

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Konsep Sistem Selular

Teknologi komunikasi selular sebenarnya sudah banyak berkembang dan banyak digunakan sejak awal tahun 1990-an, diantaranya sistem C-NET yang dikembangkan di Jerman dan Portugal oleh perusahaan *Siemens*, sistem RC-200 yang dikembangkan di Prancis, sistem NMT yang dikembangkan di Belanda dan Skandinavia oleh perusahaan *Ericsson*, serta sistem TACS yang beroperasi di Inggris, namun teknologinya masih analog sehingga membuat sistem yang digunakan bersifat regional maka sistem tidak kompatibel antar negara satu dengan yang lainnya yang menyebabkan mobilitas pengguna terbatas pada suatu area teknologi tertentu saja sehingga tidak bisa melakukan *roaming* antar negara.

Semakin berkembangnya teknologi analog yang tidak sesuai dengan perkembangan masyarakat di Eropa yang semakin dinamis, maka untuk mengatasi keterbatasan itu, negara-negara di Eropa membentuk sebuah organisasi pada tahun 1982 yang bertujuan untuk menentukan standar-standar komunikasi selular yang dapat digunakan di semua negara yang ada di Eropa. Organisasi ini kemudian dinamakan *Group Special Mobile* (GSM). Dimana organisasi ini yang mempelopori munculnya nama *Global System for Mobile Communication* atau yang sekarang kita kenal dengan teknologi GSM. Kemudian pada pertengahan tahun 1991 GSM dijadikan standar telekomunikasi selular untuk seluruh negara di Eropa oleh ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*), namun pengoperasian GSM secara komersil baru dapat dimulai sekitar pada tahun 1992, karena GSM merupakan teknologi kompleks yang butuh pengkajian mendalam untuk bisa di jadikan standar.

Pada awal pengoperasiannya GSM telah mengantisipasi perkembangan jumlah penggunaannya yang sangat pesat dan arah pelayanannya per area yang tinggi sehingga arah perkembangan teknologi GSM adalah *Digital Cellular System* (DCS). DCS merupakan sistem turunan dari standar GSM yang dikembangkan oleh ETSI pada alokasi frekuensi 1800 Mhz, dengan frekuensi tersebut maka akan dicapai kapasitas pelanggan yang semakin besar per satuan sel. ^[8]

Prinsip dari sistem telepon selular GSM adalah adanya penggunaan ulang frekuensi (*frequency reuse*), pindah tangan (*handoff*), pemecahan sel (*cell-splitting*), maupun *interferensi*. Pemancar yang digunakan pada sistem selular GSM adalah pemancar daya rendah yang masing-masing melayani daerah yang relatif sempit disebut sel. Sel-sel pada sistem selular dapat menggunakan frekuensi yang sama dan digunakan oleh sel-sel lain dalam wilayah yang berbeda dengan jarak pisah tertentu sehingga terhindar dari interferensi. Konsep pokok arsitektur selular adalah :

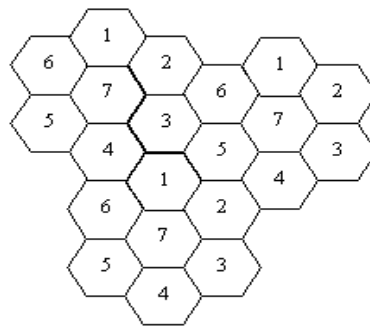
- a. pemancar daya rendah dan daerah cakupan sel yang kecil,
- b. *cell splitting* untuk meningkatkan kapasitas,
- c. penggunaan ulang frekuensi,
- d. mekanisme pindah tangan (*handoff*) dan pengendali pusat,
- e. strategi pengaturan kanal dan manajemen frekuensi.

Terdapat empat pola sel, diantaranya bentuk lingkaran, segitiga, segiempat dan segienam. Pada kondisi di lapangan, sel tidak mempunyai bentuk geometris yang teratur sesuai dengan kontursi daerah yang bersangkutan. Pola geometri lingkaran tidak efektif karena membentuk daerah yang tumpang tindih. Pola segiempat dan pola segitiga dipandang tidak tepat karena mencakup luasan yang kurang memadai. Pola segienam menjadi pilihan terbaik karena mempunyai luasan terbesar dan tidak menimbulkan pola tumpang tindih. Karena polanya beraturan maka jarak antara titik pusat poligon dan titik terjauh pada sel adalah paling jauh dibanding pola yang lain.

Ketika menggunakan heksagonal sebagai model cakupan suatu wilayah, pemancar *Base Transmitter Station* (BTS) dapat diletakan baik di tengah-tengah sel ataupun di tiga dari keenam sudut sel. Umumnya, antena segala arah digunakan jika BTS ada di tengah sel, dan antena berarah (bersektor) digunakan dalam sel-sel yang BTS-nya ada di sudut-sudut sel. Berbagai pertimbangan dalam praktek biasanya tidak memungkinkan BTS ditempatkan di tengah sel. Sebagian besar perencana sistem mengizinkan BTS untuk ditempatkan sampai seperempat radius sel jauhnya dari kedudukan ideal atau kedudukan teoretiknya. ^[8]

1. Perulangan Frekuensi (*Frequency Reuse*)^[9]

Sistem radio selular sangat bergantung pada alokasi penggunaan ulang kanal-kanal di seluruh wilayah cakupan. Setiap BTS selular diberi jatah kelompok kanal radio yang digunakan dalam wilayah geografi yang kecil, yang disebut sel. Jatah frekuensi keseluruhan yang dimiliki sistem (operator) akan dihabiskan dengan cara dibagi-bagi dalam sekelompok sel yang disebut *cluster*. Antena-antena setiap BTS dirancang untuk dapat mencapai wilayah cakupan yang dikehendaki dalam sel tertentu. Dengan membatasi wilayah cakupan sebuah sel dan sel-sel tetangga yang berbatasan dengannya, sekelompok sel lain (*cluster*) dengan frekuensi kerja yang sama dapat dibangun guna melayani wilayah geografi lain yang tidak ter-cover. Tentu saja antar sel memiliki kanal berfrekuensi yang sama, maka harus dipisahkan dengan jarak yang cukup jauh untuk mencegah atau menekan terjadinya interferensi dalam batas-batas yang masih dapat ditoleransi. Proses perancangan, pemilihan dan alokasi kelompok kanal bagi semua BTS yang akan dibangun oleh operator dikenal dengan istilah perulangan frekuensi (*frequency reuse*).



Gambar 2.1 *Frequency Reuse*^[9]

Gambar 2.1 menjelaskan konsep pola perulangan frekuensi (*frequency reuse*) melalui penomoran sel-sel. Perancangan pola perulangan frekuensi ditumpangkan pada peta geografi untuk menandai sel-sel yang akan mendapat jatah kanal berfrekuensi berbeda atau sama. Bentuk heksagonal untuk menggambarkan sebuah sel merupakan penyederhanaan model cakupan radio sebuah BTS karena bentuk heksagonal ini mempermudah analisis secara matematik pada sistem selular.

Cakupan radio sebuah sel disebut sebagai *foot print*, dan bentuknya ditentukan melalui pengukuran medan atau model-model ramalan propagasi (perambatan gelombang). Bentuk *foot print* di lapangan tidaklah beraturan, oleh karena itu diperlukan suatu bentuk yang mempermudah perancangan sistem secara sistematis untuk perkembangan di masa datang. Kelihatannya memang alami jika menggunakan bentuk lingkaran untuk menyatakan cakupan wilayah sebuah BTS, namun lingkaran-lingkaran di sekitarnya tak dapat ditumpangkan pada peta tanpa meninggalkan celah atau tumpang tindih. Dengan demikian ketika mempertimbangkan bentuk geometris yang mencakup seluruh wilayah operasi tanpa saling tumpang tindih dan dengan luas yang sama, ada tiga pilihan, yakni segi empat, segitiga sama sisi dan segi enam. Sebuah sel harus dirancang untuk melayani sinyal dari telepon selular yang dayanya paling lemah dalam *foot print*, yang umumnya berada di tepi-tepi sel. Jika jarak titik tengah ke tepi sebuah bangun luasan dan semua titik terjauhnya diperiksa dengan teliti, maka bentuk heksagonal memiliki jangkauan yang paling jauh dibandingkan dengan segiempat ataupun segitiga sama sisi. Dengan demikian, penggunaan geometri heksagonal akan memungkinkan penggunaan sel yang lebih sedikit pada suatu wilayah geografi, selain itu bentuk heksagonal merupakan bentuk yang paling mendekati pola radiasi yang terjadi pada sebuah antena BTS dengan pancaran medannya bersifat ke segala arah.

2. Cara Pemberian Kanal^[9]

Untuk memaksimalkan pemanfaatan kanal spektrum radio, pola penggunaan ulang frekuensi (*frequency reuse*) dilakukan secara konsisten dengan tujuan menaikkan kapasitas dan meminimalkan terjadinya interferensi. Berbagai cara pemberian kanal telah dikembangkan, misalnya pemberian kanal secara tetap maupun dinamis. Pada pemberian kanal secara tetap untuk setiap sel, alokasi jatah frekuensi kanal telah ditetapkan lebih dulu secara teori sebelum sel tersebut dioperasikan. Untuk dapat melakukan suatu panggilan, harus terdapat minimal satu kanal yang saat itu sedang tidak dipakai. Jika semua kanal dalam sel tersebut sedang digunakan, maka panggilan tersebut akan diblok sehingga pelanggan tidak menerima layanan sambungan.

Beberapa variasi dari teknik pemberian kanal secara tetap ini misalnya menggunakan teknik peminjaman kanal, yaitu sebuah sel diizinkan untuk meminjam kanal dari sel tetangga apabila semua kanal yang dimilikinya sedang digunakan. *Mobile Switching Center* (MSC) akan memeriksa prosedur peminjaman ini, dan menjamin bahwa peminjaman kanal tersebut tidak akan mengganggu setiap percakapan yang sedang berlangsung.

Pada model pemberian kanal secara dinamis, kanal-kanal percakapan tidak dialokasikan secara permanen. Bila terdapat permintaan percakapan yang muncul, BTS yang melayaninya akan meminta sebuah kanal ke MSC. *Switching* kemudian mengalokasikan sebuah kanal kepada sel tersebut dengan menggunakan sebuah algoritma yang memperhitungkan setiap kemungkinan pemblokkan yang akan terjadi dalam sel tersebut serta perhitungan biayanya. Dengan demikian, pada teknik ini MSC hanya mengalokasikan frekuensi tertentu apabila frekuensi tersebut tidak sedang digunakan oleh sebuah sel untuk mencegah terjadinya interferensi kanal berfrekuensi sama.

Teknik pemberian kanal secara dinamis ini mengurangi kemungkinan pemblokkan, yang berdampak pada kenaikan kapasitas sistem, karena semua kanal yang tersedia dalam sebuah wilayah dapat diakses oleh semua sel. Strategi pemberian kanal secara dinamis menuntut MSC-nya mampu mengumpulkan data dalam periode waktu nyata (*real time*) tentang pendudukan kanal, distribusi lalu-lintas komunikasi dan indikasi kekuatan sinyal radio, *Radio Signal Strength Indications* (RSSI) pada semua kanal. Kondisi semacam ini akan menaikkan beban komputasi dan penyimpanan sistem, tetapi memberikan keuntungan dalam hal peningkatan penggunaan kanal dan penurunan probabilitas kegagalan percakapan.

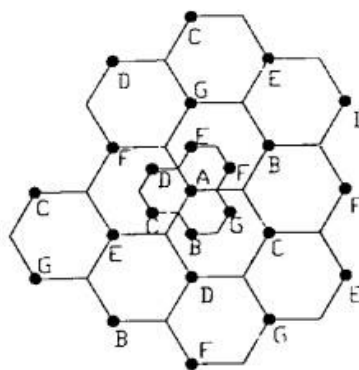
3. Kapasitas Kanal^[9]

Permintaan layanan selular yang terus meningkat akan menyebabkan kanal-kanal dalam sebuah sel menjadi tidak mencukupi lagi untuk mendukung komunikasi antara para panggunanya. Ketika jumlah trafik panggilan mulai meningkat, penggunaan frekuensi harus efisien dengan meningkatkan jumlah sel K pada sebuah pola *frekuensi reuse* 7-sel. Jika K bertambah, maka jumlah

kanal frekuensi bagi sebuah sel akan semakin mengecil disebabkan jumlah kanal yang ada dibagi dengan K. Kondisi ini mendorong adanya strategi untuk menyediakan lebih banyak kanal dalam wilayah cakupan layanan. Strategi untuk meningkatkan kapasitas ini antara lain menggunakan teknik pemecahan sel (*cell splitting*) dan penyektoran (*sectoring*).

Cell splitting adalah suatu proses membagi suatu sel menjadi sel – sel yang lebih kecil, dimana masing-masing mempunyai *base station* sendiri. Dengan mendefinisikan sel baru yang mempunyai radius yang lebih kecil dari sel mula-mula dan dengan menerapkan sel yang lebih kecil diantara sel yang ada, maka kapasitas kanal dapat ditingkatkan. Pada gambar 2, *base station* berada pada sudut sel dan area yang dilayani *base station* A diasumsikan tidak mampu melayani trafik yang ada. *Base station* baru diperlukan untuk meningkatkan jumlah kanal dan mengurangi area yang dilayani oleh satu *base station*.

Strategi peningkatan kapasitas dengan teknik pemecahan sel yang pada intinya adalah memperkecil radius cakupan sel dengan tetap mempertahankan perbandingan penggunaan ulang frekuensi kanal yang sama. Pemecahan sel meningkatkan banyaknya kanal per luasan wilayah layanan. Interferensi dari kanal yang sama dalam sebuah sistem selular dapat diturunkan dengan menggantikan antena BTS *omni-directional* dengan beberapa antena berarah (*directional*). Setiap antena berarah ini radiasinya mengarah ke sektor atau wilayah tertentu saja. Sebuah sel umumnya dibagi menjadi tiga sektor 120° , atau enam sektor 60°



Gambar 2.2 *Cell Splitting*^[9]

4. Pindah Tangan (*Handoff*)^[9]

Proses perubahan sel pada saat sedang melakukan panggilan (*call*), maupun pada saat *idle* disebut *handoff* dalam terminologi GSM. Untuk memilih sel yang terbaik, MS dan BTS melakukan pengukuran. *Mobile Station* (MS) secara terus menerus mengukur kekuatan dan kualitas sinyal dalam selnya dan kekuatan sinyal sel tetangga.

Pengukuran dari BTS dan MS dikirim ke *Base Station Controller* (BSC) dalam bentuk laporan pengukuran. Berdasarkan laporan ini, BSC memutuskan *handoff* diperlukan atau tidak dan menentukan sel yang tepat. Selama sel tetangga dipandang memiliki kualitas yang lebih baik daripada sel yang sedang melayani, sebuah *handoff* diperlukan. Alasan lain diperlukannya *handoff* selain karena kekuatan dan kualitas, juga ditentukan oleh jarak. Ini biasanya terjadi ketika sebuah MS bergerak melintasi sel ke sel yang lain dengan cepat.

Ketika sebuah ponsel yang sedang digunakan bergerak ke sebuah sel yang berbeda, sementara percakapannya sedang berlangsung, maka MSC secara otomatis memindahkan percakapan ke sebuah kanal baru. Kerja *handoff* ini tidak hanya mencakup pengidentifikasian sebuah BTS baru, tetapi juga dalam hal sinyal kendali dan percakapannya harus dapat dialokasikan kepada kanal-kanal yang berkaitan dengan BTS yang baru tersebut. Jadi, *handoff* merupakan peristiwa pemindahan kanal suara yang sedang digunakan pelanggan agar tidak terjadi pemutusan hubungan selama panggilan tersebut masih dikehendaki.

Lama waktu yang diperlukan untuk memutuskan apakah *handoff* diperlukan bergantung kepada kecepatan Bergeraknya pesawat pelanggan. Jika kemiringan taraf sinyal rata-rata terjadi dalam waktu yang pendek dan rentang waktunya singkat, *handoff* harus dibuat dengan cepat.

Algoritma yang mengacu pada perbedaan daya (d) dari kekuatan sinyal ponsel yang diukur oleh dua BTS, yakni sel yang sedang melayani ponsel itu dan sel calon untuk *handoff* dapat menghasilkan nilai d yang positif atau negatif. Jika dinyatakan dengan matematika, bentuknya seperti persamaan ini:^[2.1]

$$d = Pr_{selcalonhandoff} - Pr_{selasal} \dots\dots\dots [2.1]$$

dengan: d = selisih daya (dB),

P_r = daya terima (dB).

Contoh dari penerapan rumus di atas adalah pada kondisi seperti ini:

- $d > 3$ dB masuk kategori permintaan *handoff*
- 1 dB $< d < 3$ dB kategori persiapan *handoff*
- -3 dB $< d < 0$ dB kategori pemantauan kekuatan sinyal
- $d < -3$ dB kategori tidak memerlukan *handoff*

Karena algoritma seperti ini tidak mengacu pada taraf kekuatan sinyal yang diterima, tetapi pada pengukuran relatifnya. Oleh karena itu, permintaan *handoff* dapat terjadi di lokasi yang sama untuk kendaraan yang berbeda, meskipun ketinggian dan penguatan antena ponselnya berbeda.

Pemakaian GSM kemudian meluas hingga ke ASIA dan Amerika, termasuk Indonesia. Indonesia awalnya menggunakan sistem telepon analog yang bernama *Advanced Mobile Phone System* (AMPS) dan *Nordic Mobile Telephone* (NMT), namun dengan hadirnya GSM di Indonesia bahkan dijadikan sebagai standar sistem komunikasi selular maka membuat sistem analog perlahan menghilang, tidak hanya terjadi di Indonesia tetapi juga di Eropa. GSM pun semakin lama semakin berkembang, pada akhir tahun 2005, pelanggan GSM di dunia telah mencapai 1,5 triliun pelanggan, dan akhirnya GSM pun tumbuh dan berkembang sebagai sistem telekomunikasi selular yang paling banyak digunakan di seluruh dunia hingga saat ini.

2.2 Teknologi GSM

Global System for Mobile Communication (GSM) adalah suatu sistem komunikasi selular yang berdasarkan pada standar telepon yang ada dan beroperasi pada band frekuensi 900 Mhz, dengan layanan telekomunikasi dimana pelanggan dapat bergerak bebas dalam area layanannya tanpa adanya pemutusan hubungan dan dapat digunakan dimana saja berada.

Sebagai sistem telekomunikasi selular digital GSM memiliki keunggulan dan kelemahan yang dibandingkan dengan sistem lain, keunggulan GSM di antaranya^[4] :

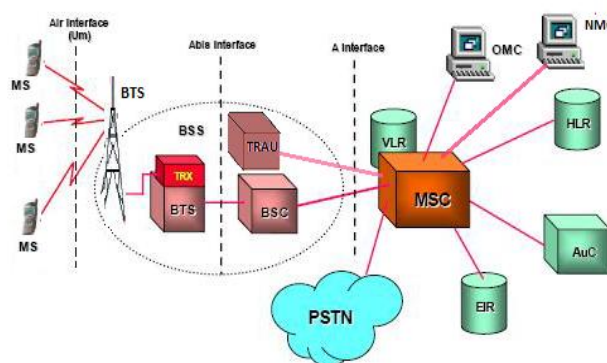
1. Menggunakan teknologi digital dimana kapasitas sistem yang digunakan lebih besar sehingga penggunaan sebuah kanal tidak hanya di peruntukan bagi satu pengguna saja melainkan pada saat pengguna tidak melakukan informasi maka kanal dapat digunakan oleh pengguna lain.
2. Karena berstandar internasional maka memungkinkan terjadinya *international roaming*.
3. Dengan menggunakan teknologi digital, maka tidak hanya mengantarkan suara, tetapi dapat juga mengantarkan teks, data dan video.
4. *Mobile* (dapat dibawa kemana-mana).

Adapun kelemahan dari sistem GSM itu sendiri, antara lain :

1. Lebih mudah disadap, namun ini tidak berlaku pada GSM yang beroperasi pada frekuensi 1800 MHz hanya berlaku pada GSM 900 saja.
2. Pengaturan jaringannya lebih rumit karena setiap sel akan berbeda frekuensi kerjanya.

2.3 Arsitektur Jaringan GSM

Pada GSM sendiri mempunyai arsitektur jaringan agar jaringan GSM dapat beroperasi. Arsitektur tersebut sering dikenal dengan nama arsitektur jaringan GSM. Arsitektur jaringan GSM secara garis besar terdiri dari 3 *Subsystem* yaitu *Radio Sub-System (RSS)*, *Network and Switching Subsystem (NSS)*, dan *Operation and Maintenance Subsystem (OMS)*. Arsitektur jaringan GSM akan di tunjukan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Arsitektur jaringan GSM^[4]

Keterangan :

MS : *Mobile Station*

BSS : *Base Station Subsystem*

BTS : *Base Transceiver Station*

BSC : *Base Station Control*

MSC : *Mobile Switching Centre*

OMC : *Operation and Maintenance Centre*

VLR : *Visitor Location Register*

HLR : *Home Location Register*

AuC : *Authentication Centre*

EIR : *Equipment Identity Register*

TRAU: *Transcoder and Rate Adapter*

NMC : *Network Managment Center*

1. **Radio Subsystem (RSS)**

Radio Subsystem (RSS) merupakan bagian dari GSM yang terdiri atas :

a. **Mobile Station (MS)**

Mobile Station adalah perangkat alat yang digunakan oleh *user* untuk melakukan komunikasi jarak jauh. Secara umum *Mobile System* terdiri dari :

1. *Mobile Equipment (ME)*

Mobile Equipment (ME) merupakan perangkat yang berada disisi *user* (pelanggan) yang memiliki fungsi sebagai terminal pengirim dan penerima sinyal (*transceiver*) agar dapat berkomunikasi dengan perangkat yang lainnya.

2. *Subscriber Identity Module (SIM)*

Subscriber Identity Module (SIM) adalah sebuah *smart card* yang berisi seluruh informasi dari pelanggan dan ada juga beberapa informasi *service* yang dimiliki *SIM card* tersebut. *Mobile equipment (ME)* tidak dapat berfungsi tanpa ada *SIM card* di dalamnya, kecuali hanya melakukan panggilan darurat, yang dapat dilakukan tanpa menggunakan *SIM card* , atau biasanya disebut panggilan *emergency (SOS)*.

b. Base Station Subsystem (BSS)

Base Station Subsystem (BSS) adalah perangkat *subsystem* yang menginkronisasikan antara *Mobile System* (MS) dengan perangkat jaringan GSM lainnya. *Base Station Subsystem* (BSS) terdiri atas tiga bagian yaitu :

1. Base Transceiver Station (BTS)

Base Transceiver Station (BTS) berfungsi sebagai *transceiver* radio untuk melayani sebuah sel, dan juga memberikan pelayanan radio kepada MS. Dalam sebuah BTS terdapat kanal trafik yang digunakan untuk komunikasi. BTS terdiri dari perangkat pemancar dan penerima seperti antenna dan pemroses sinyal untuk sebuah interface. BTS berkomunikasi dengan MS dengan UM interface.

2. Base Station Controller (BSC)

Base Station Controller (BSC) membawahi satu atau lebih BTS serta dan juga berfungsi sebagai penghubung antara sejumlah BTS dan *Mobile Switching Center* (MSC) atau koneksi antara MS dan MSC, dan *Transcoding Rate and Adaption Unit* (TRAU). BSC juga mengatur trafik yang datang dan pergi dari BSC menuju MSC atau BTS. Selain itu BSC dapat mengatur manajemen sumber radio dalam pemberian frekuensi untuk setiap BTS dan mengatur *handover*^[4].

3. Transcoder and Rate Adapter (TRAU)

Transcoder and Rate Adapter (TRAU) berfungsi untuk mentranslasi MSC dari 64 Kbps menjadi 16 Kbps dan juga untuk efisiensi kanal trafik^[4].

2. Network Switching Subsystem (NSS)

Network Switching Subsystem (NSS) merupakan *subsystem* pada jaringan GSM berfungsi sebagai manajemen jaringan, switching dan sebagai *interface* antara jaringan GSM dengan jaringan lainnya. Komponen pokok yang ada pada NSS terdiri atas :

a. Mobile Switching Center (MSC)

Mobile Switching Centre (MSC) atau sering disebut *switch* merupakan bagian terpenting pada NSS, yang bertanggung jawab atas fungsi *switching*

untuk hubungan antar sesama pengguna telepon selular dan antara pengguna telepon selular dengan pengguna telepon tetap.

Selain itu *Mobile Switching Centre* (MSC) berfungsi sebagai pusat penyambungan yang mengendalikan akses antar BSC maupun lalu lintas di antara semua BSC yang terhubung dengannya. MSC tersebut dapat terhubung dengan 1 atau lebih BSC.

Sebagai penghubung antara satu jaringan GSM dengan jaringan lainnya melalui *Interworking Function* (IWF).^[7]

b. Home Location Register (HLR)

Home Location Register (HLR) merupakan *database* yang secara permanen menyimpan informasi mengenai pelanggan, serta dapat memberikan informasi mengenai lokasi pelanggan berada dan terdaftar pada sistem GSM di kota tempat MSC tersebut berada. *Database* pada HLR tidak berubah sampai penghentian pelanggan.

c. Visitor Location Register (VLR)

Visitor Location Register (VLR) merupakan sebuah *database* yang berisi informasi yang bersifat sementara atau temporer mengenai pelanggan yang sedang mengunjungi cakupan area pelayanan MSC, terutama berisi informasi mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan area jaringan tertentu. Dimana MSC yang dimaksud bukan merupakan MSC tempat dilakukan pendaftaran pertama kalinya oleh sistem operator GSM.

VLR memiliki pertukaran data yang luas daripada HLR. VLR diakses oleh MSC untuk setiap panggilan dan MSC dihubungkan dengan VLR. Setiap MSC terhubung dengan sebuah VLR, tetapi satu VLR dapat terhubung dengan beberapa MSC.^[7]

d. Authentication Center (AuC)

Authentication Centre (AuC) berfungsi sebagai *database* yang menyimpan informasi rahasia dan kunci-kunci enkripsi bagi setiap pelanggan di HLR dan VLR yang disimpan dalam bentuk format kode. AuC

digunakan untuk mengontrol penggunaan jaringan yang sah dan mencegah pelanggan yang melakukan kecurangan.^[4]

AuC juga berfungsi menyimpan semua informasi yang diperlukan untuk memeriksa keabsahan pelanggan, sehingga usaha untuk mencoba mengadakan hubungan pembicaraan bagi pelanggan yang tidak sah dapat dihindarkan. Selain itu AuC berfungsi untuk menghindari adanya penyadapan pembicaraan yang tidak sah oleh pihak ketiga.

Berisi parameter *otentikasi* pelanggan untuk mengakses jaringan GSM. AuC berisi parameter seperti Ki, algoritma A3 atau A8. AuC memproduksi tiga buah parameter autentikasi seperti (SRES, RAND, Kc) dan menyimpannya di VLR.^[7]

e. *Equipment Identity Register (EIR)*^[4]

Equipment Identity Register (EIR) merupakan *database* terpusat untuk validasi *International Mobile Equipment Identity (IMEI)* untuk semua ME yang terdaftar. EIR memuat data-data pelanggan yang dibagi dalam tiga kategori yaitu sebagai berikut :

1. *White List* (daftar putih) berisikan ijin untuk berkomunikasi kemana pun. Jika berada dalam *white list* maka setiap permintaan panggilan selalu akan dilayani operator.
2. *Grey List* (daftar abu-abu) berisikan ijin untuk berkomunikasi ke tujuan tertentu. Jika berada dalam *grey list* maka dapat atau tidaknya setiap panggilan dilayani, tergantung dari kebijaksanaan dari operator tersebut.
3. *Black List* (daftar hitam) berisikan larangan untuk berkomunikasi. Jika berada dalam *black list* maka setiap permintaan panggilan tidak akan dilayani oleh operator.

3. *Operation and Maintenance Subsystem (OMS)*

Operation and Maintenance Subsystem (OMS) ini mengizinkan *network provider* yang digunakan untuk membentuk dan memelihara jaringan pada lokasi sentral. Pada bagian OMS terdiri atas :

a. *Operation and Maintenance Centre (OMC)*

Operation and Maintenance Centre (OMC) merupakan pusat pengontrolan operasi dan pemeliharaan jaringan. Fungsi utamanya adalah mengawasi alarm perangkat dan perbaikan terhadap kesalahan pada saat beroperasi.

Selain itu OMC juga memiliki tiga fungsi utama yaitu :

1. Mengatur semua perhitungan biaya telekomunikasi (*billing system*)
2. Mengatur semua MS yang berada dalam suatu jaringan GSM
3. Memelihara perangkat keras dan menangani operasi jaringan.

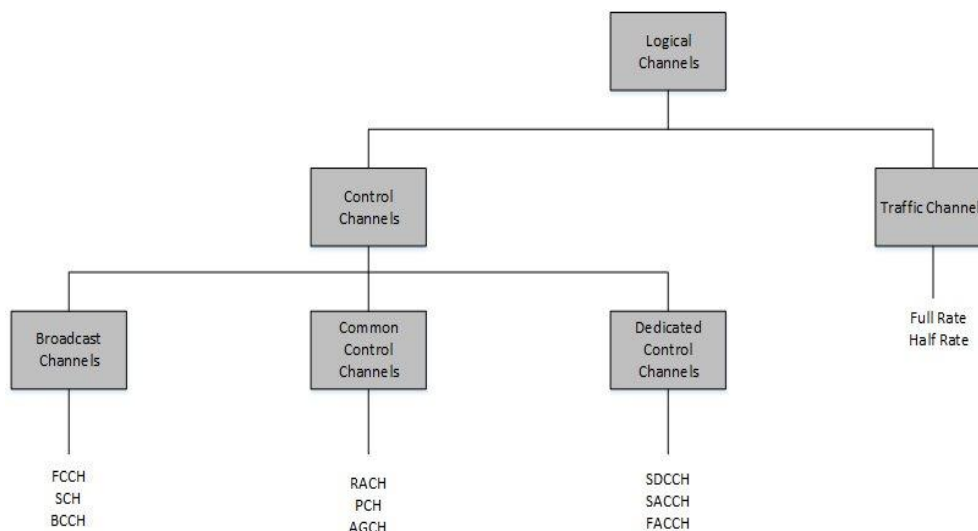
Dalam setiap sistem GSM, sebuah OMC memiliki kewenangan untuk mengatur berbagai parameter BTS dan prosedur perhitungan biaya percakapannya. OMC juga memberikan kemampuan kepada operatornya untuk menentukan kinerja dan integritas setiap MS milik pelanggannya^[4].

b. *Network Management Centre (NMC)*

Network Management Centre (NMC) berfungsi untuk pengontrolan operasi dan pemeliharaan jaringan yang lebih besar dari OMC, seperti menangani konfigurasi jaringan, data performansi, alarm serta statistic dari trafik. Dalam sistem GSM sebuah NMC dan OMC secara fungsional dapat dikombinasikan dalam instalasi yang sama atau di implementasikan pada lokasi yang berbeda.

2.4 Konsep kanal pada GSM^[7]

Pada sistem GSM terdapat dua kanal yaitu kanal fisik dan kanal logika. Gambar struktur kanal GSM dapat dilihat pada gambar.

Gambar 2.4 Struktur Kanal GSM^[7]

Kanal terdiri dari 2 jenis :

1. Kanal Fisik :

- Satu *timeslot* (TS) *frame* TDMA merupakan satu kanal fisik.
- Setiap *carrier* RF terdiri 8 TS (CH 0-7)

2. Kanal Logic :

- Kanal Trafik (TCH) dapat membawa suara atau data untuk layanan komunikasi. TCH dibagi dua jenis, *full rate channel* dengan *Bit rate* 13 Kbps dan *half rate channel* dengan kecepatan bit 6,5 Kbps.
- Kanal Kontrol digunakan untuk keperluan *signaling*.
- Kanal logik ditumpangkan pada kanal fisik.

A. Kanal Kontrol BCH^[7]

Broadcast Control Channel (BCH)

Broadcast Control Channel adalah kanal downlink point to multipoint yang memuat informasi umum tentang jaringan dan broadcasting cell. Terdapat 3 type broadcast control channel :

- *Broadcast Control Channel* (BCCH),
- *Frequency Correction Channel* (FCCH),

- *Synchronisation Channel* (SCH).

1. **Broadcast Control Channel (BCCH)**

Broadcast Control Channel berisi informasi detail jaringan dan informasi spesifik cell, yang terdiri dari :

- Frekuensi yang digunakan oleh cell (particular cell).
- Frequency Hopping Sequence yang digunakan untuk mengurangi efek negatif dalam interface radio (interferensi) sehingga informasi yang dipancarkan hilang untuk itu MS harus pindah ke frekuensi lain yang didalam cell. Kejadian dimana MS harus pindah frekuensi disebut Frequency Hopping Sequence.
- Channel Combination berkaitan dengan metoda mapping yang digunakan didalam cell. Tergantung pada jumlah frekuensi yang digunakan didalam cell. Banyaknya physical channel yang tersedia adalah 8 kali jumlah frekuensi yang digunakan. Kebanyakan dari kanal tersebut digunakan untuk trafik. Ada lebih dari satu cara untuk menempatkan logical channel ke dalam physical channel yang tersedia. Bagaimana logical channel ditempatkan dari cell yang satu ke cell lainnya tergantung pada kategorinya.
- Paging Groups. Dalam kondisi normal didalam setiap cell terdapat lebih dari satu paging channel. Untuk menjaga agar MS tidak mendengarkan seluruh paging channels maka paging channels tersebut dibagi-bagi untuk setiap group MS, sehingga group MS hanya mendengarkan paging channel tertentu saja. Hal tersebut sebagai paging group.

2. **Frequency Correction Channel (FCCH)**

Frequency Correction Channel (FCCH) adalah gelombang sinus murni (non modulated signal) sehingga mobile station (MS) dapat tuning ke broadcast frequency dengan mudah (arah downlink). MS mencari signal FCCH sesaat setelah dihidupkan (switched on) FCCH dipancarkan secara broadcast point to multipoint.

- Arah *downlink*
- *Point to Multipoint*
- Sinkronisasi *frekuensi* MS
- Gelombang sinus

3. ***Synchronization Channel (SCH)***

Synchronization Channel (SCH) memuat base station identity code (BSIC) dan me-reduksi TDMA frame number. BSIC diperlukan untuk mengetahui bahwa signal yang diterima oleh MS berasal dari base station yang benar karena dalam beberapa kasus MS juga dapat menerima signal dari base station lain (yang jauh) yang menggunakan frekuensi sama.

- Arah *downlink*
- *Point to Multipoint*
- TDMA *frame structure* (untuk sinkronisasi *frame*)
- Info *Base Station Identity Code (BSIC)*

B. **Kanal logik CCCH^[7]**

Common Control Channel (CCCH)

Common Control Channel (CCCH) digunakan untuk melakukan koneksi point to point. Terdapat 3 type CCCH diantaranya :

1. ***Paging Channel (PCH)***

Adalah kanal *downlink* yang dipancarkan secara broadcast oleh seluruh BTS yang berada didalam suatu Location Area dalam hal ini MS berlaku sebagai penerima panggilan atau terminated call.

- Arah *downlink*
- *Point to Multipoint*
- *Paging message (IMSI/TMSI)*

2. ***Random Access Channel (RACH)***

Adalah kanal *uplink* dan merupakan kanal point to point didalam Common Control Channels, kanal ini digunakan oleh MS untuk memulai transaksi atau sebagai response terhadap PCH.

- *Uplink*
- *Point to Point*
- *MS call set up*

3. *Access Grant Channel (AGCH)*

Adalah kanal downlink point to point dan merupakan jawaban terhadap RACH . kanal ini digunakan untuk mengalokasikan SDCCH.

- *Downlink*
- *Point to Point*
- Menyediakan kanal *signalling* (SDCCH)

C. **Kanal logik DCCH^[7]**

Dedicated Control Channel (DCCH)

Digunakan untuk call sett-up, pengiriman hasil pengukuran dan handover. Sifatnya dua arah dan merupakan kanal point to point. DCCH terdiri dari tiga kelompok kanal dedicated, diantaranya :

1. *Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH)*

Digunakan untuk sistem signalling : call set-up, autentikasi, location updating pengalokasikan kanal trafik dan pengiriman SMS.

- *Arah downlink dan uplink*
- *Point to Point*
- *Call set up*
- *Authentication*
- *Location Updating*
- *Short message dan cell broadcast*
- Menyediakan TCH

2. *Slow Associated Control Channel (SACCH)*

SACCH menyatu dengan SDCCH dan TCH. SACCH mengirimkan laporan pengukuran, dan digunakan untuk power control dan time alignment serta dalam beberapa hal digunakan untuk mengirimkan SMS.

- Downlink dan uplink
- Point to Point
- Uplink : MS measurement data
- Downlink :
 - MS power output
 - Timing advanced

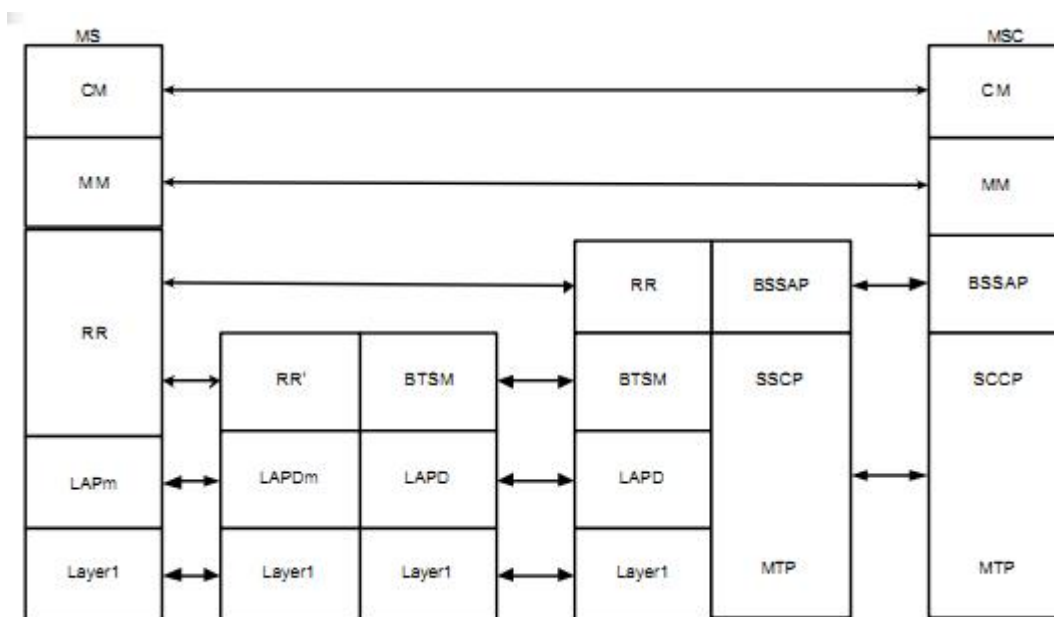
3. Fast Associated Control Channel (FACCH)

Digunakan pada saat diperlukan handover, FACCH ditempatkan pada TCH, dan menggantikan pembicaraan selama 20 ms. Hal ini disebut sebagai bekerja didalam Stealing Mode.

- Downlink dan uplink
- Point to Point
- Handover
- Stealing mode (pengganti sementara TCH)

2.5 Signalling^[7]

1. Signalling MS-BSC-MSC



Gambar 2.5. Signalling MS-BSC-MSC

2. *Signalling Protocol*

- *Radio Resource (RR)*: mengalokasikan, dealokasikan parameter-parameter kanal radio. Penting untuk *set-up* komunikasi pada MS.
- *Mobility Management (MM)*: mengatur administrasi lokalisasi MS dan *handover*.
- *Circuit Mode Connection Call Protocol (CM atau CC)*: mengatur administrasi pembangunan dan pemutusan komunikasi.
- *BTS Management (BTSM)* melewati *Abis Interface*.
- *BSS Application Part (BSSAP)* melewati *A interface*.
- *Layer transport* diduduki oleh protokol SS7, SCCP, dan MTP
- *Mobile Application Part (MAP)* digunakan untuk pensinyalan antara MSC, HLR, dan VLR.

2.6 *Handover*^[7]

Handover secara umum dikategorikan dalam dua kategori yaitu *soft handover* dan *hard handover*. Pada jaringan bergerak GSM terdapat lima model *handover* yaitu *Intra System Handover*, *Inter System Handover*, *Hard Handover*, *Soft Handover* dan *Softer Handover*.

Penjelasan jenis *handover* pada jaringan GSM adalah sebagai berikut :

1. *Intra System Handover*

Intra System Handover yaitu proses *handover* yang terjadi dalam satu sistem. Jenis *handover* ini dapat dikategorikan lagi menjadi *intra frequency handover* dan *inter frequency handover*. *Intra frequency handover* terjadi di dalam sel yang memiliki carrier GSM yang sama sedangkan *inter frequency handover* terjadi di antara sel-sel yang menggunakan carrier GSM yang berbeda.

2. *Inter System Handover*

Inter system handover terjadi di antara sel-sel yang memiliki dua teknologi yang berbeda dalam akses radio yaitu *Radio Access Technology (RAT)* yang berbeda atau *Radio Access Mode (RAM)* yang berbeda. *Handover* ini

dapat dicontohkan dengan terjadinya proses pemindahan dari GSM ke WCDMA atau sebaliknya.

3. *Hard Handover*

Hard Handover merupakan proses yang terjadi pada *handover* dimana hubungan komunikasi radio yang sedang terjadi dilepaskan sebelum hubungan radio yang baru terbentuk atau disebut juga istilah *break before make*. Proses ini dapat terjadi dalam pemindahan frekuensi dalam satu sel maupun satu *carrier* (*intra frequency handover*) atau dalam proses pemindahan dari teknologi yang berbeda (*intra frequency handover*).

4. *Soft Handover*

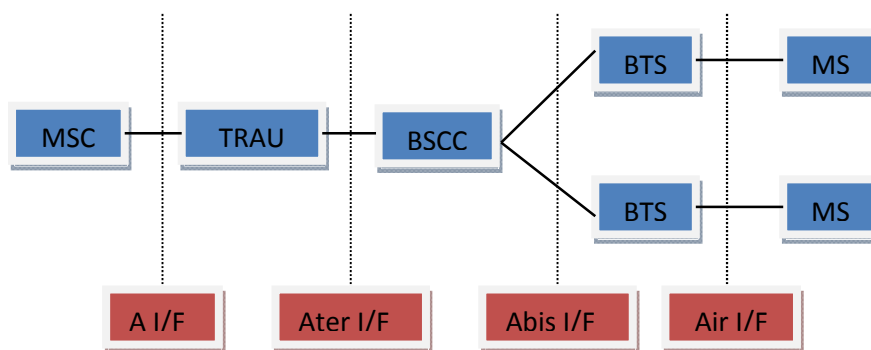
Handover ini terjadi pada saat MS terus menerus berkomunikasi dengan dua sel atau lebih secara bersamaan yang memiliki BS yang berbeda dari *Radio Network Controller*(RNC) yang sama (*intra RNC*) atau RNC yang berbeda (*inter RNC*). Semua hubungan yang sedang terjadi tidak akan dilepaskan sebelum hubungan radio yang baru terbentuk atau dengan istilah *make before break*.

5. *Softer Handover*

Kejadian ini dapat dideskripsikan dengan perpindahan dua sektor yang sedang melayani MS dalam satu BTS, *softer handover* ini terjadi dalam satu frekuensi *carrier* atau termasuk dalam proses *intra frequency handover*.

2.7 Antarmuka Pada Jaringan GSM

Antarmuka (*Interface*) pada jaringan GSM ini berfungsi sebagai penghubung antara *subsystem* satu dengan *subsystem* yang lainnya. Ada empat antarmuka (*interface*) utama yang ada pada jaringan GSM, seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Antarmuka (*Interface*) pada GSM^[4]

Keterangan :

1. A I/F : *A Interface*

A Interface merupakan antarmuka atau penghubung antara MSC dan BSS atau lebih pastinya *A Interface* ini menghubungkan MSC dengan TRAU, *interface* ini berupa kabel.

2. Ater I/F : *Ater Interface*

Ater Interface merupakan antarmuka atau *interface* yang menghubungkan antara TRAU dengan BSC, *interface* ini berupa kabel penghubung.

3. Abis I/F : *Abis Interface*

Abis Interface merupakan antarmuka atau *interface* yang menghubungkan antara BTS dengan BSC, *interface* ini berupa kabel.

4. Air I/F : *Air Interface* (Antarmuka melalui Udara)

Air Interface merupakan antarmuka atau *interface* yang menghubungkan antara BTS dengan MS melalui frekuensi radio.

2.8 Sistem Radio GSM

Adapun spesifikasi jaringan GSM yaitu antara lain:

- a. Menggunakan 2 *band* dengan lebar 25 MHz untuk masing-masing arah link data. Frekuensi 890-915 MHz *band* digunakan untuk *uplink* ke arah *Base Station* sedangkan frekuensi 935-960 digunakan untuk alokasi frekuensi *downlink* ke arah pelanggan.
- b. Kedua alokasi frekuensi tersebut masing-masing dibagi lagi ke dalam beberapa kanal frekuensi lagi dengan lebar masing-masing 200 KHz yang biasa disebut

- sebagai *Absolute Radio Frequency Channel Numbers* (ARFCN). ARFCN mensyaratkan bahwa untuk masing-masing arah frekuensi *uplink* dan *downlink* dipisahkan dengan lebar frekuensi 45 MHz,
- c. Setiap alokasi frekuensi tertentu atau ARFCN dipakai bersama-sama oleh 8 *user* dengan menggunakan metode TDMA, masing-masing *user* menggunakan *time slot* tertentu yang unik,
 - d. *Data rate* untuk masing-masing kanal radio tersebut adalah sebesar 270,833 Kbps menggunakan binari BT = 0,3 GMSK *modulation*, dengan *signaling bit duration* sebesar 3,692 μ s, maka *rate* efektif yang diperoleh masing-masing *user* adalah sebesar 33,854 Kbps,
 - e. Setiap *time slot* yang dialokasikan untuk setiap *user* memiliki ekuivalen 156,25 *channel bits*. Namun terdiri dari 8,25 bits untuk *guard time*, dan 6bits untuk *start* dan *stop* bit agar mencegah terjadinya *overlap* antar *time slot*,
 - f. Setiap *time slot* memiliki durasi 5576,92 μ s, sedangkan sebuah *frame* tunggal TDMA memiliki durasi 4,615 ms, sehingga total kanal yang tersedia dengan *bandwidth* 25 Mhz adalah sebesar 125. Jika masing masing kanal radio memiliki 8 *time slot*, maka terdapat total 1000 *traffic* yang dapat dilayani oleh GSM.

Secara praktek digunakan *guard band* sebesar 100Khz pada *upper* dan *lower* spektrum GSM, sehingga hanya tersedia 124 kanal.

2.9 METODE AKSES JARINGAN GSM

Metode akses yang digunakan pada jaringan GSM untuk berkomunikasi dua arah secara *downlink* dan *uplink* (*duplex transmission*) menggunakan teknik *Frequency Division Duplex* (FDD). Teknik FDD ini berfungsi untuk membedakan transmisi *uplink* dan *downlink*.

Frequency Division Duplex (FDD) merupakan pentransmisi komunikasi secara *uplink* dan *downlink* menggunakan frekuensi yang berbeda. Jarak antara frekuensi *uplink* dan *downlink* disebut dengan *duplex distance*.

Sedangkan *multiple access* yang digunakan pada sistem GSM adalah *multiple access* jenis *Time Division Multiple Access* (TDMA). Teknik ini digunakan untuk

menghindari adanya *interface* saat melakukan kegiatan komunikasi yang dikarenakan adanya penempatan beberapa usir dalam satu kanal frekuensi.

Pada TDMA, kanal frekuensi tidak secara permanen didedikasikan kepada *mobile user* secara individual, tetapi frekuensi tersebut digunakan secara bersama-sama dengan *user* lain hanya dengan waktu yang berbeda. Perbedaan waktu tersebut dibagi menjadi bagian-bagian yang dinamakan TDMA Time lot, yang kemudian akan diberikan secara individual kepada *mobile user*.

2.10 ALOKASI FREKUENSI GSM

Di Eropa, pada awalnya GSM didesain untuk beroperasi pada *band* frekuensi 900 MHz, dimana untuk frekuensi *uplink*-nya digunakan frekuensi 890-915 MHz, dan frekuensi *downlink*-nya menggunakan frekuensi 935-960 MHz. Penggunaan *bandwidth* sebesar 25 MHz yang digunakan ini ($915 - 890 = 960 - 935 = 25$ MHz), dan lebar kanal sebesar 200 KHz, maka akan didapat 125 kanal, dimana 124 kanal digunakan untuk layanan suara dan satu kanal digunakan untuk *signalling*. Pada perkembangannya, jumlah kanal sebanyak 124 kanal tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan yang disebabkan pesatnya pertambahan jumlah *subscriber*. Untuk memenuhi kebutuhan kanal yang lebih banyak ini, maka regulator GSM di Eropa mencoba menggunakan tambahan frekuensi untuk GSM pada *band* frekuensi di *range* 1800 MHz, yaitu *band* frekuensi pada 1710-1785 MHz sebagai frekuensi *uplink* dan frekuensi 1805-1880 MHz sebagai frekuensi *downlink*-nya. GSM dengan *band* frekuensi 1800 MHz ini dikenal dengan sebutan GSM 1800. GSM 1800 ini tersedia *bandwidth* sebesar 75 MHz ($1880 - 1805 = 1785 - 1710$) dengan lebar kanal tetap sama seperti GSM 900, yaitu 200 KHz, maka pada GSM 1800 akan tersedia kanal sebanyak 375 kanal.

Global System for Mobile communication (GSM) merupakan teknologi yang dapat mentransmisikan *voice* dan data, namun *bitrate*-nya masih kecil yaitu 9,6 kbps untuk data dan 13 kbps untuk *voice*, menggunakan teknologi *circuit switch*, artinya pembagian kanal di mana setiap satu kanal itu mutlak dimiliki oleh satu *user*. Sistem GSM/GPRS memiliki *bandwidth* 25 MHz pada frekuensi kerja 890 – 915 MHz

untuk *uplink* dan 935 – 960 MHz untuk *downlink*. Penggunaan sistem *multiplexing* FDM/TDM terdapat 124 frekuensi *carrier* dengan *bandwidth* sebesar 200 KHz. Beberapa kanal tersebut disebut dengan *cellallocation* yang dialokasikan untuk sebuah BTS dalam satu sel. Sistem komunikasi bergerak seluler GSM mempunyai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ETSI seperti yang terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik GSM 900

Lebar pita frekuensi	<i>Uplink</i> 890 – 915 MHz <i>Downlink</i> 935 – 960 MHz
<i>Duplex Spacing</i>	45 MHz
<i>Carrier Spacing</i> (ARFCN)	200 KHz
Kecepatan Transmisi	270 Kbps
Metode Akses	TDMA/FDD

Digital Cellular System (DCS) 1800 merupakan sistem turunan dari standar GSM yang dikembangkan oleh ETSI. DCS 1800 mempunyai *bandwidth* frekuensi sebesar 75 MHz atau 374 *carrier*, sehingga kapasitas trafiknya tigakali lebih tinggi dari jaringan seluler GSM 900. Pembagian kanalnya sama dengan frekuensi GSM 900 MHz yaitu 200 KHz sehingga jumlah carriernya (ARFCN) yaitu 75 MHz/0,2 MHz menjadi 375 kanal. Penomoran kanal ARFCN-nya dimulai dari 511 dan berakhir 885. Perbedaan yang jelas nampak dari penggunaan *range* frekuensi sebagai kanal fisiknya. Karakteristik dari DCS 1800 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik DCS 1800

Lebar pita frekuensi	<i>Uplink</i> 1710 – 1785 MHz <i>Downlink</i> 1805 – 1880 MHz
<i>Duplex Spacing</i>	95 MHz
<i>Carrier spacing</i> (ARFCN)	200 KHz
Kecepatan Transmisi	270,83 Kbps
Metode Akses	TDMA/FDD

2.11 General Packet Radio Service (GPRS)

GPRS merupakan sistem transmisi berbasis paket untuk GSM yang menggunakan prinsip '*tunnelling*'. Ia menawarkan laju data yang lebih tinggi. Laju datanya secara kasar sampai 160 kbps dibandingkan dengan 9,6 kbps yang dapat disediakan oleh rangkaian tersakelar GSM. Kanal-kanal radio ganda dapat dialokasikan bagi seorang pengguna dan kanal yang sama dapat pula digunakan dengan berbagi antar pengguna sehingga menjadi sangat efisien. Dari segi biaya, harga mengacu pada volume penggunaan. Penggunaanya ditarik biaya dalam kaitannya dengan banyaknya *byte* yang dikirim atau diterima, tanpa memperdulikan panggilan, dengan demikian dimungkinkan GPRS akan menjadi lebih cenderung dipilih oleh pelanggan untuk mengaksesnya daripada layanan-layanan IP.

GPRS merupakan teknologi baru yang memungkinkan para operator jaringan komunikasi bergerak menawarkan layanan data dengan laju *bit* yang lebih tinggi dengan tarif rendah, sehingga membuat layanan data menjadi menarik bagi pasar massal. Para operator jaringan komunikasi bergerak di luar negeri kini melihat GPRS sebagai kunci untuk mengembangkan pasar komunikasi bergerak menjadi pesaing baru di lahan yang pernah menjadi milik jaringan kabel, yakni layanan internet. Kondisi ini dimungkinkan karena ledakan penggunaan internet melalui jaringan kabel (telepon) dapat pula dilakukan melalui jaringan bergerak. Layanan bergerak yang kini sukses di pasar adalah, laporan cuaca, pemesanan makanan, berita olah raga sampai ke berita-berita penting harian. Dari perkembangan tersebut, dapat dirasakan dampaknya pada kemunculan berbagai *provider celuler* yang bersaing menawarkan tarif GPRS yang semakin terjangkau. Teknologi GPRS memiliki tiga fitur keunggulan yaitu :

1. Selalu online, GPRS menghilangkan mekanisme dial kepada pengguna pada saat ingin mengakses data, sehingga dapat dikatakan selalu online karena transfer data dikirim berupa paket dan tidak bergantung pada waktu koneksi.
2. Penambahan sistem GPRS tidak perlu menghilangkan sistem lama karena GPRS dijalankan di atas infrastruktur yang telah ada.
3. Bagian yang tidak terpisahkan dari EDGE dan WCDMA. GPRS merupakan inti dari mekanisme pengiriman paket data untuk teknologi 3G.

GPRS dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan kemampuannya, yaitu :

1. Kelas A

Layanan ini dapat digunakan secara bersamaan suara dan SMS pada jaringan GPRS dan GSM.

2. Kelas B

Penggunaan pada kelas ini dapat dihubungkan ke jaringan GPRS dan GSM tetapi dalam melakukan layanan suara maupun SMS maka GPRS harus menunggu atau tertahan dan akan otomatis aktif kembali setelah layanan GSM yaitu telepon atau SMS diakhiri. Kebanyakan perangkat GPRS tergolong dalam kelas B.

3. Kelas C

Pada kelas ini layanan GSM suara dan SMS harus dilakukan penggantian secara manual jika akan melakukan layanan GPRS.

Dalam teorinya GPRS menjanjikan kecepatan mulai dari 56 kbps sampai 115 kbps, sehingga memungkinkan akses internet, pengiriman data multimedia ke komputer, "notebook" dan "handheld computer". Namun, dalam implementasinya, hal tersebut sangat tergantung faktor-faktor sebagai berikut:

- a. Konfigurasi dan alokasi *time slot* pada level BTS
- b. *Software* yang dipergunakan
- c. Dukungan fitur dan aplikasi ponsel yang digunakan

Ini menjelaskan mengapa pada saat-saat tertentu dan di lokasi tertentu akses GPRS terasa lambat.

1. Komponen-komponen Jaringan GPRS

Komponen-komponen utama jaringan GPRS adalah:

- a. *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) : gerbang penghubung jaringan GPRS ke jaringan internet. Fungsi dari komponen ini adalah sebagai interface ke *Public Data Network* (PDN), *information routing*, *network screening*, *user screening*, *address mapping*.

- b. *Serving GPRS Support Node* (SGSN) : gerbang penghubung jaringan BSS/BTS ke jaringan GPRS. Komponen ini berfungsi untuk mengantarkan paket data ke MS, *update* pelanggan ke HLR, registrasi pelanggan baru.
- c. PCU : komponen di *level* BSS yang menghubungkan terminal ke jaringan GPRS.

2. Pengembangan GPRS

1. Generasi 2,75G

Generasi 2,75G dikenal dengan generasi EDGE. EDGE diperkenalkan oleh AT&T di Amerika Serikat pada tahun 2003. Secara teknis sebetulnya EDGE telah memenuhi standar 3G yang ditetapkan oleh ITU. Teknologi ini dapat mengirimkan data lebih cepat dari 2.5G.

2. Generasi 3G

Teknologi 3G terbagi menjadi GSM dan CDMA. Teknologi 3G sering disebut dengan *mobile broadband* karena keunggulannya sebagai modem untuk internet yang dapat dibawa ke mana saja. Perkembangan teknologi 3G secara komersial dimulai pada Oktober, 2001, ketika NTTDoCoMo dari Jepang dengan teknologi W-CDMA menjual produknya untuk pertama kali secara terbatas. Kemudian disusul oleh SK Telecom, Korea Selatan pada tahun 2002 dengan teknologi 1xEV-DO, diikuti oleh KTF dari Korea Selatan dengan teknologi EV-DO. Keberhasilan layanan 3G di kedua negara ini disebabkan oleh faktor dukungan pemerintah. Pemerintah Jepang tidak mengenakan biaya di muka (*upfront fee*) atas penggunaan lisensi spektrum 3G atas operator-operator di Jepang (ada tiga operator: NTT Docomo, KDDI dan Vodafone). Sedangkan pemerintah Korea Selatan, walau pun mengenakan biaya di muka, memberikan insentif dan bantuan dalam pengembangan nirkabel pita lebar (Korea Selatan adalah negara yang menggunakan *Cisco Gigabit Switch Router* terbanyak di dunia) sebagai bagian dalam strategi pengembangan infrastruktur.

Di Eropa, dipelopori oleh *British Telecom* dan *Telenor* dengan teknologi W-CDMA pada Desember 2001. Di Amerika Serikat jaringan 3G dipelopori oleh *Monet Mobile Networks* dengan teknologi CDMA20001xEV-DO, diikuti oleh Verizon Wireless pada tahun 2003. Di Australia jaringan 3G komersial pertama kali diperkenalkan oleh *Hutchinson Telecommunication* dengan nama *Three* pada bulan maret 2003. Pada bulan Desember 2007 jaringan 3G telah dioperasikan di 40 negara dan 154 jaringan HSDPA telah beroperasi di 71 negara, dan 200 juta pelanggan telah terhubung melalui jaringan 3G.

Perkembangan teknologi 3G mengharuskan pengaturan spektrum secara global, melalui penyediaan pita (*band*) yang lebih luas. Adanya teknologi 3G sebagai hasil pengembangan teknologi generasi kedua, yaitu hasil perkembangan evolusioner, yang masih menggunakan perangkat jaringan 2G yang diperluas dan hasil perkembangan revolusioner yang memerlukan jaringan dan alokasi frekuensi yang sama sekali baru. Secara evolusioner, IMT-2000 telah menerapkan dua macam evolusi ke 3G, yakni dari 2G CDMA standar IS-95 (cdmaOne) ke IMT-SC (cdma2000) dan dari 2G TDMA standar (GSM/IS-136) ke IMT-SC (EDGE). Secara revolusioner, IMT-2000 membangun alokasi spektrum yang baru terkait tuntutan saluran yang makin luas.

3. Generasi 3,5G

Generasi 3,5G merupakan pengembangan dari 3G yang memungkinkan pengiriman data lebih cepat. Perbandingan antara 3G dan 3,5G terlihat jelas pada kecepatan transmisi. Pada 3G, kecepatan transmisi maksimal 384kbps, sementara pada 3,5G kecepatan transmisi maksimal mencapai 3,6Mbps. Generasi 3G dan 3,5G mendukung layanan video call yang memungkinkan penelpon dan penerima saling bertatap muka.

4. Generasi 4G

Belakangan ini industri nirkabel mulai mengembangkan teknologi 4G, meskipun sebenarnya teknologi 4G ini seperti *Long Term Evolution* (LTE)

hanya merupakan evolusi dari teknologi 3GPP dan *Ultra Mobile Broadband* (UMB) berasal dari 3GPP2, sehingga sulit untuk membedakan dengan jelas teknologi 3G dan 4G. Salah satu teknologi 4G yaitu *WiMax mobile standard* telah diterima oleh ITU untuk ditambahkan pada IMT-2000, sehingga teknologi baru ini masih digolongkan ke dalam keluarga 3G. *International Telecommunication Union* (ITU) sedang mempelajari kemampuan *mobile broadband* yang disebut *IMT-advanced* yang disebut teknologi generasi keempat (4G). Diharapkan ITU segera melaksanakan penggunaan IMT-2000 (3G) dan *IMT-Advanced* (4G), konsekuensinya ITU harus menambah pita baik dibawah 1 GHz maupun diatas 2GHz.

2.12 *Enhanced Data Rates For GSM Evolution (EDGE)*

EDGE yang merupakan singkatan dari *Enhanced Data Rates For GSM Evolution*. Arsitektur jaringannya pada dasarnya sama dengan GPRS. Termasuk antar mukanya, *protocol* dan prosedur aksesnya. Tujuan EDGE adalah menawarkan efisiensi lebar pita yang lebih tinggi lagi. Sehingga lebih banyak pengguna dikomunikasi data dapat ditangani pada pita selebar 200 kHz itu.

EDGE atau *Enhanced Data Rates For GSM Evolution* adalah teknologi evolusi dari GSM dan IS-136. Tujuan pengembangan teknologi baru ini adalah untuk meningkatkan kecepatan transmisi data, efisiensi spektrum, dan memungkinkannya penggunaan aplikasi-aplikasi baru serta meningkatkan kapasitas.

Pengaplikasian EDGE pada jaringan GSM fase 2+ seperti GPRS dan HSCSD dilakukan dengan penambahan lapisan fisik baru pada sisi *Radio Access Network* (RAN). Jadi tidak ada perubahan di sisi jaringan inti seperti MSC, SGSN, ataupun GGSN.

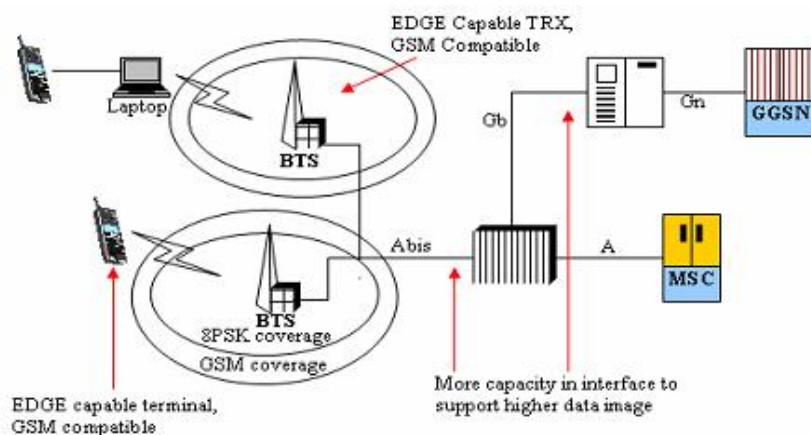
EDGE mengalami perkembangan dari beberapa generasi terdahulu. Perkembangan teknologi ini didahului oleh AMPS sebagai teknologi komunikasi selular generasi pertama pada tahun 1978, hingga sekarang (tahun 2006), perkembangannya sudah sampai pada teknologi generasi ke-4, walaupun masih dalam tahap penelitian dan uji coba. GSM sendiri sebagai salah satu teknologi komunikasi mobile generasi kedua, merupakan teknologi yang saat ini paling banyak digunakan di berbagai negara. Dalam perkembangannya, GSM yang mampu

menyalurkan komunikasi suara dan data berkecepatan rendah (9.6 - 14.4 kbps), kemudian berkembang menjadi GPRS yang mampu menyalurkan suara dan juga data dengan kecepatan yang lebih baik, 115 kbps.

Pada fase selanjutnya, meningkatnya kebutuhan akan sebuah system komunikasi *mobile* yang mampu menyalurkan data dengan kecepatan yang lebih tinggi, dan untuk menjawab kebutuhan ini kemudian diperkenalkanlah *Enhanced Data rates for GSM Evolution* (EDGE) yang mampu menyalurkan data dengan kecepatan hingga 3 kali kecepatan GPRS, yaitu 384 kbps.

1. Arsitektur EDGE

Enhance Data Rates For GSM Evolution (EDGE) merupakan salah satu standar untuk komunikasi data wireless yang diimplementasikan pada jaringan selular GSM dan merupakan tahapan lanjutan dalam evolusi menuju *mobile multimedia communication*. EDGE merupakan evolusi terakhir teknologi sistem selular GSM menuju *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) dengan kecepatan paket data 473,6 kbps.



Gambar 2.7 Arsitektur EDGE

2. Teknik Modulasi EDGE

Perubahan utama GSM untuk mendukung laju data yang tinggi yaitu dengan memperkenalkan modulasi baru (8PSK). Modulasi 8 – PSK membawa 3 *bit* per simbol sedangkan modulasi GMSK hanya satu *bit* per simbol. Kecepatan laju data dalam EGPRS/EDGE dapat ditingkatkan sampai 3 kali dengan menyesuaikan kanal *fading fluctuation* dan pemilihan *coding scheme* yang sesuai.

EDGE menggunakan kanal 200 kHz dan delapan *slot* waktu seperti halnya pada GSM dan GPRS. Tetapi pada EDGE ini dipergunakan modulasi PSK-8 (*Phase Shift Keying*) disamping GMSK 0,3 yang digunakan GSM. Dengan PSK-8 ini berarti ada delapan perubahan sudut fasa gelombang yang masing - masing mewakili tiga *bit* data. Delapan sudut fasa itu adalah : 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° . Setiap perubahan sudut fasa sinyal berarti menyatakan perubahan dari kelompok deretan tiga *bit*. Laju simbolnya tetap 270833,3 simbol per detik seperti halnya pada GSM. Tetapi, setiap simbol sekarang mewakili 3 *bit*. Jika GPRS memiliki laju data kasar 160 kbps, EDGE dapat 384 kbps.

2.13 Key Performance Indicators (KPI)

KPI digunakan sebagai standar nilai yang harus dicapai, dan sebagai pedoman untuk menentukan kualitas jaringan apakah sudah sesuai atau masih perlu untuk melakukan perbaikan kualitas jaringan. Pada pengukuran sinyal GPRS dan EDGE standar parameter yang di teliti yaitu nilai *RxLevel*, *Rx Qual* dan nilai *throughput* maksimum yang diperoleh.

Dalam pengukuran kualitas jaringan GSM target KPI yang harus dicapai dapat dilihat pada table 3.2 berikut :

Tabel 2.3 Key Performance Indicators GSM

Standar Parameter		Target
<i>Plotting Coverage</i>	RxLevel \geq -85 dBm	80 %
	RxQual \geq 7 dBm	80 %
GSM Max <i>Throughput</i>	<i>Download</i>	15 Kbps
	<i>Upload</i>	10 Kbps

EDGE Max Throughput	Download	90 Kbps
	Upload	30 Kbps

Perhitungan nilai target KPI

Untuk menghitung jumlah nilai yang didapat berdasarkan target nilai KPI dalam satuan persen dapat dihitung dengan rumus,

$$\frac{\text{sampel nilai RxLevel atau RxQual}}{\text{Jumlah sampel keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots [2.2]$$

Tabel 2.4 Rumus Perhitungan KPI

RxQual	RxLevel	No. of Sample	%
2 to 7	-75 to 0		$\frac{\text{sample } (-75 \text{ to } 0)}{\text{Total Sample}} \times 100\%$
1 to 2	-85 to -75		$\frac{\text{sample } (-85 \text{ to } 75)}{\text{Total Sample}} \times 100\%$

Tabel 2.4 digunakan untuk menghitung KPI dari data yang diperoleh pada proses *drive test*, pada kolom No. of Sample diisi jumlah sample nilai yang muncul pada saat *drive test* dan dapat dilihat dengan menggunakan Map Info.

2.14 Drive Test Menggunakan Test Mobile System (TEMS)

Drive Test ialah proses pengukuran sistem komunikasi bergerak pada sisi gelombang radio diudara yaitu dari arah Node B ke UE atau sebaliknya, dengan menggunakan ponsel yang didesain secara khusus untuk pengukuran.^[5]

Drive test bertujuan untuk mengukur kualitas sinyal dan memperbaiki segala masalah yang berhubungan dengan sinyal. Informasi yang ditampilkan pada mode ini didapat dari perangkat TEMS secara langsung saat dilakukan drivetest.

TEMS merupakan perlengkapan (*hardware* dan *software*) *investigasi* dan *maintenance* yang digunakan untuk pengukuran dan pemeriksaan sinyal pada sisi *air interface* dalam *network* seluler *Global System for Mobile Communication* (GSM).

Data yang telah diukur dapat digunakan untuk menganalisa kerusakan atau menentukan kualitas jaringan. Adapun hasil dari *drive test* akan disimpan dalam bentuk *logfile*, dengan tujuan untuk proses analisis setelah proses pengukuran^[1].

Proses dalam melakukan *drive test* terdapat dua *mode* yaitu *Idle mode* dan *Dedicated mode*. *Idle mode* yaitu suatu proses *drive test* dimana posisi MS dalam keadaan *idle* atau diam tidak melakukan aktivitas layanan panggilan baik suara maupun data sehingga hanya menerima sinyal yang dipancarkan oleh BTS. Mode ini digunakan untuk mengambil *sample level* sinyal di sisi penerima atau MS dari BTS. *Dedicated mode* yaitu proses pengambilan data dimana MS dalam keadaan melakukan layanan panggilan baik suara maupun data sehingga dapat diketahui nilai kualitas sinyal yang diterima oleh MS.

Informasi parameter yang akan diamati pada saat *drive test* ditampilkan dengan menggunakan *software* TEMS yang sudah terkoneksi dengan ponsel yang kompatibel dengan *software* tersebut. Parameter yang diamati pada *drive test* jaringan GSM 2G ini yaitu :

a. Rx Level dan Coverage

Parameter Rx Level merupakan parameter yang digunakan untuk mengindikasikan suatu level sinyal yang dipancarkan oleh BTS yang sedang diterima oleh MS. Parameter ini digunakan juga untuk mengukur seberapa luas jangkauan sinyal atau *coverage* dalam suatu pancaran sinyal oleh BTS.

b. Rx Qual dan SQI

Rx Qual merupakan parameter yang digunakan untuk mengindikasikan kualitas sinyal yang dipancarkan oleh BTS yang sedang diterima oleh MS. *Speech Quality Indicator* (SQI) merupakan indikasi kualitas layanan suara dalam keadaan *dedicated* atau menelepon. Parameter ini digunakan untuk pengukuran kualitas layanan panggilan suara secara *mobile* atau bergerak.

c. Throughput maksimum kecepatan transfer data

Nilai *throughput* kecepatan data dapat diamati pada saat *test upload* dan *downloadfile* ke sebuah *server*. Pengamatan data *session* di *software* TEMS pada saat *test* dapat diambil nilai *throughput* maksimal kecepatan transfer data.

Pada umumnya *drive test* membutuhkan sebuah laptop yang telah terinstall *software* TEMS, *handphone* Sony Ericsson, kabel data, dongle, serta USB GPS. GPS (*Global Positioning System*) diperlukan untuk mengambil data *longitude* dan *latitude* agar hasil *measurement* TEMS dapat dipetakan kedalam map *software* seperti MapInfo atau Google Map^[2].



Gambar 2.8 Start Up TEMS Investigation 10.0.5

Ada beberapa bagian penting pada *software* TEMS yang biasa digunakan untuk melakukan proses *drive test*. Dimana bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut ini^[1]:

a. *Workspace dan Worksheet*

Merupakan tampilan dari menu – menu yang lain yang digunakan pada saat sesi kerja. Dalam *workspace* hanya satu yang dapat ditampilkan pada saat itu, sehingga kita dapat membagi *workspace* menjadi beberapa tampilan *worksheet* sampai dengan (maksimal) 10 *worksheet* secara simultan.

b. *Toolbars*

Menampilkan atau mencerminkan tombol-tombol pada *Menu* yang dapat diakses langsung.

c. *Status Bar*

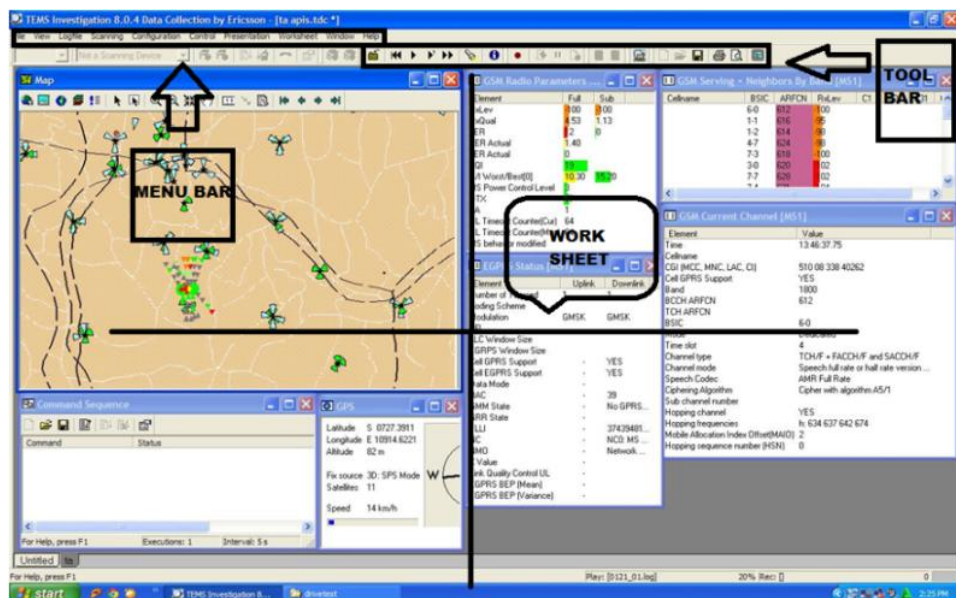
Status Bar menampilkan simbol dan pesan singkat yang mengindikasikan status utama.

d. *Menu Bar*

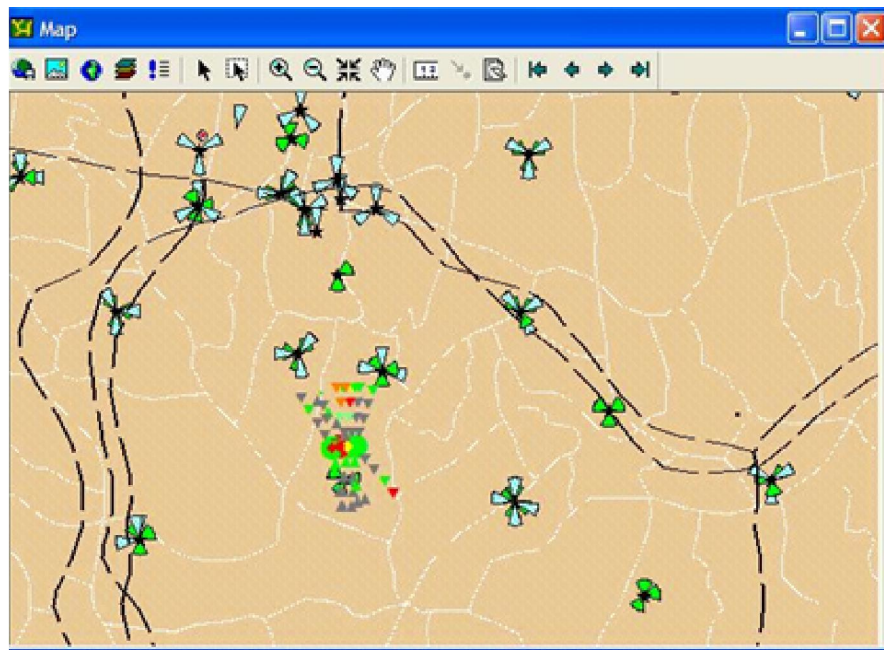
Selain menggunakan *Navigator*, untuk menampilkan berbagai menu, dapat dengan mengakses pada *Menu Bar*. *Menu Bar* merupakan menu cerminan dari *Menu Navigator*.

e. *Navigator*

Dari *Navigator* kita dapat membuka jendela *Presentation* dan mengubah *range* warna dari informasi *element*, *Navigator* secara khusus digunakan untuk mengkonfigurasi *workspace* pada saat sesi kerja.



Gambar 2.9. Tampilan awal TEMS *Investigation* 8.0.4

Gambar 2.10. Tampilan *Map*

Adapun beberapa *Box Parameter* yang sering ditampilkan pada *software* TEMS saat melakukan *drive test* adalah sebagai berikut^[2]:

a. *Box Radio Parameter*

Radio Parameter menunjukkan informasi kondisi radio seperti *RxLevel*, *RxQual*, FER, SQI, TA, dan lain-lain. Cara memunculkan jendela *Radio Parameter* ini dengan cara mengklik *Presentation > GSM > Radio Parameter*. Maka akan muncul tampilan awal seperti pada gambar 2.10.

Element	Full	Sub
RxLev	300	300
RxQual	4.53	1.13
FER	2	0
BER Actual	1.40	
FER Actual	0	
SQI	19	
C/I Worst/Best[0]	10.30	15.20
MS Power Control Level	3	
DTx	7	
TA	1	
RL Timeout Counter(Dur)	64	
RL Timeout Counter(Max)	64	
MS behavior modified		

Gambar 2.11. *Radio Parameter*

b. *Box GSM Serving + Neighbors*

Serving + Neighbors menunjukkan informasi seperti *Cell Name*, BSIC, ARFCN, C1, C2, *Serving Cell* dan juga enam *neighbor list* dengan *RxLevel* terbaik. Cara memunculkan jendela *GSM Serving + Neighbors* adalah dengan cara mengklik *Presentation > GSM > GSM Serving + Neighbor*. Maka akan muncul tampilan awal seperti pada gambar 2.11.

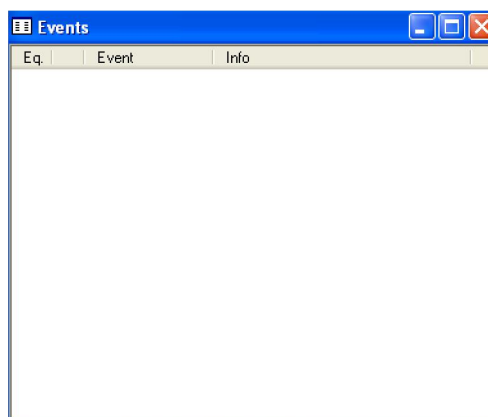


Cellname	BSIC	ARFCN	RxLev	C1	C2	C31	I
	6-0	612	-100				
	1-1	616	-95				
	1-2	614	-98				
	4-7	624	-98				
	7-3	618	-100				
	3-0	620	-102				
	7-7	628	-102				
	7-1	624	-102				

Gambar 2.12. *GSM Serving + Neighbors*

c. *Box Event*

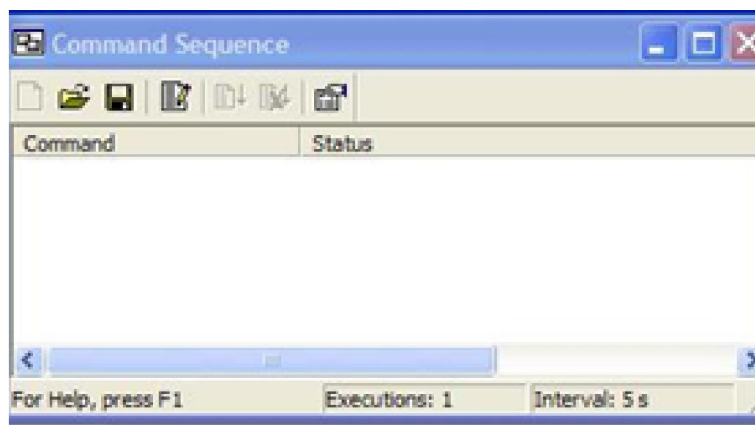
Box Event akan menunjukkan semua *Event* yang terjadi pada saat melakukan *drive test*. Cara memunculkan jendela *Event* adalah dengan cara mengklik *Presentation > Signalling > Event* maka akan muncul jendela awal seperti pada gambar 2.12.




Gambar 2.13. *Event*

d. *Box Command Sequence*



Command sequence adalah sebuah *settingan* otomatis dimana TEMS dapat melakukan panggilan *Mobile Originating Call* (MOC) secara otomatis dan waktunya bisa disesuaikan. Untuk memunculkan jendela *Command sequence* mengklik *Control > Command Sequence* maka akan muncul jendela awal seperti pada gambar 2.13.

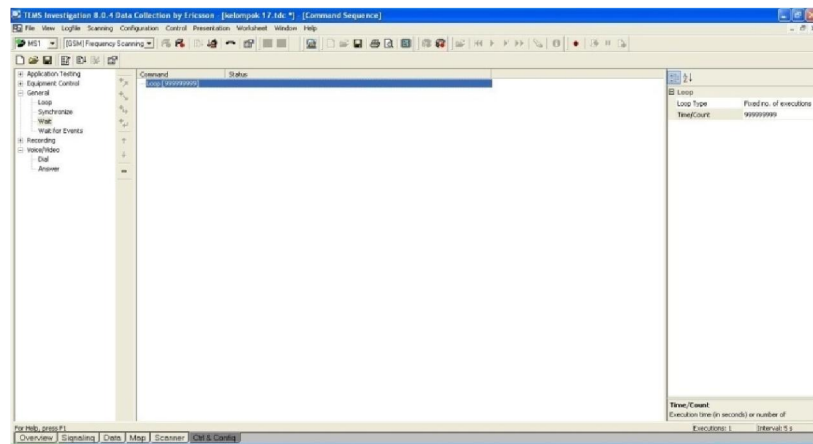


Gambar 2.14. *Command Sequence*

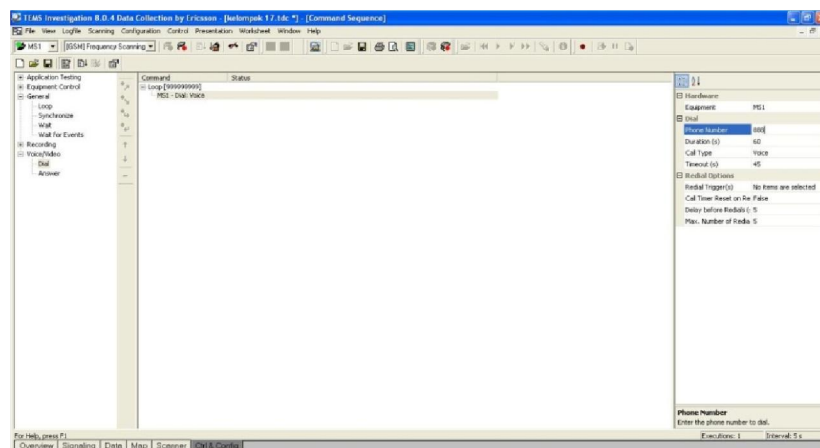
Untuk melakukan *settingan* pada jendela *Command Sequence* dapat mengklik *symbol*  untuk menuliskan *Command*. Sebagai contoh pada saat melakukan *voice test*, dapat mengklik *Dial* lalu masukkan nomor yang ingin dituju. Apabila nomor yang dituju telah menggunakan *handset* dengan fasilitas *auto answer* akan lebih mempermudah terjadinya hubungan *handset* yang melakukan panggilan telepon/ MOC dengan *handset* yang menerima panggilan telepon/ *Mobile Terminating Call* (MTC), akan tetapi ada beberapa operator yang menyediakan nomor telepon khusus yang telah ada fasilitas *auto answer*, yang dapat dipergunakan untuk *maintenance* jaringan^[2].

Kemudian masukkan *Duration(s)* misalkan 60 detik. Maka panggilan yang dilakukan akan secara otomatis berhenti setelah 60 detik. Masukkan *loop* dan *wait* sebelum panggilan kembali dilakukan, misalkan *waitnya*

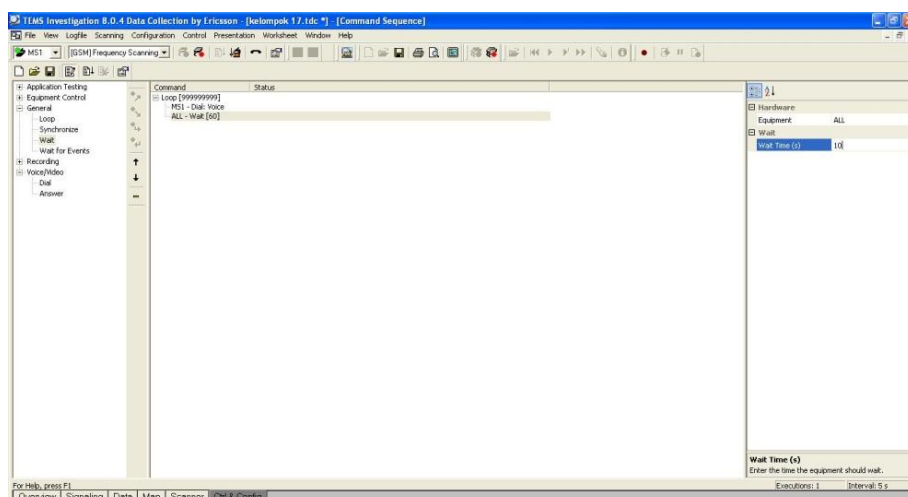
selama 5 detik. *Loop* berfungsi untuk mengulang jenis panggilan yang jumlahnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Setelah semua *Command* telah dibuat maka *list command* tersebut dapat disimpan untuk penggunaan berikutnya. Untuk melakukan penyimpanan dapat mengklik pada logo  maka *command sequence* akan disimpan dalam bentuk *.Xlms*. Dengan menjalankan *command* ini akan secara otomatis TEMS akan melakukan panggilan ke nomor yang telah di masukkan kedalam *command sequence* tersebut selama 60 detik (misalnya) dan akan berhenti setelah 5 detik dan melakukan *loop* sebanyak yang diinginkan. Untuk menjalankan *command sequence* maka dapat mengklik pada logo  [2].



Gambar 2.15. *Settingan Command Sequence*



Gambar 2.16. *Settingan Command Sequence*

Gambar 2.17. *Settingan Command Sequence*

2.15 Post Processing

Proses selanjutnya dari data hasil *drive test* (DT) ini yaitu berupa logfile. Logfile kemudian akan di *eksport* dengan tems investigation 10.0.3 agar dapat dibaca pada mapinfo 8.5 untuk di *ploting* dan selanjutnya dianalisa dengan menggunakan Nemo Analyzer 5.16 dengan mengacu pada parameter-parameter tertentu sesuai *Key Performance Index* (KPI).

a. Map Info

MapInfo adalah *software* pengolah data spasial yang banyak digunakan dalam analisis Sistem Informasi Geografis, operator dapat membuat, menampilkan, serta mengadakan perubahan terhadap data spasial atau peta. Selain itu untuk berfungsi untuk mem-plot hasil data di lapangan agar terlihat kualitas sinyal dan *coverage* jaringan. Untuk melihat *coverage* sinyal, dapat dilakukan dengan metode *drive test* pada kondisi *idle mode*, *dedicated mode*, *Idle Lock* karena pada proses tersebut dapat terlihat seberapa jauh dan seberapa baik BTS dapat meng-*cover Mobile Station*.^[6]

b. Nemo Analyzer

Nemo Analyze merupakan *software* pengolah data hasil drive test yang biasa digunakan untuk menganalisa *logfile* dari Tems atau juga *software* lain yang digunakan untuk melakukan *drive test*. Selain untuk memplot hasil *drive test* juga dapat digunakan untuk melihat KPI yang dapat langsung diproses dengan *software* tersebut sehingga memudahkan dalam melihat hasil yang diperoleh dari hasil *drive test* dengan memproses untuk membuat *report* dari hasil keseluruhan proses *drive test* yang telah dilakukan sebelumnya.