

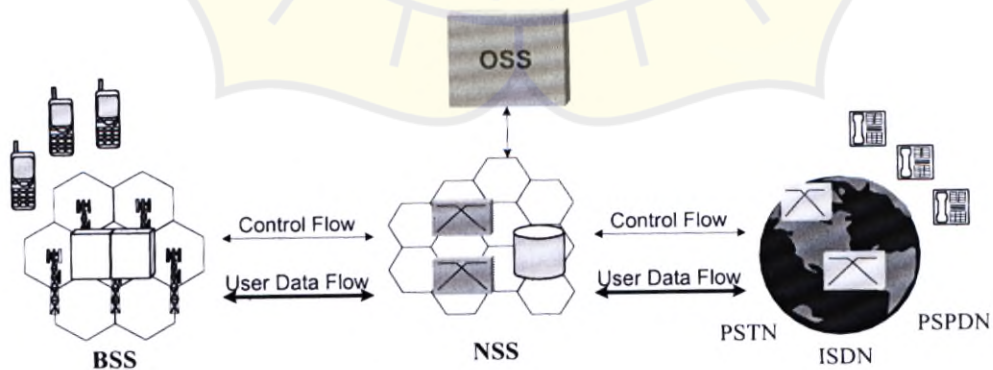
BAB II

SISTEM KOMUNIKASI RADIO SELULAR GSM

Inti dari sistem ini adalah konsep pengulangan frekuensi pada beberapa sel yang terpisah pada jarak yang cukup. Tujuannya adalah untuk mencapai kapasitas pelanggan yang besar sekaligus penggunaan pita frekuensi yang efektif. Kapasitas pelanggan juga dapat ditambah dengan melakukan pembelahan sel (*cell splitting*). Secara teoritis jangkauan cakupan dan kapasitas sistem selular tidak terbatas. Bila permintaan pasar meningkat, sel-sel tambahan dapat dibuat untuk memenuhi peningkatan trafik.

2.1. Arsitektur GSM

Pada umumnya jaringan GSM dibagi kedalam tiga jenis fungsional, yaitu: *Network and Switching Sub-System* (NSS), *Base Station Sub-System* (BSS), dan *Operation Sub-System* (OSS).



Gambar 2-1 Lingkungan eksternal NSS

2.1.1. Network and Switching System (NSS)

Sub sistem ini bertanggung jawab terhadap fungsi aspek *switching* (penyambungan). Sub sistem NSS terdiri dari:

- *Mobile Switching Center* (MSC)
- *Home Location register* (HLR)
- *Visitor Location Register* (VLR)
- *Equipment Identity Register* (EIR)
- *Authentication Center* (AUC)

2.1.1.1. MSC

MSC pada intinya adalah suatu peralatan *switching*, ekivalen dengan sentral digital (ISDN) ditambah dengan pengaturan mobilitas pelanggan. Fungsi utamanya adalah membuat koordinasi panggilan datang dari/ke pelanggan GSM, termasuk fungsi *call-routing* dan *call-control*. Lebih spesifik, fungsi ini bertanggung jawab atas pengalokasian dan pelepasan kanal radio melalui BSC beserta mekanisme *location-updating*, *handover* dari satu sel ke sel yang lain, serta interkoneksi dengan jaringan lain (ISDN/PSTN).

MSC berhubungan dengan BSS melalui *A-interface*, dan dengan jaringan eksternal. Untuk kepentingan kompatibilitas, hubungan antara MSC dengan jaringan eksternal bisa dilakukan melalui suatu *gateway* dan *Interworking Function* (IWF).

2.1.1.2. HLR

HLR merupakan *data bank* untuk administrasi pelanggan GSM yang bersifat tetap. Informasi-informasi penting yang tersimpan dalam HLR meliputi:

- *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI)
- *Mobile Station ISDN Number* (MSISDN) adalah nomor panggil ekivalen ISDN bagi pelanggan mobil
- Alamat VLR dimana data pelanggan didaftarkan

2.1.1.3. VLR

Berfungsi menyimpan data yang bersifat sementara. Data yang tersimpan adalah data pelanggan yang sedang berada dalam daerah layanan MSC. Informasi yang tersimpan dalam VLR meliputi:

- *Mobile Subscriber Roaming Number* (MSRN)
- *Temporary Mobile Subscriber Identity* (TMSI)
- *Location Area Code* (LAC)
- Keterangan servis tambahan yang diinginkan pelanggan

2.1.1.4. EIR

Setiap pesawat GSM mempunyai nomor identitas yang dibuat secara *hardware*. Dalam mengakses jaringan, pesawat akan mengirim pesan permintaan akses disertai dengan nomor pesawat yang bersangkutan.

Jaringan akan memeriksa nomor ini, bila nomor pesawat tersebut tidak terdaftar dalam EIR, maka akses ke jaringan tidak dapat dilakukan.

EIR berfungsi untuk merekam identitas, tapi informasi yang terdapat dalam EIR adalah khusus untuk validasi akses ke jaringan. Bila nomor pesawat tersebut sebelumnya telah dilaporkan hilang, maka nomor ini akan disimpan dalam EIR, dan sebagai konsekuensinya semua permintaan akses ke jaringan dari pesawat ini akan ditolak.

2.1.1.5. AUC

Authentication Center mempunyai tugas untuk memproteksi sistem GSM terhadap penggunaan ilegal (oleh bukan pelanggan). AUC juga memproteksi sistem terhadap penyalahgunaan data pelanggan GSM. AUC terdiri dari *bank data*, unit kontrol dan monitor (untuk pemeriksaan hak akses) dan perangkat keras khusus (*box security*) untuk menjalankan algoritma enkripsi.

2.1.2. Base Station System (BSS)

Base Station System bertanggung jawab terhadap semua fungsi yang berhubungan dengan radio di dalam sistem, seperti:

- Komunikasi radio dengan *mobile unit*
- Melakukan program *handover* antar sel
- Managemen semua saluran jaringan radio dan konfigurasi data sel

2.1.2.1. Base Station Controller (BSC)

Dalam terminologi GSM, suatu BSS adalah gabungan sebuah BSC dan semua BTS yang dikontrolnya. BSC berfungsi untuk memonitor dan mengontrol sejumlah BTS. Jadi semua pengaturan kanal pada radio *interface* (pengalokasian/pelepasan kanal) dan mekanisme *handover* dilakukan secara *remote* oleh BSC. Dengan adanya proses ini, maka BSC dapat mengendalikan kinerja transmisi setiap BTS dan jika perlu dapat memerintahkan *handover* ke sel (BTS) lain yang masih dalam wilayah BSC yang bersangkutan. Jika suatu *intra-MSC-handover* diperlukan, BSC memerintahkan MSC untuk menjalankan *handover* ini.

Handover berarti perubahan, yang terjadi bila MS meninggalkan suatu wilayah sel. Sedangkan *intra-MSC-handover* berarti suatu *handover* yang terjadi antara dua sel yang dikontrol oleh MSC yang sama tapi dengan BSC yang berbeda. Satu BSC dapat menangani beberapa BTS tergantung dari kapasitas trafik pada lokal pelayanan.

2.1.2.2. Base Transceiver Station (BTS)

Base Transceiver Station terdiri dari perlengkapan radio yang diperlukan untuk mendukung sebuah sel. Tugas dari BTS adalah menjaga dan memonitor hubungan dengan MS. Lebih khusus lagi, berhubungan dengan transmisi atau penerimaan radio, semua fungsi pemrosesan sinyal yang spesifik dengan *radio-interface* dan beberapa fungsi tambahan. BTS juga

sering disebut kepanjangan tangan dari BSC, dan merupakan bagian sistem dengan perangkat keras terbesar.

2.1.2.3. Transcoder (XCDR)

Tugas *transcoder* antara lain: mengadaptasi *bit-rate* antara BSC dan MSC, hubungan informasi kontrol (SS7) dan adaptasi kecepatan transmisi data ke MS. Dengan adanya *transcoder* maka frekuensi radio dapat digunakan secara lebih efektif. Dalam jaringan GSM, suara ditransmisikan hanya 16 kbps (13 kbps informasi suara dan 3 kbps informasi kontrol), sedang pada jaringan tetap (ISDN) biasanya digunakan standar transmisi 64 kbps (PCM 8 bit).

2.1.3. Operation Sub-System (OSS)

Bagian ini bertanggung jawab terhadap sistem *Operation* dan *Maintenance* sistem GSM. OSS adalah unit yang bertanggung jawab untuk memonitor dan mengontrol sistem (semua elemen jaringan) dan mengkombinasikan semua fungsi yang diperlukan untuk menjaga konsistensi fungsional sistem secara global. Yang termasuk fungsi ini adalah:

- a. Fungsi yang berhubungan dengan administrasi pelanggan
 - Administrasi pelanggan dan hubungan
 - Registrasi pembayaran
 - Registrasi data untuk kepentingan statistik
- b. Fungsi yang berhubungan dengan keamanan

- Memeriksa identitas pelanggan dalam AUC
 - Melakukan pengkodean data (misal TMSI sebagai pengganti IMSI)
 - Memeriksa identitas pesawat dalam EIR
- c. Fungsi operasi, berupa semua aktifitas teknis dan administratif yang diperlukan karena kondisi eksternal yang dimodifikasi misalnya pengenalan layanan-layanan baru sebagai reaksi kebutuhan baru.
- d. Fungsi pemeliharaan, berupa semua aktifitas teknis atau administratif yang diperlukan untuk menjalankan fungsi sistem atau mengembalikan dan memperbaikinya secepat mungkin setelah terjadi kegagalan.

2.2. Terminal GSM

Terdapat dua komponen penting pada sisi terminal GSM yaitu: *Mobile Equipment* (ME) dan *Subscriber Identity Module* (SIM). Umumnya ME baru akan dapat bekerja jika di dalamnya sudah terpasang sebuah SIM dari salah satu operator.

2.2.1. Mobile Equipment (ME)

Pada umumnya terdapat tiga jenis *Mobile Equipment* (ME) untuk sistem komunikasi bergerak. Pertama adalah pesawat yang terhubung dengan kendaraan (*vehicle-mounted*), kedua adalah pesawat *portable*, dan yang terakhir adalah pesawat genggam (*handheld*).

Secara arsitektural, ME terdiri dari bagian yang menangani radio, bagian pemrosesan data, dan antarmuka dengan pengguna atau ke terminal

yang lain (komputer, mesin faks, dll). Dua bagian pertama berfungsi untuk mengakses dan berinteraksi dengan pengguna. Bila dilakukan pembagian secara fungsional, ME terdiri dari :

- terminal pendukung, mempresentasikan fungsi khusus tanpa fungsi spesifik GSM (misalnya mesin *fax*)
- terminasi mobil, mempresentasikan semua fungsi yang berhubungan dengan transmisi pada *radio-interface*
- terminal *adaptor*, yang bertindak sebagai *gateway* antara terminal dan terminasi mobil.

Disesuaikan dengan spesifikasi GSM, ME dapat dikategorikan ke dalam 5 kelas sesuai dengan level dayanya. Lokasi dimana ME berada juga akan mempengaruhi kuat penerimaan sinyal yang ditransmisikan. Kelas-kelas ME dapat dilihat pada tabel 2-1 berikut:

Tabel 2-1 Kelas-kelas dalam MS

Kelas	Tipe	Daya maksimum (Watt)		
		GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
1	<i>Vehicle & transportable</i>	<i>Undefined</i>	1	1
2	<i>Vehicle & transportable</i>	8	0,25	0,25
3	<i>Hanheld</i>	5	<i>Undefined</i>	<i>Undefined</i>
4	<i>Hanheld</i>	2	<i>Undefined</i>	<i>Undefined</i>
5	<i>Hanheld</i>	0,8	<i>Undefined</i>	<i>Undefined</i>

2.2.2. Subscriber Identity Module (SIM)

Kunci dari standar GSM adalah kartu *Subscriber Identity Module* (SIM). Sebuah kartu SIM berisi informasi mengenai pelanggan dan harus dimasukkan ke dalam *Mobile Equipment* (ME) sehingga pelanggan dapat menggunakan jaringan.

SIM menyimpan tiga tipe informasi mengenai pelanggan, yaitu:

- *Fixed data* sebelum kartu tersebut dijual: seperti IMSI, *authentication key* dan *algorithm security*
- *Temporary network data*: seperti *location area* pelanggan
- *Service data*: seperti bahasa yang ingin digunakan dan informasi biaya.

2.3. Metode Akses

MS berkomunikasi dengan BTS dengan cara mengirimkan atau menerima gelombang radio yang membawa energi elektromagnetik. Frekuensi gelombang radio merupakan jumlah gelombang yang berosilasi selama satu detik. Frekuensi diukur dengan *Hertz* (Hz) dimana 1 *Hertz* berarti satu osilasi per detik.

Pada sistem GSM seperti pada tabel 2-2, setiap kanal radio memiliki *bandwidth* 200 KHz sehingga dari total *bandwidth* 25 MHz (*uplink* 890 Mhz – 915 Mhz dan *downlink* 935 Mhz – 960 Mhz) didapatkan 125 pasang kanal radio. Teknik yang digunakan untuk memisahkan kanal yang satu dengan kanal yang lain disebut *Frequency Division Multiple Access* (FDMA). Dari

125 kanal radio ini masih harus dibagi pada beberapa operator khususnya yang ada di Indonesia tetapi dengan persentase yang berbeda.

Tabel 2-2 Penggunaan frekuensi pada sistem GSM

<i>System</i>	P-GSM 900	E-GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
<i>Frequencies</i>				
• <i>Uplink</i> (MHz)	890–915	880–915	1710–1785	1850–1910
• <i>Downlink</i> (MHz)	935–960	925–960	1805–1880	1930–1990
<i>Wavelength</i> (cm)	~ 33	~ 33	~ 17	~ 16
<i>Bandwidth</i> (MHz)	25	35	75	60
<i>Duplex Distance</i> (MHz)	45	45	95	80
<i>Carrier Separation</i> (KHz)	200	200	200	200
<i>Radio Channels</i>	125	175	375	300
<i>Transmission Rate</i> (kbps)	270	270	270	270

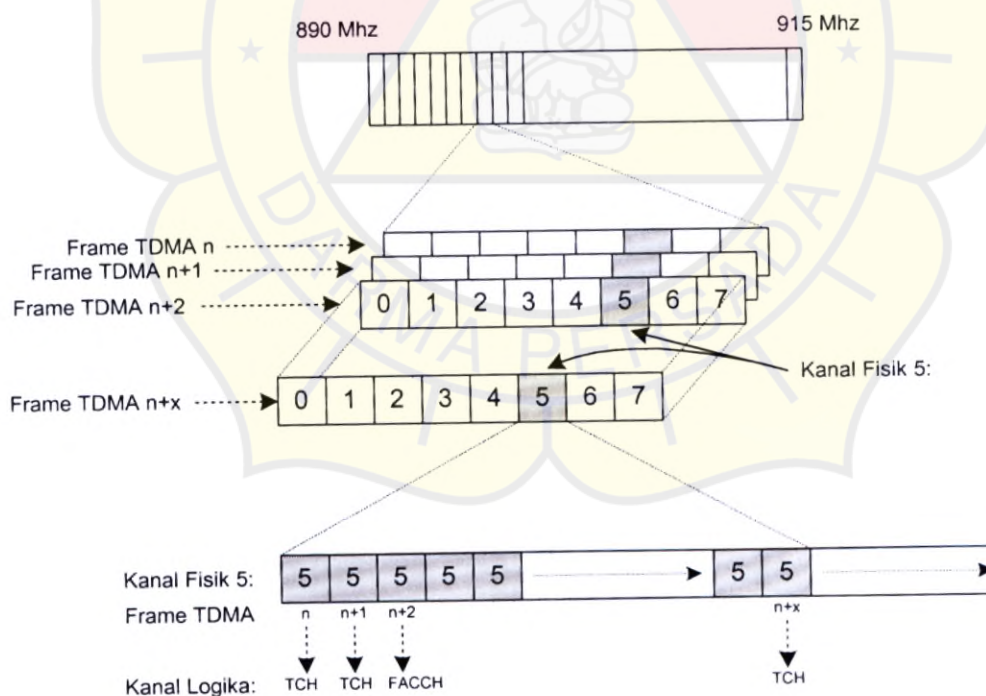
Setiap kanal radio memiliki satu frekuensi pembawa. Frekuensi pembawa ini digunakan pada setiap *transceiver*, satu *transceiver* bekerja melalui satu frekuensi pembawa untuk *uplink* dan satu frekuensi pembawa untuk *downlink*. Masing-masing frekuensi pembawa kemudian dibagi menjadi 8 slot waktu (*time slot*). Setiap *time slot* digunakan sebagai kanal oleh satu pelanggan untuk komunikasi suara atau untuk komunikasi data. Teknik yang digunakan untuk membagi frekuensi ke dalam slot waktu disebut *Time Division Multiple Access* (TDMA).

1 *time slot* TDMA dapat terdiri dari 156,25 bit dengan durasi 0,577 ms dan 156,25 bit ini tersusun dari berbagai tipe informasi berbeda yang disebut *burst*. 1 TDMA frame terdiri dari 8 *timeslot* dengan durasi 4,615 ms. 1

multiframe dapat terdiri dari 26 *TDMA frame* dengan durasi 120 ms atau 51 *TDMA frame* dengan durasi 235 ms. 1 *superframe* terdiri dari 1326 *TDMA frame* atau 51 (26 *frame*) *multiframe* atau 26 (51 *frame*) *multiframe* dengan durasi 6,12 *second*. 1 *hyperframe* terdiri dari 2048 *superframe* atau 2715648 *TDMA frame* dengan durasi 3 jam 28 menit 53 detik 760 mili detik.

2.4. Konsep Kanal pada GSM

Jenis kanal pada sistem GSM dibedakan menjadi dua, yaitu: kanal fisik dan kanal logika. Sistem komunikasi akan dapat bekerja dengan menggunakan kedua kanal ini bersama-sama.



Gambar 2-2 Hubungan kanal fisik dan kanal logika

2.4.1. Kanal fisik

Setiap *timeslot* pada sebuah *frame* TDMA disebut kanal fisik. Karena itu terdapat 8 kanal fisik dalam satu frekuensi pembawa. Kanal-kanal fisik dapat digunakan untuk mentransmisikan suara, data atau informasi *signaling*.

Sebuah kanal fisik dapat membawa pesan-pesan yang berbeda sesuai dengan informasi yang akan dikirimkan. Sebagai contoh, sebuah kanal fisik digunakan untuk trafik, trafik itu sendiri ditransmisikan menggunakan pesan-pesan *Traffic Channel* (TCH) dan ketika akan melakukan *handover* pesan yang digunakan adalah *Fast Associated Control Channel* (FACCH).

2.4.2. Kanal logika

Pada sistem GSM terdapat beberapa tipe kanal logika yang masing-masing dibuat untuk membawa pesan ke atau dari sebuah MS. Semua informasi ke dan dari sebuah MS harus diformat dengan baik sehingga perangkat penerima dapat menterjemahkan maksud dari bit-bit yang berbeda dalam suatu pesan.

2.4.2.1. Kanal trafik

Kanal trafik digunakan oleh MS bila prosedur *call set-up* pada kanal fisik telah selesai. TCH terdiri dari dua tipe, yaitu:

- *Full rate* (TCH), yaitu transmisi suara dengan kecepatan penuh (13 kbps).

Satu kecepatan *full TCH* menduduki satu kanal fisik.

- *Half rate* (TCH/2), yaitu transmisi suara dengan hanya separuh kecepatan penuhnya (6,5 kbps). Dua *half rate* TCH dapat menggunakan satu kanal fisik, sehingga kapasitasnya menjadi dua kali pada sebuah sel.

2.4.2.2. Kanal kontrol

Kanal kontrol dapat dikelompokkan ke dalam tiga bentuk kontrol menurut fungsinya yang masing-masing dijelaskan dalam tabel 2-3 berikut:

Tabel 2-3 *Broadcast Channel (BCH)*

<i>Logical Channel</i>	<i>Direction</i>	<i>BTS</i>	<i>MS</i>
<i>Frequency Correction Channel (FCCH)</i>	<i>Downlink, point to multipoint</i>	<i>Transmits a carrier frequency</i>	<i>Identifies BCCH carrier by the carrier frequency and synchronizes with the frequency.</i>
<i>Synchronization Channel (SCH)</i>	<i>Downlink, point to multipoint</i>	<i>Transmits information about the TDMA frame structure in a cell (e.g. frame number) and the BTS identity (Base Station Identity Code [BSIC])</i>	<i>Synchronizes with the frame structure within a particular cell, and ensures that the chosen BTS is a GSM BTS-BSIC can only be decoded by an MS if the BTS belongs to a GSM network.</i>
<i>Broadcast Control Channel (BCCH)</i>	<i>Downlink, point to multipoint</i>	<i>Broadcast some general cell information such as Location Area Identity (LAI), maximum output power allowed in the cell and the identity of BCCH carriers for neighboring cells.</i>	<i>Receives LAI and will signal to network as part of the Location Updating procedure if the LAI is different to the one already stored on its SIM. MS sets its output power level based on information received on the BCCH. The MS stores the list of BCCH carriers frequencies on which Rx.lev.measurement is done for Handover decision.</i>

MS baru akan mendapatkan semua informasi yang dibutuhkan untuk terhubung ke jaringan bila MS telah selesai menganalisa informasi yang dibawa oleh kanal BCH. Dan jika MS kemudian bergerak ke sel lain (*roam*) maka MS harus mengulang proses pembacaan FCCH, SCH dan BCCH pada sel tersebut. Untuk membuat atau menerima panggilan, MS harus menggunakan *Common Control Channels* (CCCH). Kanal logika yang termasuk dalam CCCH dirangkum pada tabel 2-4 berikut:

Tabel 2-4 *Common Control Channels* (CCCH)

<i>Logical Channel</i>	<i>Direction</i>	<i>BTS</i>	<i>MS</i>
<i>Paging Channel (PCH)</i>	<i>Downlink, point to point</i>	<i>Transmits a paging message to indicate an incoming call or short message. The paging message contains the identity number of the mobile subscriber that the network wishes to contact.</i>	<i>At certain time intervals the MS listens to the PCH. If it identifies its own mobile subscriber identity number on the PCH, it will respond.</i>
<i>Random Access Channel (RACH)</i>	<i>Uplink, point to point</i>	<i>Receives access-request from MS for call setup/loc. update/SMS.</i>	<i>Answer paging message on the RACH by requesting a signaling channel</i>
<i>Access Grant Channel (AGCH)</i>	<i>Downlink, point to point</i>	<i>Assign a signaling channel (SDCCH) to the MS.</i>	<i>Receives signaling channel assignment (SDCCH)</i>

Setelah masuk pada bagian ini MS dan BSS siap untuk memulai prosedur *call set-up*, kanal yang digunakan adalah *Dedicated Control Channel* (DCCH). Kanal logika yang termasuk dalam DCCH dapat dilihat pada tabel 2-5 berikut:

Tabel 2-5 *Dedicated Control Channels (DCCH)*

<i>Logical Channel</i>	<i>Direction</i>	<i>BTS</i>	<i>MS</i>
<i>Stand alone Dedicated Control Channel (SDCCH)</i>	<i>Uplink and Downlink, point to point</i>	<i>The BTS switches to the assigned SDCCH, used for call set-up signaling. TCH is assigned on here. (SDCCH is also used for SMS message to MS).</i>	<i>The MS switches to the assigned SDCCH. Call set-up is performed. The MS receives a TCH assignment information (carrier and time slot).</i>
<i>Cell Broadcast Channel (CBCH)</i>	<i>Downlink, point to multipoint, mapped on SDCCH</i>	<i>Uses this logical channel to transmit short message service cell broadcast.</i>	<i>MS receives cell broadcast messages.</i>
<i>Slow Associated Control Channel (SACCH)</i>	<i>Uplink and Downlink, point to point</i>	<i>Instructs the MS on the allowed transmitter power and parameters for time advance. SACCH is used for SMS during a call.</i>	<i>Sends averaged measurements on its own BTS (signal strength and quality) and neighboring BTS's (signal strength). The MS continues to use SACCH for this purpose during a call.</i>
<i>Fast Associated Control Channel (FACCH)</i>	<i>Uplink and Downlink, point to point</i>	<i>Transmits handover information.</i>	<i>Transmits necessary handover information in access burst.</i>

2.5. Interface GSM

GSM PLMN mempunyai beberapa sistem *interface* standar, diantaranya yang paling prinsipil adalah: *radio (Um)-interface*, *A-interface*, dan *Abis-interface*.

2.5.1. Radio (Um) Interface

Radio-interface merupakan *interface* paling esensial dalam GSM, dimana 4 bidang fungsional mulai dari transmisi fisik hingga fungsi

Communication Management (CM) harus dapat didukung oleh sistem *interface* ini. Yang paling tampak dan menempati porsi terbesar dalam alokasi penanganan radio adalah bidang transmisi. Pada intinya terdapat tiga keadaan yang harus ditangani:

- Pengiriman informasi pelanggan, melalui kanal trafik (TCH)
- Harmonisasi pengiriman informasi pensinyalan (berhubungan dengan panggilan luar)
- Penanganan pada saat *idle-mode*

2.5.2. A-Interface

A-Interface didasarkan pada penggunaan satu atau lebih sistem *interface* transmisi digital pada 2048 kbps. Masing-masing kanal ini menyediakan 31 kanal 64 kbps yang dapat digunakan untuk trafik maupun pensinyalan. *A-Interface* didefinisikan pada hubungan BSS dan MSC, dan didesain sedemikian rupa sehingga *transcoding* atau *rate-adaptor* dapat ditempatkan sefleksibel mungkin secara geografis (dapat ditempatkan pada MSC atau BSS). Selain itu *interface* ini juga didesain untuk mendukung bermacam arsitektur aplikasi dikedua sisi yang ia hubungkan.

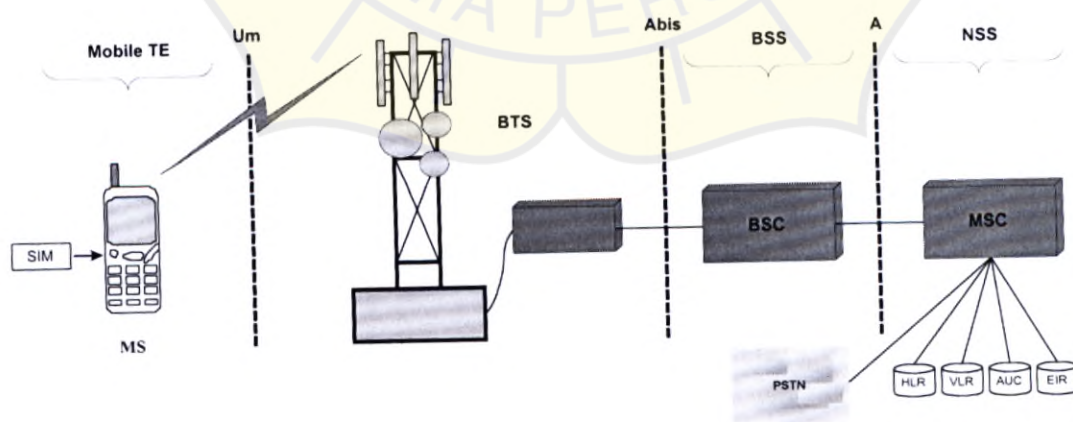
Semua kanal yang melalui *A-Interface* adalah kanal 64 kbps. Sistem pengkodean yang digunakan untuk kanal trafik adalah *A-law* (untuk suara) dan *X.30 rate adaptation* (untuk layanan data). Pesan-pesan pensinyalan antara BSS dan MSC diklasifikasikan ke dalam pesan: BSSAP (*Base Station System Mobile Application Part* - BSSMAP dan *Direct Transfer Application*

Part - DTAP) serta *Base Station System operation and Management* (BSSOAM). Pesan-pesan DTAP secara transparan ditangani antara MS dan MSC, sedangkan pesan-pesan BSSMAP diinterpretasikan dalam BSS.

2.5.3. Abis-Interface

Abis-Interface menggunakan kanal transmisi digital 2048 kbps dengan struktur *frame* 32x64 kbps *time-slot* (transmisi digital 64 kbps per kanal). *Abis-Interface* dapat mendukung tiga konfigurasi BTS internal berbeda: BTS dengan satu *transceiver*, beberapa *transceiver* yang dihubungkan satu sama lain secara fisik, dan beberapa *transceiver* yang masing-masing dihubungkan kepadanya. Struktur *interface* ini didukung oleh dua kanal komunikasi:

- Kanal trafik (TCH) pada *rate* 16 kbps/64 kbps untuk mendukung satu atau lebih kanal trafik radio (suara/data).
- Kanal *signalling* (SDCCH) pada *rate* 16 kbps/64 kbps untuk mendukung pertukaran informasi *signalling* (BSC-MS atau BSC-BTS).



Gambar 2-3 Struktur *interface* pada GSM

2.6. Parameter Pendukung Telekomunikasi GSM

2.6.1. Kriteria Kerja Sistem Selular

Dalam terminologi GSM terdapat istilah-istilah yang digunakan sebagai parameter untuk memonitor kinerja perangkat maupun kinerja saluran yang tersedia. Berikut ini dijelaskan beberapa parameter pendukung yang berlaku pada dunia telekomunikasi khususnya yang menggunakan teknologi GSM.

2.6.1.1. Kualitas Pelayanan

Untuk menentukan kualitas pelayanan, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Cakupan wilayah (*coverage*)

Sistem sebaiknya dapat mencakup wilayah seluas mungkin, hal ini tidak dapat dicapai 100% karena ketidakteraturan kontur suatu daerah maka diusahakan untuk mencapai 90% daerah geografis rata dan 75% untuk daerah geografis yang berbukit hal tersebut disebabkan:

- Daya yang ditransmisikan sangat tinggi untuk menghilangkan bagian daerah yang lemah dengan penerima yang cukup, hal ini berarti ada faktor biaya tambahan.
- Dengan lebih tinggi daya yang ditransmisikan maka lebih sulit untuk mengontrol faktor interferensi.

2. *Grade Of Service (GOS)*

GOS didefinisikan sebagai banyaknya panggilan yang tidak berhasil, dibandingkan dengan total jumlah kanal yang tersedia. GOS dapat diartikan

pula bagian dari panggilan yang gagal selama puncak jam sibuk sehubungan dengan terbatasnya jumlah kanal-kanal RF.

3. Jumlah panggilan yang gagal

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

2.6.1.2. Kualitas Layanan Khusus

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

2.6.2. Blocking Calls

Blocking calls adalah keadaan dimana tidak tersedianya saluran atau kegagalan yang terjadi pada saluran selama proses pembentukan panggilan. Nilai statistik dari *Blocking Call* (ditambah dengan *dropped call*) ini menunjukkan tingkat layanan yang disediakan oleh suatu jaringan. Kondisi yang diharapkan yaitu berada pada level kurang dari 1%, sedangkan kondisi terburuk adalah lebih besar atau sama dengan 8%. *Blocking call* dapat disebabkan oleh :

- *Paging Failure*, yaitu keadaan dimana sebuah MS berada pada kondisi terpanggil namun tidak dapat menerima panggilan tersebut.
- *Access Failure*, MS mengirim *Random Access Channel* (RACH) tetapi tidak menerima respon sama sekali. RACH merupakan kanal yang dipakai oleh MS untuk mengirim permintaan layanan ke *Base Station* pada saat MS akan melakukan panggilan atau pemutusan panggilan.
- *SDCCH Blocking*, MS meminta alokasi SDCCH, tetapi tidak dialokasikan karena SDCCH penuh terisi.
- *TCH Blocking*, MS sudah selesai dalam *signaling* SDCCH, tetapi tidak dapat mengalokasikan TCH karena *traffic*-nya padat (penuh).

2.6.3. Frequency Hopping

Frequency hopping berarti bahwa frekuensi yang digunakan untuk mentransmisikan suara dan sinyal informasi diubah ke dalam basis (*frame*) yang akan mengurangi efek negatif dari *multipath fading* dan memperbaiki kualitas pelayanan. *Mobil Station* pada GSM yang telah mempunyai *frequency hopping* dapat berpindah dari *transmit*, *receive*, dan *monitor time slot* dalam satu *frame* TDMA, yang mungkin dalam frekuensi yang berbeda. GSM membuat penggunaan *frequency hopping* meningkat ke implementasi *frequency hopping* pelan (*slow hopping*), dimana MS dan BTS akan mentransmisikan setiap *frame* TDMA pada frekuensi berbeda. Algoritma *frequency hopping* dipancarkan melalui *Broadcast Control Channel* (BCCH). *Frequency hopping* pelan membantu mengurangi masalah seperti gangguan

co-channel dalam efek pengacakan (*random*), dan penggunaan sel yang lebih kecil yang dapat meningkatkan kapasitas keseluruhan sistem.

2.6.4. Konsep Kanal Frekuensi Reuse

Frekuensi *reuse* adalah inti dari sistem selular. Pada frekuensi *reuse* pengguna pada lokasi geografis yang berbeda (sel berbeda) dapat secara simultan menggunakan kanal frekuensi yang sama. Seperti terlihat pada gambar 2-4 dimana dalam suatu pelayanan sistem telekomunikasi telepon bergerak terdapat beberapa daerah *cell site* yang berlainan frekuensinya. Setiap bagiannya terdapat 7 *cell site*, misalnya *user* sedang melakukan panggilan dan ditempatkan pada *cell site A1* dan disekitarnya terdapat *cell site A2* sampai dengan A7 yang mengelilinginya sehingga jarak antara *cell site A1* dengan *cell site B1* maupun C1 cukup jauh dan dapat dipergunakan secara bersamaan tanpa saling menginterferensi, jadi bila ada *user* kedua melakukan panggilan pada *cell site C1* tidak akan mempengaruhi *cell site* yang lain baik kanal A1 maupun B1. Jadi dengan menggunakan frekuensi *reuse* ini penggunaan kanal dapat menjadi lebih efisien dan dapat secara optimal meningkatkan efisiensi spektrum.

Penggunaan frekuensi *reuse* jika tidak didesain secara baik bisa menyebabkan terjadinya interferensi dikarenakan penggunaan kanal frekuensi secara bersama yang disebut interferensi *co-channel*. Jarak minimum yang memperbolehkan frekuensi digunakan kembali tergantung pada banyak faktor diantaranya seperti jumlah sel *co-channel* disekeliling sel pusat, tipe kontur

wilayah geografis, tinggi antena dan daya pancar dari setiap dari setiap *cell site*. Jarak frekuensi *reuse* dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$D = \sqrt{3KR} \quad \text{Pers.1}$$

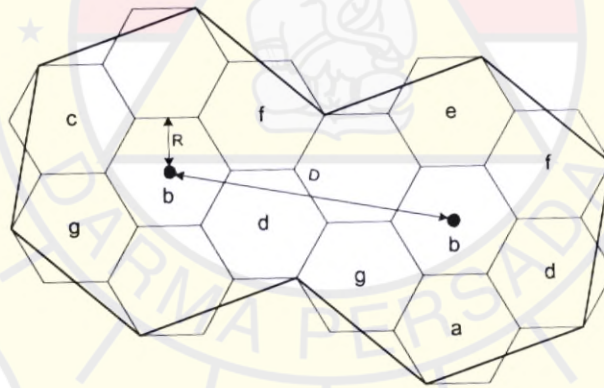
Dimana:

D = Jarak frekuensi *reuse* (kilometer)

K = merupakan pola frekuensi *reuse*

R = radius sebuah lokasi sel (kilometer).

Bila semua lokasi sel memancarkan daya yang sama maka K akan bertambah dan jarak frekuensi *reuse* juga bertambah. Jika D bertambah kemungkinan akan mengurangi terjadinya interferensi *co-channel*.



Gambar 2-4 Frekuensi *reuse* K=7 pada sistem selular

2.7. Trafik Sistem Selular

2.7.1. Pengertian Trafik (Dasar Trafik)

Secara umum, pengertian trafik adalah perpindahan suatu benda dari suatu tempat ke tempat yang lain. Dalam lingkungan telekomunikasi “benda”

adalah berupa informasi-informasi yang dikirim melalui media transmisi, sehingga trafik dapat didefinisikan sebagai perpindahan informasi-informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui media telekomunikasi. Trafik dapat pula diartikan sebagai perpindahan yang diukur dengan waktu (lama dan kapan). Tentunya masih dikaitkan dengan tipe perangkat yang dipakai, darimana, kemana, dan lain-lain.

Sirkuit dikatakan dipakai jika sedang menggenggam sebuah panggilan atau percakapan atau dengan kata lain sirkuit tersebut sedang diduduki oleh suatu panggilan. Dinyatakan bebas (*idle*) apabila tidak ada panggilan yang datang atau ada panggilan yang datang tetapi tidak berhasil menduduki sirkuit karena suatu kesalahan. Dari hasil pengukuran trafik memberikan data dasar untuk keperluan perencanaan, operasi dan pemeliharaan, manajemen dan berbagai kasus perhitungan untuk pengelolaan jaringan (*network*). Hasil pengukuran trafik yang telah diolah, memberikan gambaran antara lain tentang jumlah sirkuit/saluran, perangkat sentral, beban trafik dan *call distribution* serta unjuk kerja perangkat. Sasaran akhir dari pengukuran trafik adalah membenahan kebutuhan masyarakat pemakai jasa telekomunikasi sebaik-baiknya, dengan perhitungan faktor-faktor efektif dan efisiensi dari sarana telekomunikasi yang ada. Tujuan pengukuran trafik diantaranya adalah:

- Menentukan dimensi peralatan atau sirkuit guna mengatasi kebutuhan peralatan dan perencanaan baik jangka pendek maupun jangka panjang
- Melacak letak kegagalan

- Mendeteksi kondisi peralatan maupun sirkit
- Mengetahui unjuk kerja jaringan (*network performance*)
- Mengetahui mutu pelayanan jaringan telekomunikasi (*Quality of Service*).

Sesuai dengan konsep-konsep dasar trafik, bahwa trafik mempunyai variasi yang luas dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Variasi selama setahun
- Variasi waktu selama jam sibuk
- Variasi hari ke hari
- Variasi musiman
- Variasi hari dalam satu minggu
- Kecenderungan penambahan trafik.

Oleh karena itu dalam melakukan pengukuran harus diketahui bagaimana trafik pada saat-saat tersebut. Hal ini untuk menghindari kesalahan misalnya dalam menentukan dimensi untuk mengatasi kesalahan perencanaan. Agar situasi trafik dapat diketahui dengan pasti harus dilakukan suatu pengamatan perilaku trafik sesuai dengan variasinya minimal selama setahun.

Trafik pada komunikasi selular dibangkitkan oleh sejumlah *suscriber*, dalam suatu proses pemanggilan mulai dari saat pemanggil menekan "*send*", yaitu pemanggilan dari level BTS sampai ke sentral, tiap peralatan dapat diidentifikasi dengan lama pemakaiannya. Aliran trafik (*traffic flow*) ditentukan sebagai perkalian antara jumlah panggilan selama selang waktu

tertentu dengan lama rata-ratanya, yang disebut waktu pendudukan (*holding time*) atau dapat ditulis:

$$A = C \times T$$

Pers.2

Dimana:

C = Jumlah panggilan selama selang waktu satu jam (*calls*)

T = Waktu pendudukan rata-rata (*minute*)

A = Aliran trafik (*erlang*)

Dari persamaan di atas, dapat dilihat bahwa intensitas trafik tidak memiliki satuan, *Erlang* pada satuan intensitas trafik adalah penghargaan kepada A. K Erlang sebagai orang yang pertama menyelidiki trafik telekomunikasi. Dimana pengertian satu *Erlang* adalah apabila sebuah sirkit diduduki secara terus menerus selama satu jam. Hubungan satuan trafik dapat dilihat pada tabel 2-6 berikut:

Tabel 2-6 Hubungan satuan trafik

	Erlang / TU / VE	CCS / HC / UC	ARCH / EBHC
Erlang / TU / VE	1	36	30
CCS / HC / UC	1/36	1	1/30
ARCH / EBHC	1/30	6/5	1

Keterangan:

TU = *Traffic Unit*

UC = *Unit Call*

VE = *Vrkehrseinheit*

ARCH = *Apples Reduitsal Heure Chargee*

CCS = *Century Call Second*

EBHC = *Equested Busy Hour Call*

2.7.2. Grade Of Service

Grade Of Service (GOS) menggambarkan tingkat penanganan trafik yang sangat bergantung kepada jumlah perangkat yang dioperasikan atau menunjukkan kualitas pelayanan dan merupakan tingkat kegagalan panggilan yang dinyatakan dalam persen.

Dalam prakteknya GOS ini merupakan perbandingan panggilan yang tidak dapat terlayani dengan segera seperti yang ditolak, menunggu atau dilimpahkan terhadap panggilan yang ditawarkan. Panggilan-panggilan yang tidak terlayani segera tersebut terjadi karena pertimbangan ekonomis pada peralatan sentral.

Besarnya GOS untuk sejumlah panggilan identik dengan probabilitas trafik yang ditolak. Sebagai contoh adalah GOS yang umum di Indonesia adalah sebesar 2%, ini artinya apabila ada 100 panggilan yang datang secara bersamaan maka akan terdapat 2 panggilan yang tidak diperkenankan atau ditolak. GOS yang tinggi atau lebih dari 2% akan berakibat pada kualitas yang diterima pelanggan namun untuk menggunakan GOS yang lebih kecil dari 2% membutuhkan biaya yang cukup besar. Besarnya GOS dapat ditentukan melalui rumus berikut:

$$GOS = \frac{\text{Jumlah panggilan gagal}}{\text{Total panggilan seluruhnya}} \quad \text{Pers.3}$$

2.7.3. Persentase Occupancy

Setiap daerah memiliki tingkat kepadatan trafik yang berbeda-beda. Pada daerah perkantoran biasanya memiliki tingkat kepadatan trafik yang

lebih tinggi dibandingkan dengan daerah tempat tinggal (pemukiman). Jadi *occupancy* di sini dapat diartikan sebagai kepadatan trafik. Pertambahan tingkat kepadatan trafik itu juga akan mempengaruhi peningkatan *occupancy*-nya. Peningkatan *occupancy* tersebut dapat dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\% \text{ occupancy} = \frac{\text{Erlang}}{\text{channel equippedment}} \times 100\% \quad \text{Pers.4}$$

Dimana:

% occupancy = persentase kepadatan trafik (%)
Erlang = intensitas trafik (*Erlang*)
Channel equippedment = jumlah kanal yang tersedia (kanal)

Jika tingkat *occupancy*-nya meningkat setiap hari maka operator selular tersebut perlu menambah jumlah kanal yang disediakan sehingga akan memperkecil persentase *occupancy*.