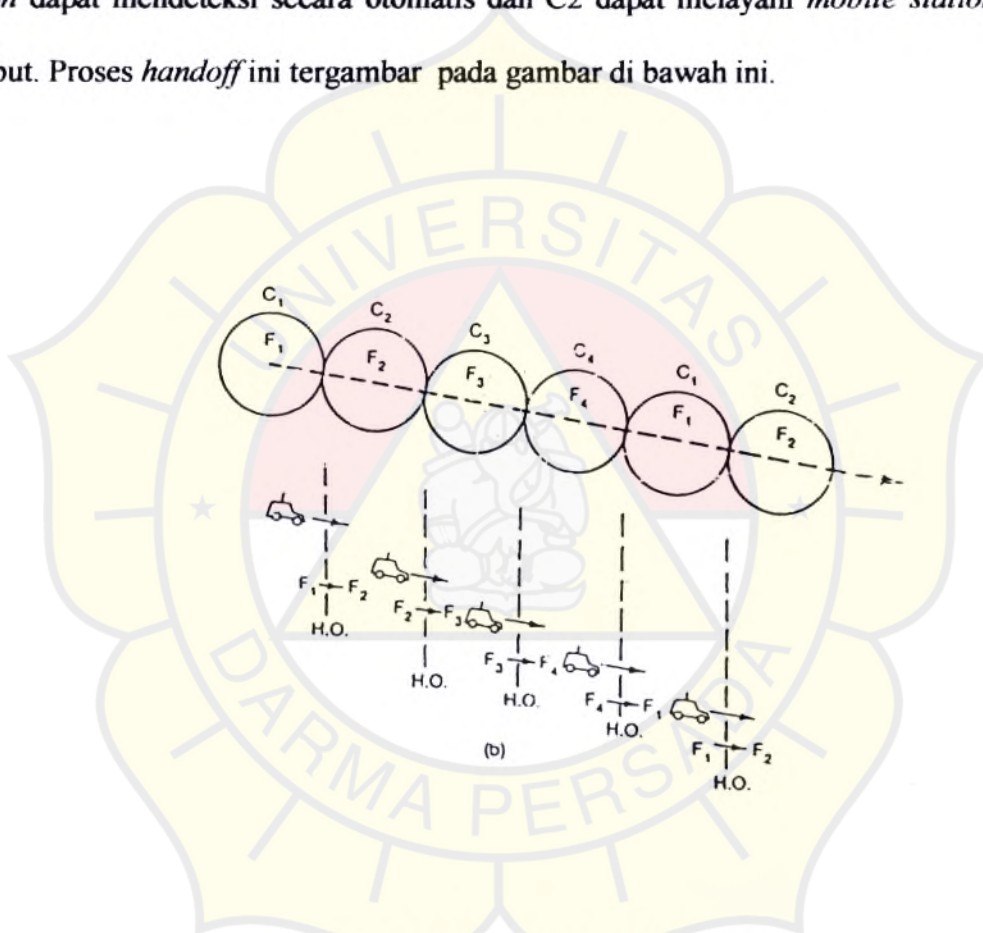
Pada level awal kekuatan sinyal *handoff* adalah -100 dBm pada batas suara dan -95 dBm pada sistem batas *interferensi* ( gangguan ).

2. Berdasarkan rasio *C/I* yaitu perbandingan nilai *carrier* terhadap *interferensi*.

Nilai *C/I* pada batas sel *handoff* sebaiknya 18 dB dengan tujuan untuk memperoleh kualitas suara yang baik.

Saat *mobile station* bergerak dari tempat ke tempat lain atau dari satu sel ke sel lain maka *mobile station* akan dilayani oleh dua buah sel yaitu sel C1 dan C2. jika *mobile station* terus bergerak menjauhi C1 dan semakin mendekati C2 maka sinyal dari sel pertama akan semakin kecil dan sinyal dari sel kedua akan

semakin besar. Pada saat terjadi pemindahan sel, komunikasi yang dilakukan *mobile station* mengalami penurunan level sinyal dan pengidentifikasian dalam kanal frekuensi dilakukan dari  $F_1$  ke  $F_2$ . *mobile station* akan mendeteksi secara otomatis sel yang melayaninya. Jika terjadi proses *handoff* dari  $C_1$  ke  $C_2$ , *mobile station* dapat mendeteksi secara otomatis dan  $C_2$  dapat melayani *mobile station* tersebut. Proses *handoff* ini tergambar pada gambar di bawah ini.

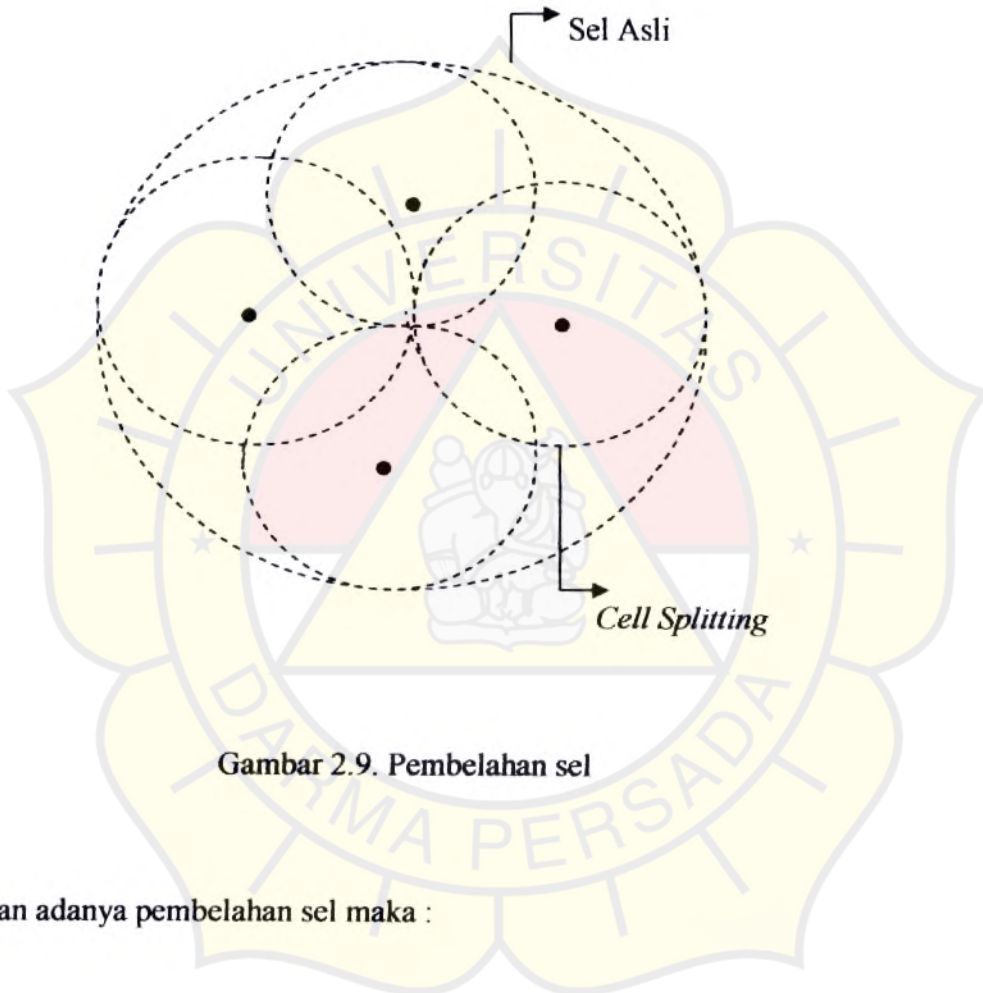


Gambar 2.8. Gambar proses *handoff*.

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

Jika pada suatu waktu, pada suatu sel terjadi 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 di bawah 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 dapat menambah kapasitas kanal yang dilayani pada suatu sistem telepon bergerak seluler.

### 2.3 Sistem Seluler GSM

Sistem GSM merupakan sistem seluler berbasis digital yang dikembangkan di Eropa. Pada tahun 1991 memulai “*Memorandum of Understanding (MOU)*” yang ditandatangani oleh 19 negara Eropa, sistem GSM mulai diperkenalkan dan mulai saat itu dijadikan *standart* komunikasi untuk negara-negara Eropa.

Pengembangan sistem GSM di Eropa begitu pesat. Beberapa faktor yang membantu pengembangan GSM tersebut adalah :

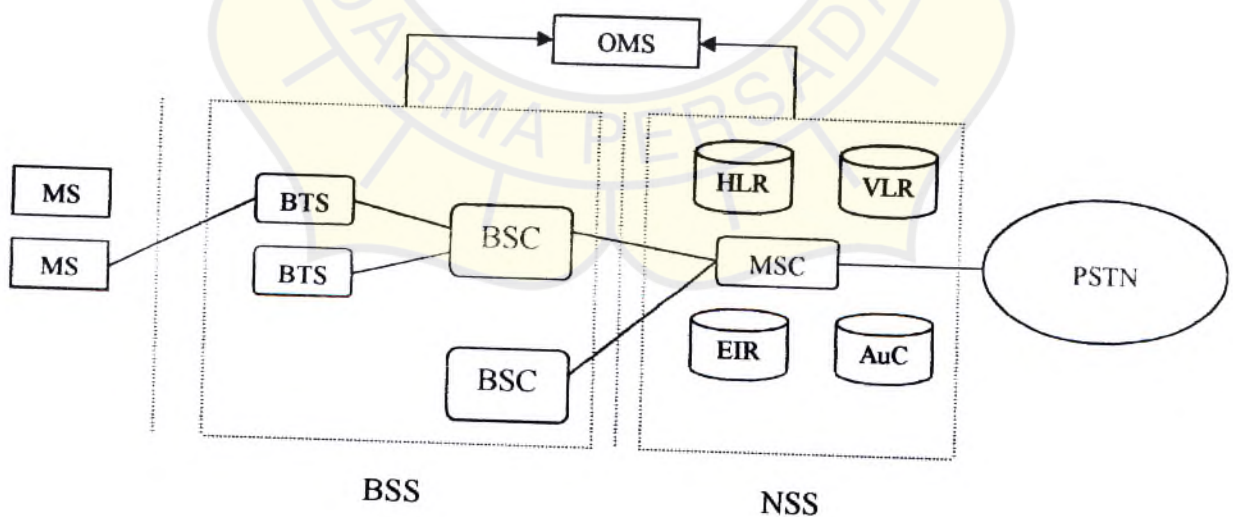
1. Diperlukan untuk adanya suatu *standart* komunikasi yang sama.
2. Diperlukan untuk *international roaming*.
3. Diperlukan untuk kapasitas yang lebih besar.
4. Tuntutan atau permintaan akan pelayanan yang lebih.
5. Tuntutan atau permintaan akan harga peralatan yang lebih rendah.

Untuk masa sekarang dan ke depan, sistem GSM bukan hanya digunakan oleh negara-negara Eropa tapi hampir semua negara-negara di dunia menggunakan sistem ini.

Frekuensi yang digunakan oleh sistem GSM dibagi menjadi dua karena sistem selular menggunakan sistem *duplex*. Frekuensi untuk *up-link* menggunakan frekuensi 890-915 dan frekuensi untuk *down-link* 935-960 MHz. frekuensi *up-link* adalah frekuensi yang digunakan oleh unit bergerak untuk memancarkan sinyal dan frekuensi *down-link* adalah frekuensi yang digunakan oleh stasiun tempat kedudukan sel untuk memancarkan sinyal.

### 2.3.1 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. Secara hirarki struktur GSM dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10. Arsitektur Sistem GSM

Sistem GSM dapat dibagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. *Mobile Station Subsystem ( MSS )*
2. *Base Station Subsystem ( BSS )*
3. *Network dan System Switching ( NSS )*
4. *Operation & Maintenance System ( OMS )*

#### **2.3.1.1 Mobile Station Subsystem ( MSS )**

*Mobile station* merupakan peralatan *mobile ( ME )* yang digunakan oleh pelanggan untuk berkomunikasi dengan sistem, seperti telepon genggam dan telepon mobil namun demikian untuk dapat bergabung ke dalam sistem harus menggunakan *smart card* yang disebut dengan *Subscriber Identity Module (SIM)*. Seluruh identitas pelanggan tersimpan dalam kartu SIM oleh karenanya seorang pelanggan tidak ditentukan berdasarkan perangkat telepon tetapi berdasarkan kartu SIM yang dimilikinya.

*Mobile Station* dihubungkan dengan *base station* melalui sebuah kanal radio sehingga keluar dari MS harus tersedia cukup setiap waktu untuk memungkinkan BS untuk memantau sinyal.

#### **2.3.1.2 Base Station Subsystem ( BSS )**

*Base Station ( BS )* sebagai terminal radio jaringan antar muka yang menangani trafik radio ke 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.

BS merupakan suatu sistem yang terdiri dari dua bagian yaitu *Base Station Transceiver ( BTS )* dan *Base Station Controller ( BSC )*. BTS berfungsi sebagai jaringan antar muka dengan terminal bergerak melalui perangkat pendukung antenna pemancar penerima sedangkan BSC mengontrol tiap panggilan dan mengawasi jaringan dari kesalahan BTS. Kedua komponen ini dihubungkan melalui jaringan fisik *Abis Interface*.

### 2.3.1.3 *Network And Switching Subsystem ( NSS )*

NSS ini melakukan fungsi *switching* dari MS atau jaringan tetap yang dihubungkan untuk menghubungkan MS ke jaringan tetap atau ke jaringan radio lainnya selain itu juga mengatur data *base* pelanggan dan jaringan.

*Network system* terdiri dari 5 komponen yang mempunyai fungsional yang berbeda. Komponen utama dari sistem *switching* adalah *Mobile Services Switching Centre ( MSC )*. MSC berfungsi sebagai pusat pengontrolan dari seluruh komponen dalam sistem dimana mengatur jalannya komunikasi yaitu keluar masuknya percakapan, mengatur proses penyambungan dan juga bertindak sebagai *interface* antara jaringan selular dengan jaringan PSTN.

Komponen-komponen lainnya terintegrasi di dalam MSC, yaitu :

1. *Visitor Location Register ( VLR ) Visitor Location Register* bertindak sebagai data *base* yang bertindak dinamis atau sementara karena berisikan data semua pelanggan yang *roaming* dalam area suatu MSC.

2. *Home Location Register ( HRL )*

*Home Locatio Register* bersifat permanen dimana merupakan pusat informasi karena berisikan data dari seluruh pelanggan.

3. *Authentication Centre ( AuC )*

*Authenticatio Center* merupakan fasilitas keamanan dimana menjamin kerahasiaan pelanggan di dalam sistem.

4. *Equipment Identy Register*

*Equipment Identy Register* berisikan informasi dari peralatan *Mobile Station* di dalam sistem.

**2.3.1.4 Operation And Maintanance Subsystem ( OMS )**

*Operation and Maintanance Subsystem ( OMS )* mengurus pengoperasian, pengawasan dan perawatan sistem selular GSM dengan fungsi pengendalian yang dimonitor dan diawasi di dalam *Operation Maintanance Subsystem ( OMS )*.

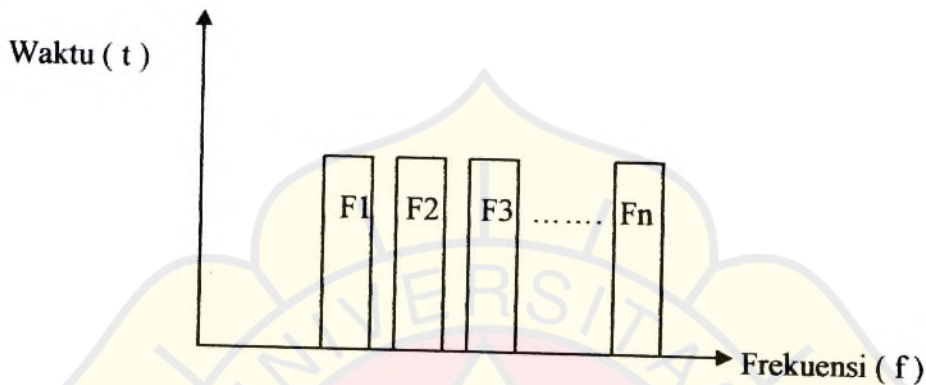
**2.4 Konsep Multiple Access**

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

**2.4.1 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 pita spektrum frekuensi menjadi bagian-bagian yang

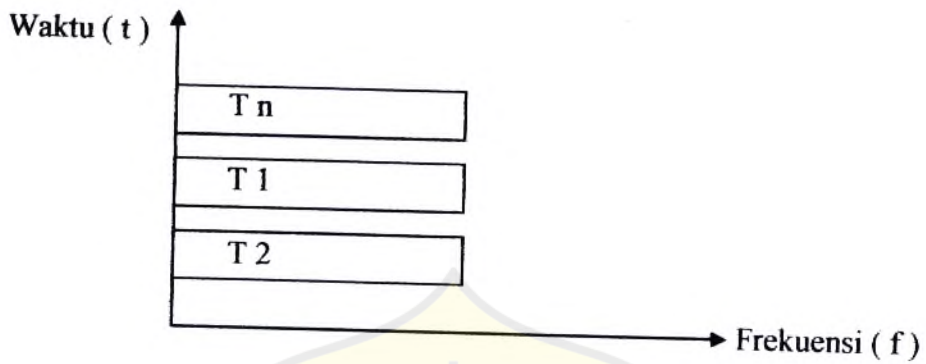
lebih kecil sehingga tiap *user* dibagi dalam frekuensi-frekuensi. Dengan konsep FDMA ini berarti memerlukan *bandwidth* yang besar.



Gambar 2.11. Contoh gambar konsep FDMA

#### 2.4.2 TDMA ( *Time Division Multiple Access* )

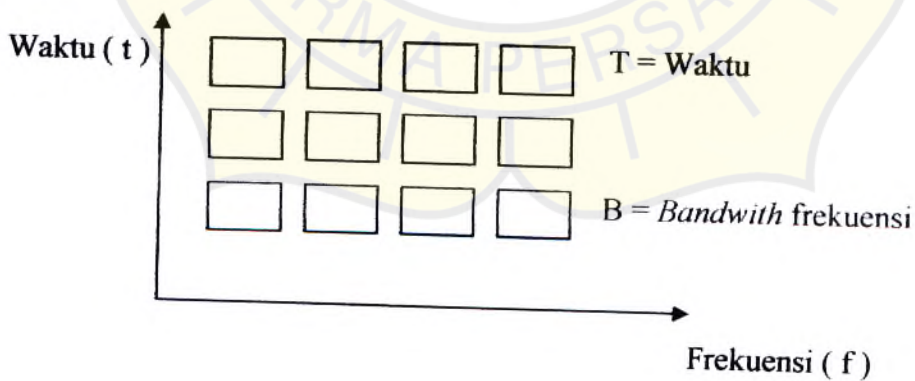
Pembagian kanal dalam ( *Time Division Multiple Access* ) TDMA adalah berdasarkan pembagian waktu. Beberapa *user* dapat menggunakan kanal frekuensi yang sama, tapi mereka dibagi dalam *time slot-time slot* sehingga aliran informasi tidak kontinu tetapi terpotong-potong pada setiap *time slot*. Karena selang antar *time slot* sangat pendek sehingga yang terdengar oleh *user* seperti aliran yang kontinu. Dengan konsep ini penggunaan *resource* lebih hemat dibanding FDMA. Teknologi TDMA dan FDMA digunakan pada teknologi GSM ( *Global System for Mobile communication* ).



Gambar 2.12. Contoh gambar konsep TDMA

### 2.4.3 CDMA (Code Division Multiple Access)

Pada teknologi CDMA, pembagian kanal berdasarkan kode sehingga beberapa *user* dapat menggunakan frekuensi dan *time slot* yang sama dan dalam waktu yang bersamaan.



Gambar 2.13. Contoh gambar CDMA

## 2.5 Alokasi Frekuensi

Dalam alokasi frekuensi GSM 900 memakai lebar *band* frekuensi 25 MHz di sekitar *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.

## 2.6 Kriteria Kerja Sistem Seluler

Ada beberapa kategori untuk kriteria kerja dari sistem seluler bergerak secara spesifik.

### 1. Kualitas pelayanan

Untuk menentukan kualitas pelayanan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

#### - Cakupan Wilayah ( *Coverage* )

Sistem sebaiknya bisa mencakup wilayah seluas mungkin, hal ini tidak dapat dicapai 100 % karena ketidakraturan kontur suatu daerah maka diusahakan 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 faktor 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 dengan terbatasnya jumlah kanal-kanal RF. Pada pelayanan sistem selular, sistem didesain berdasarkan GOS 2% atau lebih. GOS 2% berarti bahwa seorang pelanggan akan mendapat rata-rata 98% kanal tersedia selama puncak jam sibuk untuk masuk ke dalam sistem atau dari 100 panggilan dalam waktu yang bersamaan terdapat dua panggilan yang gagal.

- 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.

2. Kualitas layanan khusus

Pelayanan khusus yang bisa diberikan kepada pelanggan diusahakan untuk menambah daya saing, misalnya *call waiting*, *automatic roving spot*, *mail box* yang memberikan pesan lewat telepon saat terpanggil tidak ada, *answering pond* an lain-lain.

## 2.7 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* dan dengan area yang sama, terdapat tiga pilihan dasar yaitu, bujur sangkar, segi tiga, dan segi enam. Sebuah sel harus dirancang agar dapat melayani MS dengan sinyal terlemah di dalam cakupannya yang biasanya terletak di tepi sel. Untuk jarak tertentu antara pusat dan tepi terjauh, maka bentuk segi enam memiliki daerah terluas dari dua 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 propagansi (*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 sektorisasi

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

Dimana :

$L$  = Luas *area* cakupan *site* heksagonal (  $Km^2$  )

$d$  = Jarak terjauh dari pusat ke tepi segi enam (  $Km^2$  )

Karena satu *site* terdiri dari tiga sektor maka dapat ditentukan luas cakupan tiap sel (  $L_{sel}$  ) untuk antena sektorisasi dengan menggunakan rumus:

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

## 2.8 Propagasi Gelombang Radio

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

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



### 1. Perambatan langsung

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

### 2. 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/iklim
- c. Pengaruh halangan gedung/dinding

#### 2.8.1 Rugi-rugi Pada Propagasi Gelombang Radio (*Propagation Path Loss*)

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 gelombang 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 merupakan 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 satu hingga dua lantai serta daerah pertokoan dan perkantoran yang rata-rata memiliki dua hingga lima lantai yang tingginya 10-20 meter ( biasanya areal pinggiran kota ) seperti Cibitung, Cikarang dan lain-lain. Kerapatan populasi daerah *sub urban* sekitar 5000 sampai 7.500 pelanggan permil persegi.

- *Rural Area*

*Open 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.

Rugi-rugi pada 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.

A. *Free Space Loss*

Untuk hubungan komunikasi dengan kondisi tanpa halangan, maka redaman yang berlaku adalah redaman ruang bebas atau *free space loss*.

Besarnya redaman ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$PL = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots(2-6)$$

Dari rumus diatas, maka didapat persamaan *path loss* sebagai berikut :

$$PL (dB) = 32,4 + 20 \log d ( Km ) + 20 \log f ( MHz ) \dots\dots\dots( 2-7 )$$

Dimana :

$PL$  = Redaman ruang bebas ( dB )

$d$  = Jarak ( Km )

$f$  = Frekuensi ( MHz )

$\lambda$  = Panjang gelombang ( m/det )

B. Okumura-Hatta *Standart* [5]

Hasil yang dihasilkan oleh Hata pada tahun 1980 adalah perumusan empiris untuk kondisi ada halangan. Perumusan empiris dipakai untuk menentukan redaman .

Formula yang diberikan berbeda-beda, tergantung dari kondisi lingkungan masing-masing daerah yang dilewati oleh gelombang elektrik. formula itu adalah:

➤ Untuk urban area

- Jika frekuensinya 400 MHz – 1500 MHz maka rumusnya :

$$LP(urban) = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_{BTS} - a ( h_{ms} ) + ( 44,9 - 6,55 \log h_{BTS} ) \log d + CM \dots\dots\dots( 2-8 )$$

- Jika frekuensinya 1500 MHz – 2000MHz maka rumusnya :

$$LP(\text{urban}) = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_{\text{BTS}} - a(h_{\text{ms}}) + (44,9 - 65 \log h_{\text{BTS}}) \log d + CM \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana :

- LP : *Loss* berdasarkan teori Okumura-Hatta ( dB )
- f : *Band frekuensi pembawa* ( MHz )
- $h_{\text{BTS}}$  : Tinggi antena *base station* ( meter )
- $h_{\text{ms}}$  : Ketinggian antena penerima ( meter )
- d : Jarak dari *mobile station* ke *base station* ( km )
- $a(h_{\text{ms}})$  : Faktor koreksi untuk ketinggian antena penerima  
( *mobile station* ) ( dB )
- CM : Konstanta dengan nilai 0 dB untuk daerah pinggiran kota

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 :

$$a(h_{\text{ms}}) = (1,1 \log f - 0,7) \times h_{\text{ms}} - (1,56 \log f - 0,8) \dots\dots(2-10)$$

- Nilai faktor koreksi untuk kota besar dihitung dengan cara :

Untuk  $f \leq 200$  MHz menggunakan persamaan :

$$a(h_{ms}) = 8,29 (\log 1,54 h_{ms})^2 - 1,1 \dots\dots\dots(2-11)$$

Untuk  $f \leq 400$  MHz menggunakan persamaan :

$$a(h_{ms}) = 3,2 (\log 11,75 h_{ms})^2 - 4,97 \dots\dots\dots(2-12)$$

➤ **Untuk sub urban area**

Untuk daerah lain selain *urban*, perumusan dikoreksi sebagai berikut :

$$LP(sub-urban) = LP(urban) - 2 \{ \log (f / 28) \}^2 - 5,4 \dots\dots\dots(2-13)$$

➤ **Untuk rural area**

Untuk daerah *rural* menggunakan persamaan :

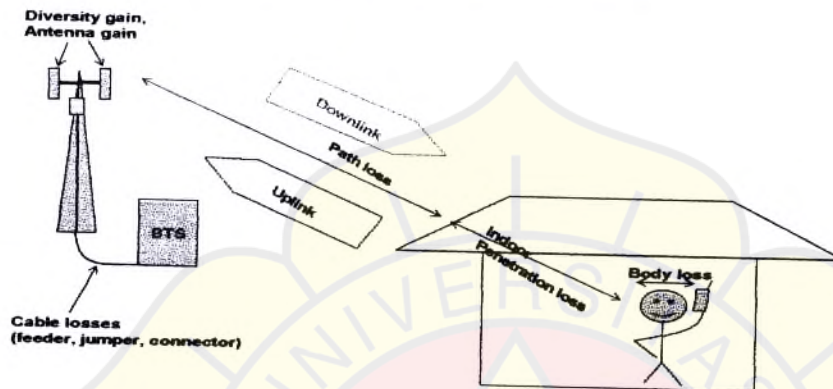
$$LP(Rural) = LP(urban) - 4,78 (\log f)^2 + 18,33 \log f - 35,94 \dots\dots(2-14)$$

## 2.9 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 jenis *link budget* yang harus diperhitungkan yaitu : *forward link budget* (*Down link*) dan *reverse link budget* (*Up link*) seperti terlihat pada gambar dibawah ini :

## **LINK BUDGETS**

From the link budget, the maximum allowable path loss can be derived



Gambar 2.14. Gambar *Link Budget*

### 2.9.1 Daya Pancar BTS Terhadap *Mobile Station* ( *Down Link* )

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

1. *Receiver signal level (RSL)* atau Pin MS

*Receiver signal level (RSL)* adalah daya pancar maksimum yang dapat diterima oleh *mobile station*. *Standart disain (SSdisign)* yang ditentukan oleh PT. Indosat adalah -80 dBm.

2. *Transmitter feeder loss, jamper, connector* (  $L_{ft+j+c}$  BTS )

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

3. *Loss duplexer* (  $L_{Duplexer}$  )

*Loss duplexer* adalah *loss* yang terjadi akibat penggabungan TRX didalam RBS.

4. *Path Loss* ( PL )

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

5. *Building Penetration loss* (  $B_p$  )

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

6. *Body Loss* (  $L_B$  )

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

6. *Receiver Antena Gain* (  $G_{MS}$  )

*Receiver Antena Gain* adalah besar penguatan yang terjadi pada antena *mobile station*.

7. *Receiver Feeder Loss* (  $L_{fMS}$  )

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



- Jadi besarnya daya yang dapat diterima oleh MS atau *Down-link* adalah :

$$P_{in\ MS} = P_{out\ BTS} - L_{duplexer\ BTS} - L_{f+j+c\ BTS} + G_{BTS} - LP - B_p - L_B + G_{MS} - L_{f\ MS} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dimana :

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

$P_{out\ BTS}$  : *Transmitter Power output* pada BTS ( dBm )

$L_{duplexer\ BTS}$  : *Loss duplexer* pada BTS ( dB )

$L_{f+j+c\ BTS}$  : *Loss feeder jumper, connector* pada BTS ( dB )

$G_{BTS}$  : *Receiver antenna gain* pada BTS ( dBi )

$LP$  : *Path loss* ( dB )

$B_p$  : *Building penetration loss* pada MS ( dB )

$L_B$  : *Body Loss* pada MS ( dB )

$L_{f\ MS}$  : *Loss feeder* pada MS ( dB )

$G_{MS}$  : *Receiver antenna gain* pada MS ( dBi )

### 2.9.2 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 mengkover *mobile station* diperlukan beberapa parameter yaitu :

1. *Body Loss* (  $L_B$  )

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

2. *Building Penetration loss* (  $B_p$  )

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

3. *Path Loss* (  $PL$  )

*Path loss* adalah parameter tambahan karena kondisi wilayah tiap daerah berbeda satu dengan yang lainnya. Persamaan yang digunakan adalah Okumura-Hata

4. *Receiver Antena Gain* (  $G_{RX}$  )

*Receiver Antena Gain* adalah besarnya penguatan yang terjadi pada antena *BTS*.

5. *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 antena ini adalah sebagai cadangan pada saat tertentu saja.

6. *Loss duplexer* ( $L_{Duplexer}$ )

*Loss duplexer* adalah *loss* yang terjadi akibat penggabungan TRX didalam RBS.

7. *Transmitter feeder loss, jamper, connector* ( $L_{f+j+c} \text{ BTS}$ )

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

- Jadi besarnya nilai daya yang dapat diterima oleh BTS atau *Up link* adalah :

$$P_{in \text{ BTS}} = P_{out \text{ MS}} - L_{f \text{ MS}} + G_{MS} - L_B - B_p - LP + G_{BTS} + G_d - L_{Duplexer \text{ BTS}} - L_{f+j+c \text{ BTS}} \dots\dots\dots (2-16)$$

Dimana :

$P_{in \text{ BTS}}$  : Daya yang diterima oleh BTS ( dBm )

$P_{out \text{ MS}}$  : *Transmitter Power output* pada MS ( dBm )

$L_{f \text{ MS}}$  : *Loss feeder, jumper, connector* pada MS ( dB )

$G_{MS}$  : *Receiver antenna gain* pada MS ( dBi )

$LP$  : *Path loss* ( dB )

$B_p$  : *Building penetration loss* pada MS ( dB )

$L_B$  : *Body Loss* pada MS ( dB )

$G_{BTS}$  : *Receiver antena gain* pada BTS ( dBi )

$G_d$   $BTS$  : *Receiver antena diversity gain* pada BTS( dB )

$L_{Duplexer}$   $BTS$  : *Loss duplexer* pada BTS ( dB )

$L_{f+j+c}$   $BTS$  : *Loss feeder, jumper, connector* pada BTS ( dB )

