

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 selular 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 seluler tidak pernah kehabisan kanal untuk melayani publik.

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. Di dalam sistem seluler tersebut dilayani oleh seperangkat radio yang terdiri dari pemancar, penerima dan antena.

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

2.2.1 Sel

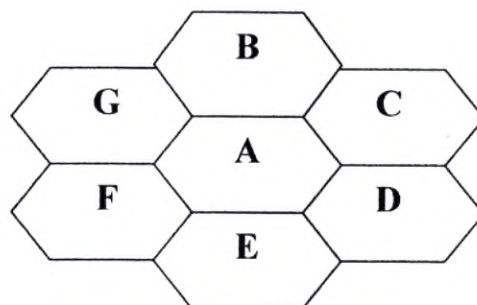
Sel didefinisikan sebagai daerah layanan individual yang dilayani oleh suatu *site*, yang masing-masing menempatkan sekelompok kanal-kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Seperti gambar 2.1 menerangkan suatu sel secara ideal digambarkan berbentuk heksagonal, secara teori bentuk sel berbentuk lingkaran, tetapi pada kenyataannya 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 2.1 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 2.2 Kelompok Sel (Cluster)

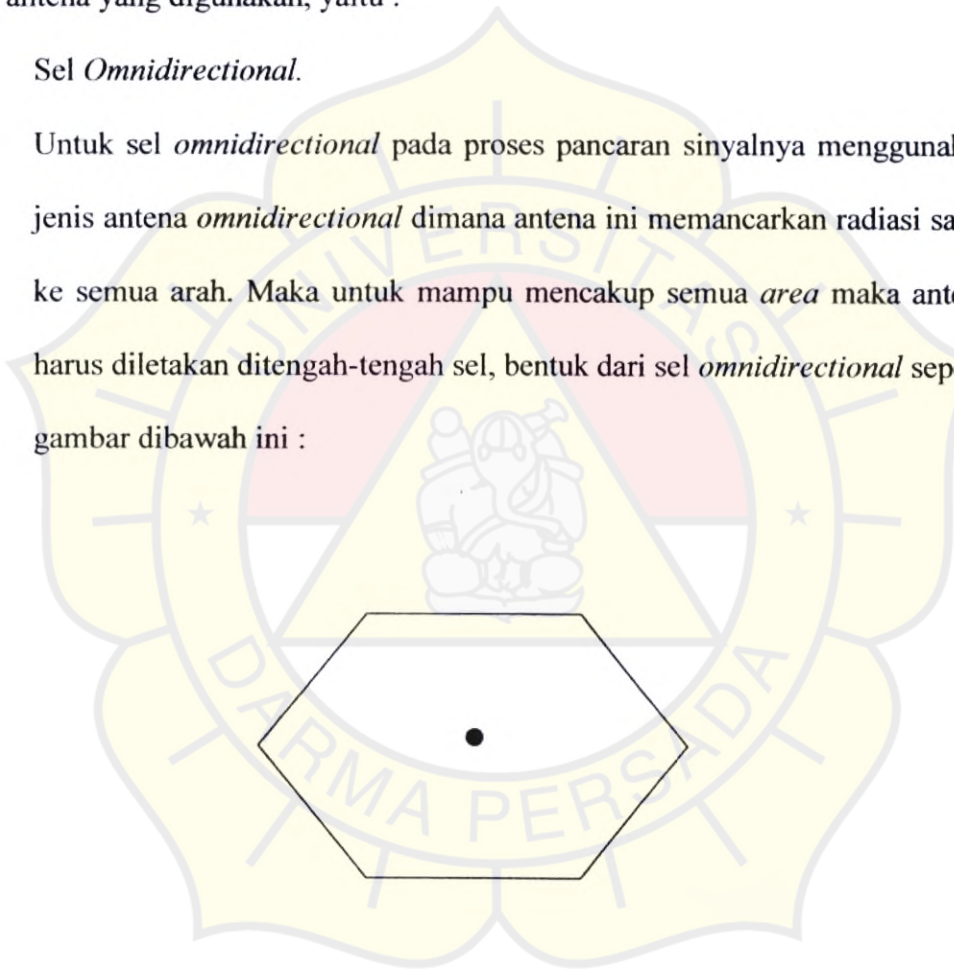
Terdapat banyak jenis sel, dimana dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Sel berdasarkan arah pancaran sinyal.

Pada jenis sel ini 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 :

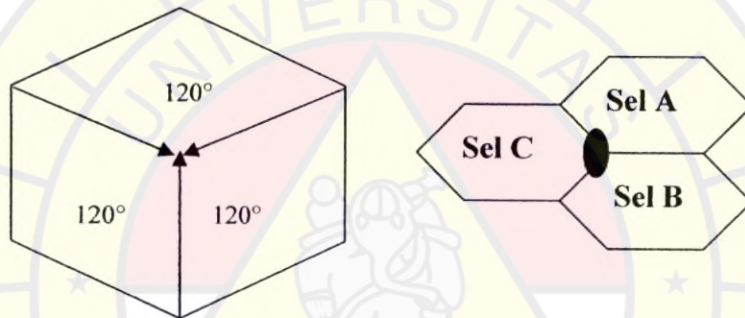


Gambar 2.3 Sel *Omnidirectional*

- b. Sektor Sel

Pada tipe sektor sel, antena yang digunakan adalah jenis antena *direct* yaitu antena yang memancarkan radiasi ke satu arah tertentu saja. Setiap antena meliputi sektor dari sel dengan membentuk sudut tertentu, misalnya

120° maka diperlukan tiga antena untuk dapat mencakup daerah 360°, dengan pembagian sektor sel pertama dengan sudut 0° - 120°, sektor sel kedua dengan sudut 120° - 240° dan sektor sel ketiga dengan sudut 240° - 360°. Bentuk sel sektor yang terbagi menjadi 3 sektor berbentuk seperti gambar dibawah ini:



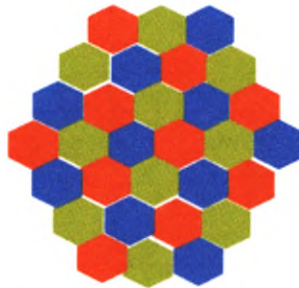
Gambar 2.4 Sel Sektor

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 Frekuensi Reuse

Frekuensi *reuse* adalah konsep inti dari sistem seluler *radio mobile*. Pada sistem frekuensi *reuse* pengguna dilokasi geografi yang berbeda (sel yang berbeda) dapat secara simultan menggunakan kanal frekuensi yang sama. Sistem frekuensi *reuse* dapat secara drastis meningkatkan efisiensi spektrum, tetapi jika sistem tidak didesain secara baik maka menyebabkan terjadinya interferensi. Interferensi yang terjadi karena penggunaan bersama suatu kanal frekuensi yang disebut *co-channel interference* dan menjadi perhatian utama dalam konsep frekuensi *Reuse*.

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 relative sama 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. Pelayanan seluler dicakup oleh beberapa kelompok sel yang disebut *cluster*, satu *cluster* terdiri dari beberapa sel (K sel). K bisa berharga 3,4,7,9,12.



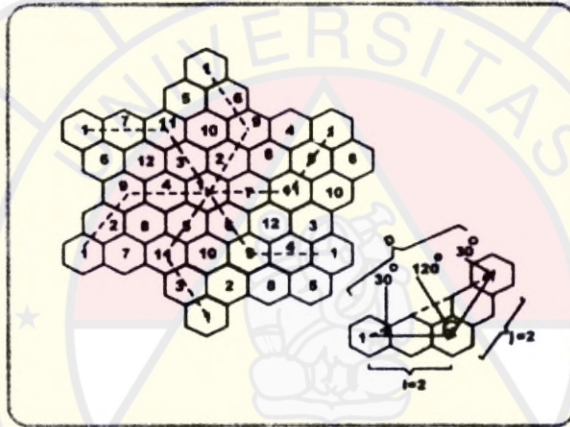
Gambar 2.5 Pola Frekuensi Cell K = 3

Warna yang sama menunjukkan sel – sel *co-channel* yang menggunakan frekuensi yang sama. Cara menentukan sel – sel *co-channel* dengan menggunakan rumus :

$$K = i^2 + j^2 + ij \dots\dots\dots (2.1)$$

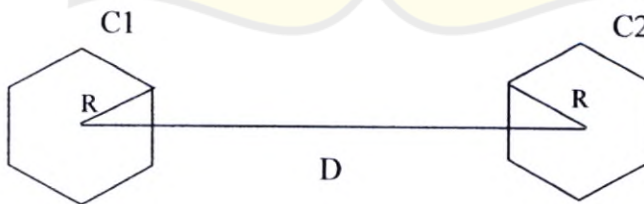
i = arah pergerakan awal

j = arah awal diputar 60°



Gambar 2.6 K elompok Sel dengan $i = 2$ dan $j = 2$

Jarak pengulangan frekuensi ditentukan dengan:



Gambar 2.7 Reuse Distance

$$(D/R)^2 = 3K \dots\dots\dots (2.2)$$

D = Jarak pengulangan (*Reuse Distance*)

R = Jari – jari terjauh sel hexagonal (jarak terjauh dari pusat sel keujung sel)

K = *Cluster*

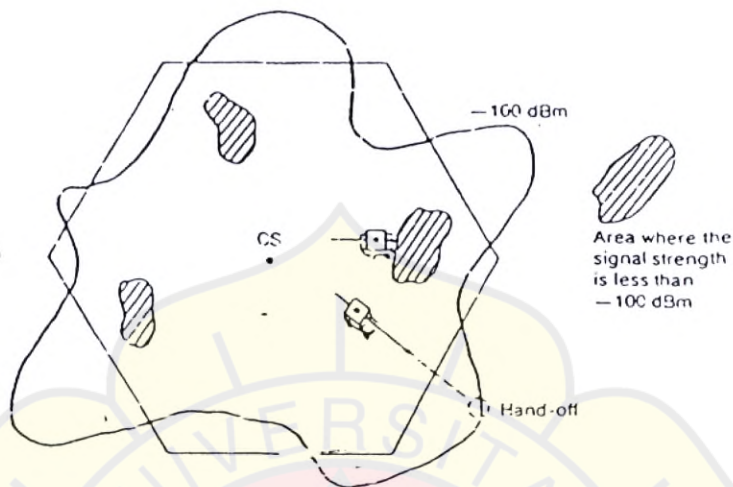
2.2.3 Proses pengalihan (*Handoff*)

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 disamping ini.



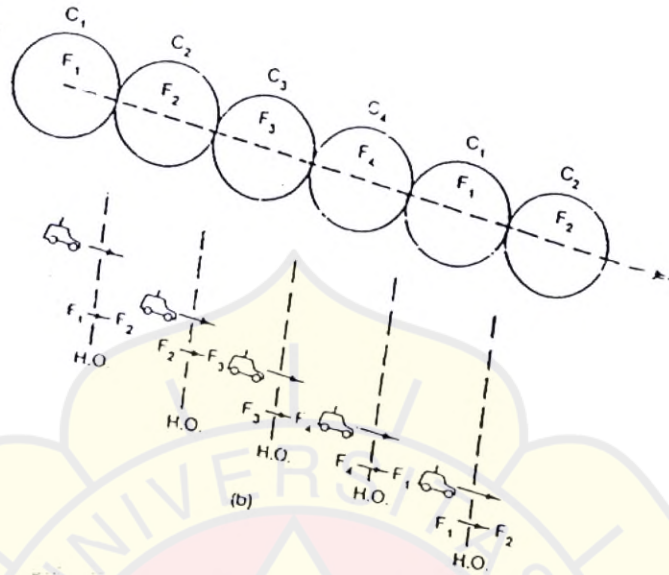
Gambar 2.8 *Handoff*

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.

Saat *mobile station* bergerak dari tempat yang Satu 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 pengidentifikasi dalam kanal frekuensi dilakukan dari F1 ke F2. *mobile station* akan mendeteksi secara otomatis sel yang melayaninya. Jika terjadi proses *handoff* dari C1 ke C2, *mobile station* dapat mendeteksi secara otomatis dan C2 dapat

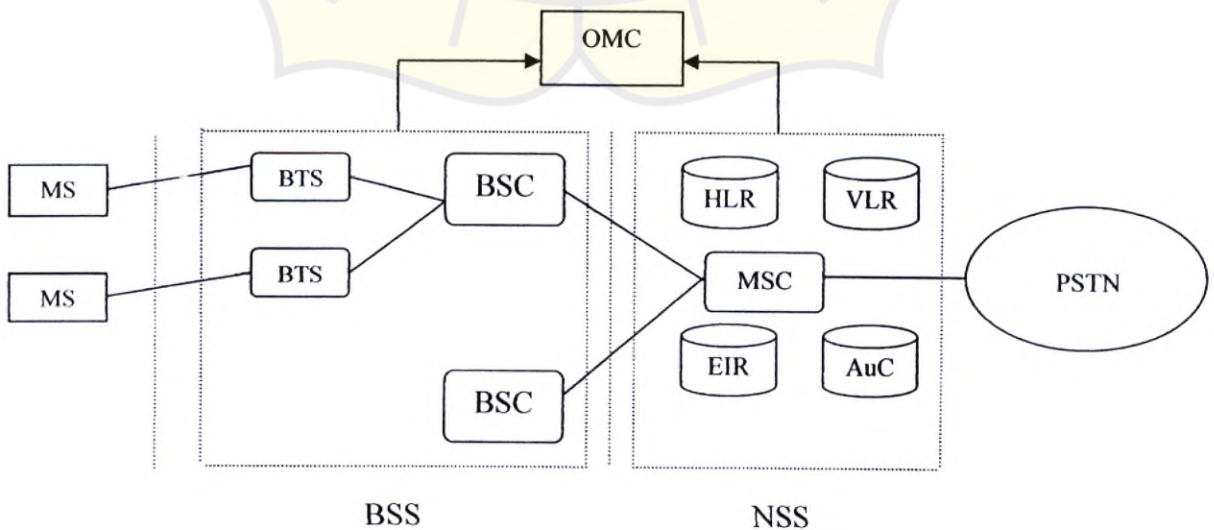
melayani *mobile station* tersebut. Proses *handoff* ini tergambar pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.9 Proses Handoff

2.3 Arsitektur Sistem Seluler 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 peran 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 Support Subsystem* (OSS)

2.3.1. *Mobile Station Subsystem* (MSS)

Mobile Station merupakan peralatan *Mobile Equipment* (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 sinyal yang keluar dari MS harus tersedia cukup waktu untuk memungkinkan BS untuk memantau sinyal tersebut.

2.3.2 *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 antena pemancar dan penerima, sedangkan fungsi BSC adalah mengontrol setiap panggilan dan mengawasi jaringan dari kesalahan BTS. Kedua komponen ini dihubungkan melalui jaringan fisik *abis interface*.

2.3.3 *Network And Switching Subsystem* (NSS)

NSS ini melakukan fungsi penyambungan percakapan antara GSM dengan jaringan luar lainnya, selain itu juga untuk mengatur *database* pelanggan dan jaringan.

Network System terdiri dari 5 komponen yang mempunyai fungsional yang berbeda. Komponen utama dari sistem *switching* adalah *Mobile Service 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 *database* yang bersifat dinamis atau sementara karena berisikan data semua pelanggan yang *roaming* dalam *area* suatu MSC.

2. *Home Location Register (HRL)*

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

3. *Authentication Centre (AuC)*

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

4. *Equipment Identity Register (EIR)*

Equipment Identity Register berisikan informasi dari peralatan *mobile station* di dalam sistem.

5. *Gateway MSC (GMSC)*

GMSC merupakan perangkat yang membuat jalur- jalur menuju jaringan agar dapat mencapai tujuan dengan benar. GMSC mengakses jaringan HLR untuk menemukan lokasi dari pelanggan yang dibutuhkan. Beberapa MSC dapat difungsikan sebagai GMSC. dalam kaitan ini operator jaringan dapat menentukan lebih dari satu GMSC.

2.3.4 *Operation Support Subsystem (OSS)*

Setiap OSS menangani satu atau beberapa *Operation and Maintenance Subsystem (OMS)* yang digunakan untuk memantau dan memelihara kinerja setiap ponsel, BS, BSC dan MSC dalam sistem selular GSM, selain itu OMC juga memiliki kewenangan untuk mengatur berbagai parameter BTS dan prosedur penghitungan biaya percakapannya, juga memberikan kemampuan kepada

operatornya untuk menentukan kinerja dan integritas setiap ponsel milik pelanggannya.

2.4 Karakteristik dan Parameter GSM

Lebar pita untuk sistem GSM adalah 25 MHz yang menyediakan 125 kanal yang masing – masing kanal mempunyai lebar pita 200 kHz. Pada sistem GSM setiap kanal dipakai oleh 8 pengguna, maka terdapat 1000 aktual kanal pembicaraan atau data. (125 x 8 pengguna).

Band frekuensi yang digunakan untuk *Up-link* (dari MS ke *Cell Site*) adalah 890-915 MHz dan untuk *Down-link* (dari *Cell Site* ke MS) adalah 935-960 MHz. karena spektrum radio sangat mahal dan terbatas maka penggunaan *bandwidth* per kanal yang lebih kecil sangat diharapkan, sehingga tersedia kanal yang lebih banyak dalam spektrum radio.

Tabel 2.1 Parameter GSM

KATEGORI	PARAMETER
Jumlah Kanal	125
Struktur TDMA	8 <i>Time Slot</i> per <i>Carrier</i>
Batas frekuensi dari sel ke <i>Mobile</i>	935-960 MHz
Lebar pita kanal (<i>Carrier Spacing</i>)	200 kHz
<i>Carrier to Interference Ratio</i> (C/I)	12 dB
Mode Transmisi	<i>Full Duplex</i>
Kecepatan Transmisi	270,8 kbps

2.5 Jenis Saluran pada GSM

Ada dua jenis kanal logika pada GSM (disebut logika karena berisi bit – bit logika digital) yakni kanal lalu lintas komunikasi atau *Traffic Channel* (TCH), dan kanal - kanal kendali yang disebut *Control Channel* (CCH). Saluran fisik dapat digambarkan pada kawasan waktu dan kawasan frekuensi, saluran ini berbentuk slot waktu dan slot frekuensi sebagai media bagi MS dan BTS untuk melakukan pengiriman atau penerimaan informasi.

TCH merupakan kombinasi dari sinyal suara dan data yang terdapat dalam sebuah kanal komunikasi. Setiap percakapan yang akan terjadi pada saat MS melakukan *call set-up*, akan ditempatkan pada *time slot* TCH. TCH membawa percakapan pengguna yang telah disandikan dalam bentuk digital, dan memiliki fungsi maupun format yang identik, baik untuk hubung tuju maupun hubung balik. Sedangkan CCH Bertujuan menyampaikan data-data yang diperlukan oleh jaringan dan radio, serta bermaksud untuk memastikan semua *trafik* yang masuk dapat diatasi dengan baik menurut tugasnya masing-masing.

2.6 Cara pemberian kanal

Berbagai cara pemberian kanal telah dikembangkan, misalnya pemberian kanal secara ‘statis’ ataupun secara ‘dinamis’. Pada pemberian kanal secara statis untuk setiap sel, alokasi jatah frekuensi kanal telah ditetapkan terlebih dahulu secara teori sebelum sel tersebut dioperasikan. Setiap percakapan didalam sebuah sel hanya dapat dilayani oleh kanal – kanal yang pada saat itu tidak sedang dipakai. Jika semua kanal pada sel tersebut telah digunakan semua, maka usaha

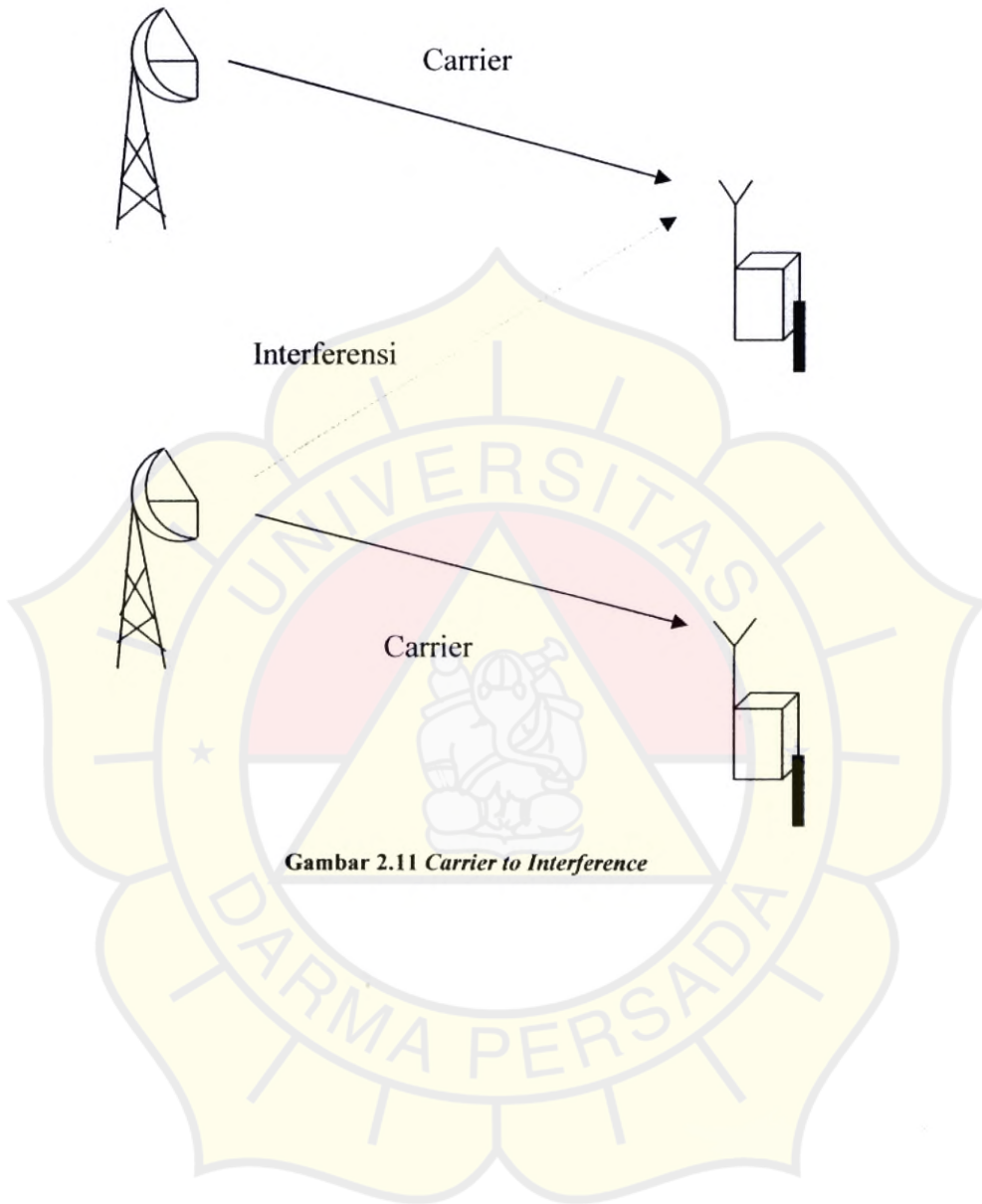
Interferensi pada pita percakapan menyebabkan *crosstalk*, yakni pelanggan mendengar percakapan orang lain, yang menginterferensi dalam latar belakang percakapannya, yang disebabkan oleh transmisi yang tidak diinginkan. Interferensi dipandang sebagai hambatan dalam menaikkan kapasitas sistem, dan sering kali menjadi biang dari percakapan – percakapan yang kemudian terputus. Dua indikasi interferensi yang sering terjadi dalam proses frekuensi *planning* adalah interferensi dari kanal frekuensi yang sama dan kanal frekuensi bersebelahan.

2.7.1 Interferensi dari frekuensi kanal yang sama (*Co-Channel Interference*)

Penggunaan ulang frekuensi berarti bahwa dalam suatu wilayah cakupan yang terbagi dalam beberapa sel, ada sel – sel yang menggunakan frekuensi yang sama ini disebut sel – sel berkanal sama. Interferensi antara sinyal – sinyal dari sel – sel inilah yang diatas disebut sebagai interferensi dari kanal sama. (*Co-Channel Interference*). Terjadinya interferensi ini kadang – kadang saja, sehingga tidak selalu dialami oleh pemakai. Jika interferensi ini terjadi, kanal seolah – olah akan diblok sehingga sangat mengganggu komunikasi pemakai. Interferensi kanal sama tidak dapat diatasi hanya dengan menaikkan daya sinyal pembawa (*Carrier*) pada pemancar, sebabnya adalah usaha untuk menaikkan daya pemancar berarti juga menaikkan interferensi sel – sel lainnya yang berkanal sama. Untuk mengurangi interferensi sel yang berkanal sama ini, sel – sel yang berkanal sama harus di



$$C/I \text{ (dB)} = C \text{ (dBm)} - I \text{ (dBm)} \dots\dots\dots (2.12)$$



Gambar 2.11 Carrier to Interference

2.8 Perhitungan Carrier to Interference ratio (C/I)

A. *Pathloss Terrain* (L_p)

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 :

$$LP (urban) = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_{BTS} - a (hms) + (44,9 - 6,55 \log h_{BTS}) \log d + CM \dots\dots\dots(2.3)$$

- Jika frekuensinya 1500 MHz – 2000MHz maka rumusnya :

$$LP (urban) = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_{BTS} - a (hms) + (44,9 - 65 \log h_{BTS}) \log d + CM \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

LP : *Loss* berdasarkan teori Okumura-Hatta (dB)

f : *Band Frequency* pembawa (MHz)

h_{BTS} : Tinggi antena *Base Station* (meter)

hms : Ketinggian antena penerima (meter)

d : Jarak dari *Mobile Station* ke *Base Station* (km)

$a (hms)$: Faktor koreksi untuk ketinggian antena penerima
(*Mobile Station*) (dB)

CM : Konstanta dengan nilai 0 dB untuk daerah pinggiran kota