

BAB II

SISTEM TELEPON SELULAR DI INDONESIA

2.1. Umum

2.1.1. Dasar Sistem Selular

Menurut ketentuan yang dikeluarkan oleh FCC, sistem selular didefinisikan sebagai “ sistem komunikasi *mobile* untuk daratan dengan kapasitas yang tinggi dimana spektrum dibagi ke dalam kanal-kanal yang terpisah dan menggunakan kelompok-kelompok sel yang mencakupi suatu daerah layanan geografik. kanal-kanal diskrit dapat digunakan kembali pada sel yang berbeda dalam suatu daerah layanan.”

Ada tiga parameter dasar dari definisi FCC tentang sistem selular radio, yaitu kapasitas yang tinggi, sel, dan *frequency reuse*.

- a. **Kapasitas yang tinggi.** Secara teoritis, sebuah sistem selular radio dapat dikonfigurasi dan dikembangkan untuk melayani jumlah pelanggan yang tidak terbatas.
- b. **Sel** didefinisikan sebagai daerah layanan individual, yang masing-masing menempatkan sekelompok kanal-kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Pelanggan yang berada pada sel tertentu dapat menggunakan kanal-kanal yang ada di sel tersebut. Kelompok sel-sel yang berdekatan membentuk *cellular geographic service area* (CGSA) yang menyediakan suatu sistem yang spesifik. Sebuah sistem dapat tumbuh secara geografis dengan menambahkan sel-sel baru.

c. **Frequency reuse** memungkinkan kanal-kanal diskrit ditempatkan pada sel tertentu, untuk digunakan lagi di sel manapun yang terpisah dari sel pertama oleh jarak yang cukup untuk mencegah interferensi *co-channel* dari memburuknya kualitas pelayanan. Sejalan dengan berkembangnya suatu jaringan sistem, kanal-kanal diskrit pada sel pertama dijadikan patokan dan secara terus menerus digunakan kembali pada sel-sel berikutnya, sehingga sistem tersebut tidak akan pernah kehabisan kanal untuk melayani publik.

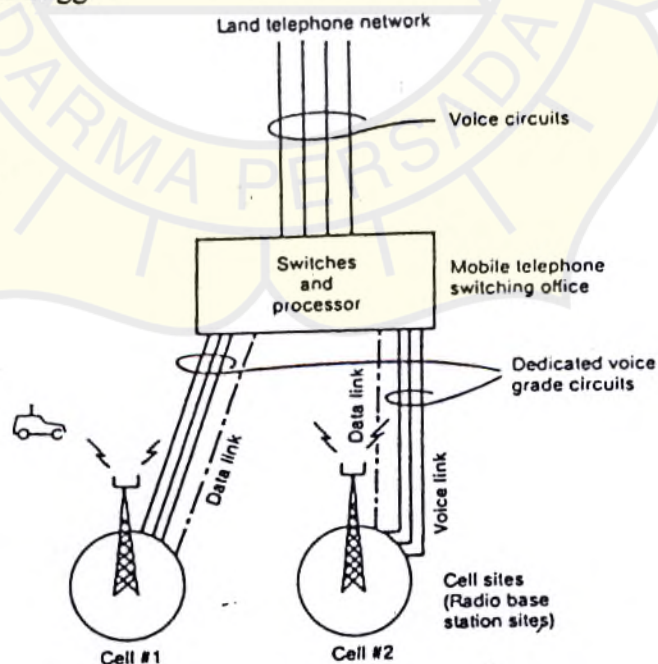
Suatu pengertian dari sistem telepon mobil konvensional akan membantu dalam pengenalan kelebihan-kelebihan dari sistem selular. Dalam sistem telepon mobil konvensional, sinyal yang ditransmisikan cukup kuat sehingga kanal-kanal yang digunakan pada suatu layanan tidak dapat digunakan kembali di lingkungan dekat daerah layanan tersebut. Hal ini sangat membatasi jumlah kanal yang dapat dipakai. Sehubungan dengan pemancar berdaya tinggi, daerah cakupan dari pemancar bisa mencapai ribuan mil persegi. Ukuran dari daerah cakupan bervariasi tergantung dari daya yang ditransmisikan, frekuensi transmisi, dan ketinggian antena.

Tidak seperti sistem konvensional, sistem selular menggunakan sejumlah pemancar berdaya kecil (maksimum 100W per kanal sesuai ketentuan dari FCC). Dimana setiap pemancar mencakupi daerah yang kecil. Karena jarak yang dekat yang dapat dicakup oleh tiap pemancar, maka kanal-kanal frekuensinya dapat digunakan lagi berulang kali pada kelipatan sel-sel yang tidak berdekatan.

Sistem selular terdiri dari tiga bagian penting, yaitu *mobile unit*, *cell site* dan *mobile telephone switching office (MTSO)*.

- a. **Mobile unit.** sebuah unit telepon mobile yang di dalamnya terdapat sebuah unit kontrol, sebuah pemancar dan sebuah sistem antena.
- b. **Cell site.** *Cell site* menyediakan antarmuka (*interface*) antara MTSO dan *mobile unit*. Pada *cell site* terdapat sebuah unit kontrol, radio kabinet, antena, pembangkit tenaga listrik, dan terminal data.
- c. **MTSO.** Merupakan kantor pusat switching, dan pusat koordinasi untuk semua *cell site*. Pada MTSO terdapat *cellular processor* dan *cellular switch*. MTSO berfungsi mengontrol proses panggilan, menangani aktivitas pembiayaan, dan menjadi *interface* untuk berhubungan dengan PSTN

Selain itu masih dibutuhkan suatu penghubung (*connection*) yang menghubungkan ketiga subsistem tersebut, yang berupa gelombang radio dan data link berkecepatan tinggi.



Gambar 2.1. Konfigurasi sistem selular secara umum

MTSO merupakan jantung dari sistem mobile selular. *Cellular processor* pada MTSO berfungsi mengadakan koordinasi pusat dan administrasi selular. Sedangkan *Cellular switch* menyaklar panggilan untuk menghubungkan pelanggan mobile dengan pelanggan mobile lainnya atau dengan PSTN. Untuk koneksi tersebut digunakan *Voice trunk* seperti yang digunakan pada hubungan antar sentral telepon pada jaringan telepon kabel. Data link pada sistem selular digunakan untuk menyediakan link pengawasan antara *processor* dan *switch* pada MTSO dan antara *cell site* dengan prosesor. Data link berkecepatan tinggi itu tidak dapat ditransmisikan melalui trunk telepon standar, tetapi harus melalui link microwave atau *T-carrier (wire line)*, yang membawa sinyal suara dan data antara *cell site* dan MTSO.

2.1.2. Kriteria Unjuk Kerja

Kualitas pelayanan dari suatu sistem selular dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

A. *Coverage* (daerah cakupan)

Sistem tersebut harus dapat melayani suatu daerah seluas mungkin. Pada daerah cakupan gelombang radio, bagaimanapun juga karena ketidakteraturan kontur suatu daerah, maka biasanya praktis tidak mungkin untuk mencakupi 100 persen dari area tersebut, karena 2 alasan :

- daya yang ditransmisikan harus sangat tinggi untuk menghilangkan bagian daerah yang lemah dengan penerimaan yang cukup, yang berarti merupakan faktor biaya tambahan.

- dengan lebih tingginya daya transmisi, maka lebih sulit untuk mengontrol faktor interferensi.

Sehingga biasanya sistem hanya mencoba untuk mencakupi 90% dari area pada daerah datar dan 75% pada daerah berbukit.

B. *Grade of Service (GOS)*

Grade of service didefinisikan sebagai banyaknya jumlah panggilan yang tidak berhasil, dibandingkan dengan total jumlah kanal yang tersedia. Pada prakteknya GOS dapat diartikan sebagai bagian dari panggilan yang gagal selama puncak jam sibuk sehubungan dengan terbatasnya jumlah kanal-kanal RF.

Pada pelayanan sistem selular biasanya sistem didisain berdasarkan GOS 0,02 atau lebih. GOS 0,02 itu berarti bahwa seorang pelanggan akan mendapatkan rata-rata 98% kanal tersedia selama puncak jam sibuk untuk masuk ke dalam sistem, atau dari 100 panggilan dalam waktu yang bersamaan terdapat 2 panggilan yang gagal.

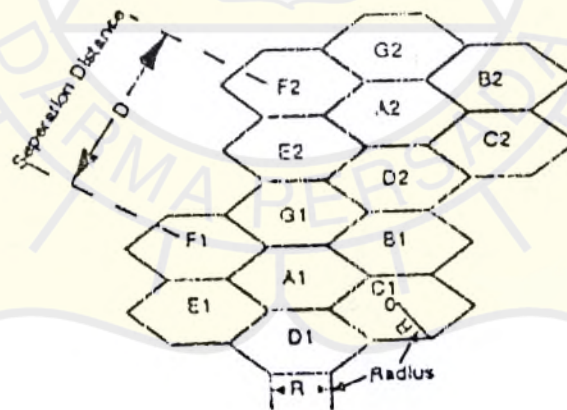
C. **Jumlah panggilan yang gagal**

Bila ada sebanyak Q panggilan selama satu jam, jika sebuah panggilan gagal dan $Q-1$ panggilan dapat berhasil, maka rasio panggilan yang gagal adalah $1/Q$. Rasio kegagalan ini harus diusahakan seminimal mungkin. Karena rasio kegagalan yang tinggi dapat menyebabkan masalah pada kemampuan daya cakupan atau masalah *handoff* yang berhubungan dengan tidak mencukupinya ketersediaan kanal.

2.1.3. Konsep *Frequency Reuse*

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

Jarak minimum yang memperbolehkan frekuensi yang sama untuk digunakan lagi tergantung pada banyak faktor, seperti jumlah sel *co-channel* disekeliling sel pusat, tipe kontur geografik wilayah, tinggi antenna dan daya pancar dari setiap *cell site*.



Gambar 2.2. konsep *frequency reuse* $K = 7$ pada sistem selular

Jarak *frequency reuse* D dapat didefinisikan

$$D = \sqrt{3K} R \quad \dots\dots\dots(\text{pers. 2-1})$$

dimana K merupakan pola frequency reuse dan R adalah radius dari sebuah lokasi sel. Kemudian bila semua lokasi sel memancarkan daya yang sama, maka K akan bertambah dan jarak *frequency reuse* juga bertambah. Bertambahnya jarak D mengurangi kemungkinan terjadinya *cochannel interference*.

$$D = \begin{cases} 3,46 R & K = 4 \\ 4,6 R & K = 7 \\ 6 R & K = 12 \end{cases} \dots\dots\dots(\text{pers.2-2})$$

Secara teoritis K yang besar yang diinginkan. Tetapi bagaimanapun juga total jumlah kanal yang dialokasikan adalah tetap. Ketika K terlalu besar, jumlah kanal yang diperuntukkan pada setiap sejumlah K sel menjadi kecil. Karena total jumlah kanal untuk sejumlah K sel harus dibagi sebanding dengan bertambahnya K.

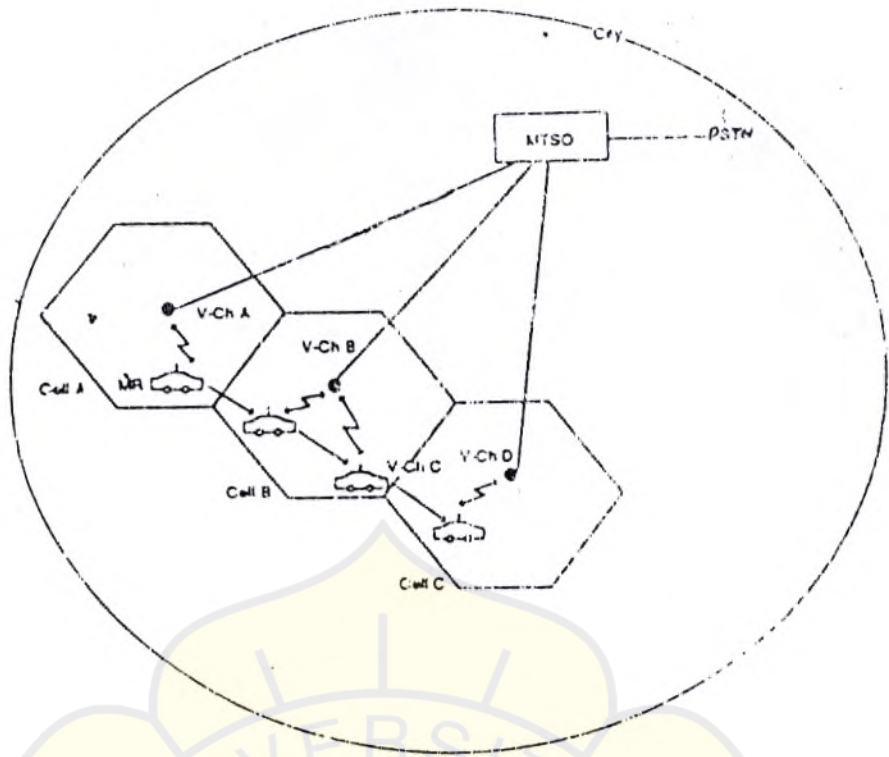
Selain penerapan teknik *frequency reuse* untuk mengurangi terjadinya interferensi ko-kanal, juga diterapkan pembagian suatu sel menjadi beberapa sektor. Dimana setiap satu sektor dicakup oleh satu antena *directional* dengan besar sudut sektor tertentu. Untuk K=4, sudut sektor besarnya 60° sehingga satu sel dibagi menjadi 6 sektor. Sedangkan untuk K=7, sudut sektor besarnya 120° sehingga satu sel dibagi menjadi 3 sektor.

2.1.4. Proses *Handoff*

Secara umum *handoff* diartikan sebagai proses pengalihan penyaklaran (*switching*) suatu panggilan dari suatu lokasi sel ke lokasi sel yang baru ketika kualitas sinyal suara menurun dibawah suatu nilai minimum tertentu atau nilai ambang batas. Misalkan sebuah mobile unit yang secara inisial berlokasi di sel A bergerak ke sel B. Ketika pengguna bergerak dari satu sel ke sel yang lain, ia akan diberikan sebuah kanal baru pada setiap pergerakan. Dengan rasio S/N yang memburuk pada suatu lokasi sel, pengalihan juga dapat dilakukan di dalam satu sel yang sama.

Informasi tentang lokasi panggilan dikumpulkan oleh sel-sel dan ditransmisikan ke MTSO melalui trunk jalur tanah. Ketika kualitas sinyal pembawa menurun dibawah level tertentu, MTSO memutuskan untuk mengalihkan panggilan tersebut dari sel yang lama ke sel yang baru.

MTSO menyiapkan kanal suara yang belum terpakai pada sel penerima dan menginformasikan ke sel yang baru untuk mengalihkan pemancarnya. Pesan dikirimkan ke mobile unit melalui sel yang masih aktif melayani, untuk memberitahukan tujuan kanal suaranya yang baru. Kemudian mobile unit itu mematikan nada pengawasan (*supervisory tone*) dari kanal suara yang lama, dan diterjemahkan oleh MTSO sebagai mulainya *on-hook*. Mobile unit juga menentukan kembali kanal barunya dan menggunakan SAT (*supervisory audio tone*) yang terdapat disana. Seluruh proses *handoff* memakan waktu 0,2 detik dan tidak dirasakan oleh pengguna.



Gambar 2.3. proses handoff

2.2. Multiple Access

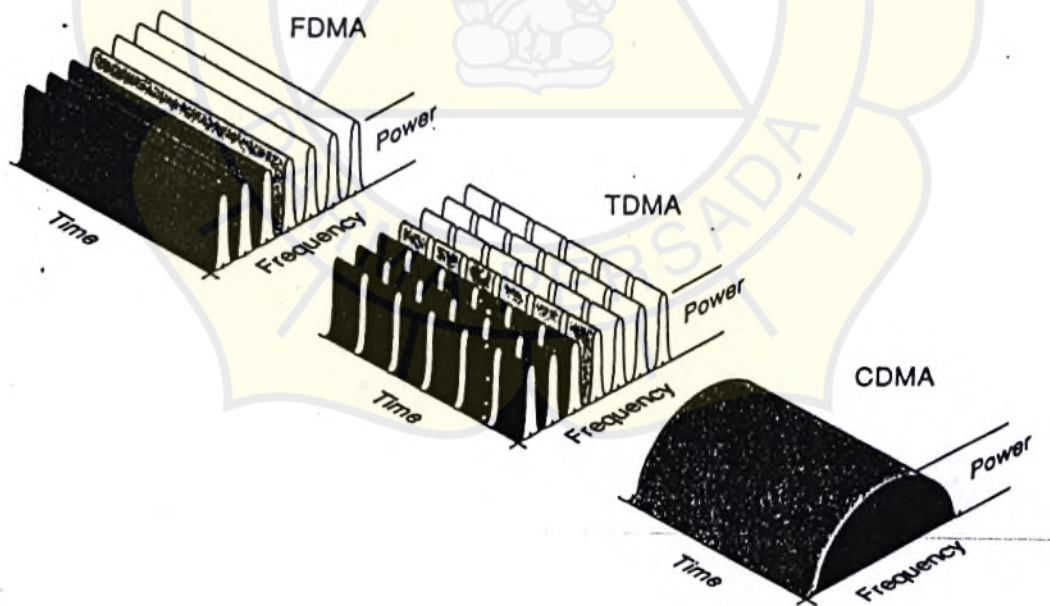
Pada sistem komunikasi *wireless* saat ini digunakan tiga tipe teknologi multiple access, yaitu FDMA, TDMA dan CDMA.

Teknologi FDMA membagi alokasi pita spektrum frekuensi yang tersedia menjadi bagian-bagian kecil spektrum frekuensi untuk setiap pengguna sebagai sebuah kanal komunikasi. Dalam FDMA setiap pengguna diberikan alokasi pita frekuensi tertentu selama melakukan proses percakapan sehingga dalam waktu yang sama hanya satu pengguna yang dapat memanfaatkan kanal frekuensi tersebut. Teknologi FDMA digunakan pada sistem telepon selular analog, seperti NMT dan AMPS.

Dalam TDMA setiap pengguna diberikan alokasi *time slot* tertentu sebagai suatu kanal komunikasi pada potongan spektrum frekuensi sehingga

aliran informasi tidak kontinu, tetapi terpotong-potong pada setiap *time slot*. Karena selang antar slot waktu yang sangat pendek sehingga yang terdengar oleh pengguna seperti aliran informasi kontinu biasa. Sebagai contoh sistem GSM membagi carrier 200 kHz ke dalam delapan slot waktu atau kanal, dan US-TDMA membagi carrier 30 kHz ke dalam 6 time slot.

Teknologi CDMA adalah kombinasi dari teknik TDMA dan FDMA. CDMA berbasis pada spread spectrum dan memanfaatkan kode-kode digital yang unik untuk membedakan satu pengguna dengan pengguna yang lainnya. Kode-kode digital unik itu disebut *Pseudorandom Code Sequence*. Pada CDMA kanal-kanal trafik dihasilkan melalui penandaan tiap pengguna dengan sebuah kode unik dalam sinyal pembawanya.



Gambar 2.4. Gambaran fungsi frekuensi dan waktu dari FDMA, TDMA dan CDMA

2.3. Nordic Mobile Telephone (NMT)

NMT dikembangkan secara gabungan oleh negara-negara Denmark, Finlandia, Norwegia, dan Swedia untuk mendirikan sistem telepon mobile untuk publik yang kompatibel di negara-negara Nordic. Sistem ini pertama kali dioperasikan pada akhir tahun 1981. Sistem yang asli beroperasi pada sekitar 450 Mhz dan kemudian diperbarui pada frekuensi 900 Mhz di tahun 1986.

Operasional frekuensi band untuk original system adalah 453-457,5 Mhz untuk mobile ke base station, dan 463-467,5 Mhz dari base station ke mobile. Dengan frekuensi pemisah antar kanal sebesar 25 kHz maka ada total 180 kanal yang dapat disediakan.

2.3.1. Karakteristik dan Parameter Sistem

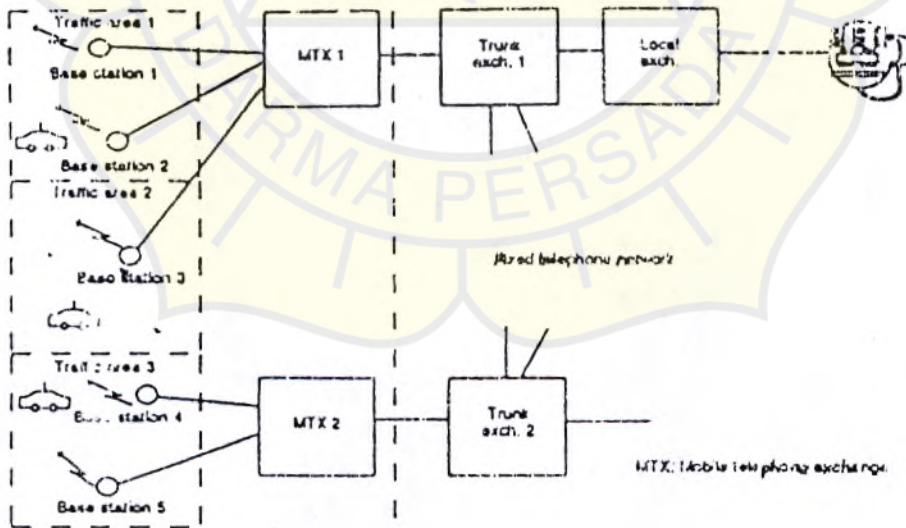
Sebagai jawaban dari pertumbuhan permintaan akan pelayanan, maka sistem yang baru beroperasi pada 900 Mhz yang dikembangkan dengan kapasitas penuh sebanyak 1.999 kanal. Kapasitas itu dipertinggi oleh penurunan spasi kanal menjadi 12,5 kHz dan bertambahnya lebar pita menjadi 25 Mhz. Sedangkan pada sistem yang beroperasi di 450 Mhz memakai spasi kanal 25 kHz dan lebar pita 4,5 Mhz.

Sistem NMT-900 menggunakan ERP maksimum dari base station sebesar 100W. Malahan untuk mengurangi daya mobile unit maka sensitivitas dari penerima base station dikurangi. Metoda ini digunakan untuk menghindari

interferensi ke mobile unit yang berdaya rendah oleh mobile unit yang berdaya tinggi. NMT pada awalnya didisain dengan rancangan sel heksagonal dengan antena *omnidirectional*. Tetapi untuk mengatasi situasi dimana banyak terjadinya kegagalan panggilan selama jam sibuk, maka Swedish Telecom memutuskan untuk menggunakan antena *directional* dan membentuk daerah cakupan sel dalam bentuk sektor-sektor.

Untuk transmisi data digunakan metoda FFSK (fast frequency shift keying), dimana biner 1 ditunjukkan sebagai sinyal satu gelombang penuh dengan frekuensi 1.200 Hz dan biner 0 ditunjukkan dengan sinyal 1½ gelombang dengan frekuensi 1.800 Hz

2.3.2. NMT-450



Gambar 2.5. arsitektur sistem selular Nordic

Pada gbr.2.5. diperlihatkan arsitektur dari sistem NMT. Pada setiap BS (base station) satu kanal digunakan sebagai kanal panggilan untuk *signalling* dan ditandai dengan sinyal identifikasi yang khusus. Begitu pula untuk kanal-kanal yang belum terpakai diberi sinyal identifikasi sebagai kanal trafik bebas. *Mobile station* yang sudah siaga di dalam area sebuah BS dikunci pada sebuah kanal panggilan.

Prosedur setup panggilan berbeda pada kedua arah trafik, dan berbeda dengan sistem-sistem lain di dunia. Sebuah panggilan yang masuk dikirim melalui kanal panggilan, dimana *mobile station* yang menjawab panggilan berada pada kanal panggilan keluar (*outgoing channel*). Untuk panggilan yang dimulai oleh *mobile station*, maka ia akan mencari kanal trafik yang bertanda bebas/tidak dipakai untuk melakukan percakapan. Informasi tentang nomor kanal ditransmisikan ke *mobile station*, yang kemudian menyaklarnya ke kanal trafik.

Ada 2 bagian medium transmisi yang digunakan dalam sistem, yaitu pertama adalah kabel 4 jalur (*fixed 4-wire*) yang menghubungkan antara MTX dan BS. Bagian kedua adalah medium gelombang radio antara BS dan *mobile station*. Karena jalur *fixed 4-wire* antara MTX dan BS membawa sinyal *signalling* digital, maka grup cacat *delay* dirancang untuk band selebar 900-1.200 Hz Untuk jalur radio antara BS dan MS, interferensi ko-kanal antara sinyal yang diinginkan dan yang tidak diinginkan harus dijaga agar berada di bawah ambang batas tertentu. Seperti biasa *fading* memainkan peranan penting

pada medium ini. Di dalam BS rasio S/N dari suatu kanal yang aktif secara kontinu dievaluasi dan hasilnya dilaporkan ke MTX.

Pensinyalan di dalam sistem ini dibagi menjadi 3 grup *signalling*, yaitu:

- grup 1 : pensinyalan antara MTX dan *mobile station* (MS)
- grup 2 : pensinyalan antara BS dan MS
- grup 3 : pensinyalan antara MTX dan BS

Tabel 2.1. parameter dari sistem Nordic

Kategori	NMT-450	NMT-450i	NMT-900
Jumlah kanal	180	225	1.000/1.999
Radius sel (km)	1 -- 40	1 -- 40	0,5 -- 20
Base-transmit frequency range (MHz)	463--467,5	463--467,5	935--960
Mobile-transmit frequency range (MHz)	453--457,5	453--457,5	890--915
Frequency separation between transmit and receive channel	10	10	45
Spasi kanal (kHz)	25	20	25/12,5
Carrier to Interference ratio (dB)	18	18	18
Maximum base ERP (W)	50	50	100
Nominal mobile transmitter power (W)	15 ; 0,7	15 ; 0,7	6 ; 0,7
Mode transmisi	full duplex	full duplex	full duplex
Modulasi transmisi suara	FM	FM	FM
Data transmisi	1,2 Kbps	1,2 kbps	1,2 Kbps

Saat ini sistem NMT yang dipakai di Indonesia adalah sistem NMT-450i (*improved*) yang merupakan modifikasi dari NMT-450. Dimana NMT-450i memberikan jumlah kanal yang lebih banyak, karena pada sistem ini digunakan pembagian spasi kanal yang lebih sempit, yaitu sebesar 20 kHz.

2.4. Advanced Mobile Phone System (AMPS)

Sampai tahun 1947 para peneliti di Bell Telephone Laboratories menemukan kunci dari konsep selular radio, dengan membagi daerah geografis yang luas ke dalam sel-sel kecil, dan dengan menggunakan transmiter berdaya kecil pada *cell site*, frekuensi yang digunakan pada satu sel dapat digunakan kembali sehingga kapasitas trafik pada suatu kanal dapat ditingkatkan. Bagaimanapun juga teknologi ini tidak cukup dikembangkan pada saat itu untuk memungkinkan penerima bergerak untuk berpindah ke kanal frekuensi yang berbeda. Pembangunan *synthesizer* frekuensi berbiaya rendah memberikan fasilitas operasi secara ekonomis dari sejumlah besar kanal.

Pada tahun 1974 FCC mengalokasikan 40 Mhz spektrum untuk keperluan komunikasi bergerak. Spektrum ini pada mulanya di alokasikan untuk siaran televisi VHF pada kanal 70 sampai 83. Dengan lebar kanal 30 kHz dan total spektrum 40 Mhz maka dapat disediakan total 666 full duplex kanal per CGSA (*Cellular Geografic Service Area*). FCC juga mengumpulkan proposal yang akan mendemonstrasikan efisiensi penggunaan dari alokasi frekuensi tersebut.

Pada tahun 1975 AT&T menjadi penyedia aplikasi radio selular pertama dan dianugerahi lisensi untuk mengoperasikan layanan selular radio di Chicago.

2.4.1. Karakteristik dan Parameter

Seperti sudah dijelaskan diatas, FCC (Federal Communication Commission) telah mengalokasikan 40 Mhz spektrum RF untuk sistem mobile selular radio, dan dibagi ke dalam 2 grup masing-masing 20 Mhz. Bagian atas dari spektrum dialokasikan untuk perusahaan telepon lokal (wireline) dan spektrum bagian bawah untuk RCC (*Radio Common Carrier*).

Frekuensi 870 — 890 MHz digunakan oleh *cell site* untuk keperluan transmisinya, sedangkan frekuensi 825 — 845 Mhz digunakan untuk transmisi unit mobile. Sepasang kanal duplex dipisahkan selebar 45 Mhz, dengan spasi kanal masing-masing sebesar 30 kHz.

Pada tahun 1989 FCC mengalokasikan tambahan 10 Mhz spektrum frekuensi. Spektrum tambahan itu dapat menyediakan total 166 kanal full duplex. Jadi keseluruhan lebar spektrum sekarang menjadi 50 Mhz.

Sehubungan dengan persyaratan diatas, maka IF bandwidth dari *reciever* dijaga pada 30 kHz. Daya penerima pada unit mobile berkisar dibawah -60 dB, sejauh 15 kHz dari pusat kanal. Untuk modulasi pembicaraan digunakan modulasi FM dengan puncak deviasi ± 12 kHz. Data kontinu pada *paging channel* dipancarkan dari *cell site* ke unit mobile pada kecepatan 10 kbps dan modulasi FSK dengan puncak deviasi frekuensi ± 8 kHz. Dengan kanal suara, digunakan transmisi diskontinu pada kecepatan 10 kbps. Sebuah teknik yang dikenal sebagai “ *blank and burst signalling* “ digunakan, dimana pembicaraan dikosongkan selama perioda 50 ms dan data ditransmisikan. Pelanggan tidak

menyadari adanya interupsi dalam pembicaraan sehubungan dengan pengosongan 50 ms tersebut.

Unit mobile menyesuaikan dayanya sesuai dengan instruksi dari *cell site*. Penyesuaian daya itu didasarkan pada pengukuran level sinyal secara periodik oleh *cell site* sesuai permintaan dari MTSO. Bila level sinyal suara terukur dibawah suatu level tertentu, maka *cell site* akan mengirimkan perintah penyesuaian level daya melalui *forward voice channel* dengan menggunakan *blank and burst signalling*. Sehingga pemancar unit mobile akan mengubah level dayanya sebanyak 4 dB untuk setiap satu step unit level daya. Sedangkan pada pemancar unit mobile terdapat 7 step level daya.

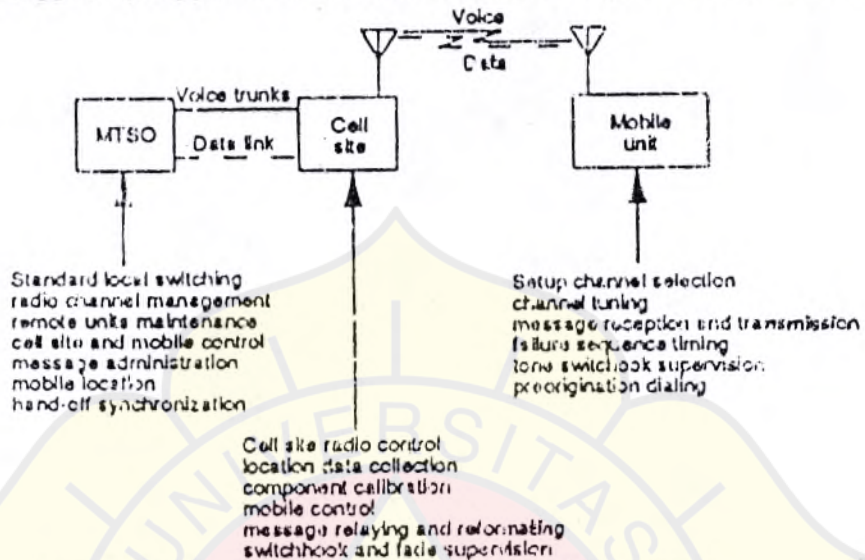
Tabel 2.2. Parameter sistem AMPS

Kategori	Parameter
Jumlah kanal	833
Radius sel	2 — 20 Km
Frekuensi dari sel ke unit mobile	869 — 894 Mhz
Frekuensi dari unit mobile ke sel	824 — 849 MHz
Spasi kanal	30 kHz
Mode transmisi	full duplex
Modulasi transmisi suara	FM dengan deviasi ± 12 kHz
Maksimum ERP base station	100 Watt
Carrier to interference ratio (C/I)	18 dB
Daya pemancar unit mobile	3 W ; 0,6 W
Kecepatan transmisi	10 kbps

2.4.2. Gambaran Sistem AMPS

Konfigurasi jaringan AMPS sejalan dengan fungsi dari 3 komponen kontrol seperti pada gambar 2.6. Pada MTSO terdapat *elektronik switching*

system (ESS) yang merupakan pusat kontrol dan *interface* dengan PSTN. Sebuah MTSO melayani sebuah daerah cakupan geografik (CGSA) yang luas, dan semua panggilan-panggilan dari unit mobile disambungkan melalui MTSO.



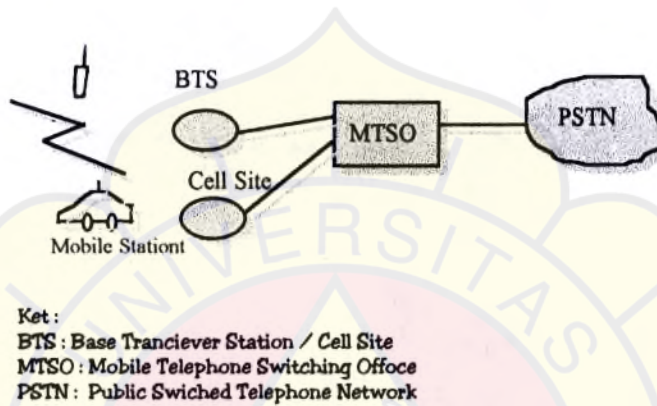
Gambar 2.6. Pembagian fungsi kontrol pada sistem AMPS

Saluran-saluran dari pelanggan lokal berakhir pada jaringan *switching* pada MTSO. Seperti juga interkoneksi trunk dengan *switching office* yang lain berakhir pada jaringan melalui sirkuit *interface trunk* pada MTSO. Jaringan *switching* dikonfigurasi untuk menghubungkan 2 *line* dan *trunk* sesuai dengan probabilitas bloking yang telah diperhitungkan.

ESS beroperasi dibawah kontrol dari program *software* untuk proses panggilan, perawatan perangkat keras, dan administrasi. Program proses panggilan menyediakan logik yang mengontrol set-up panggilan dan pemutusan untuk setiap tipe panggilan. Program perawatan mengkonfigurasi kembali perangkat keras yang gagal, sehingga sistem dapat beroperasi secara normal

kembali. Program perawatan juga menyediakan diagnosa untuk unit-unit mobile yang gagal, sehingga perbaikan dapat segera dilakukan.

Program administrasi menyediakan mekanisme untuk mengganti data base. Data base ini berisi rekor pelanggan, data pembiayaan, rekor trunk dan perhitungan trafik.



Gambar 2.7. Arsitektur sistem AMPS

2.5. Global System Mobile (GSM)

Sistem GSM merupakan salah satu sistem telepon bergerak yang berbasis digital, tidak seperti dua sistem sebelumnya yang berbasis analog. Berdasarkan tes yang dilakukan selama masa percobaan dari pengevaluasian sistem, GSM dapat dioperasikan dengan skema *multiple access* digital TDMA maupun FDMA. Dimana sinyal pembicaraan di *encoding* secara digital pada kecepatan data rendah dan di *encrypt* (diacak). Sebuah skema modulasi yang efisien dengan rasio C/I yang rendah sangat dibutuhkan. Untuk mengurangi

interferensi lebih banyak maka disertakan pula penerapan *frequency hopping*, yaitu dengan hanya memancarkan pembicaraan yang aktif.

Keistimewaan dari sistem GSM adalah :

- ▶ Setiap kanal TDMA memiliki 8 kanal *full-rate* pada sebuah *single carrier*.
- ▶ Sinyal pembicaraan digital dengan kecepatan penuh pada 13 kbps.
- ▶ Autentifikasi dan enkripsi (pengacakan) untuk privasi dan proteksi terhadap deteksi yang tidak diinginkan.
- ▶ Penggunaan modulasi GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) dengan unjuk kerja yang baik dibawah pengaruh interferensi ko-kanal.

2.5.1. Karakteristik dan Parameter

Lebar pita untuk sistem GSM adalah 25 Mhz yang menyediakan 125 kanal yang masing-masing kanal mempunyai lebar pita 200 kHz. Pada sistem GSM setiap kanal dipakai oleh 8 pengguna, maka terdapat 1000 aktual kanal pembicaraan atau data. Jumlah kanal akan menjadi 2 kali lipat dengan diperkenalkannya *half rate speech coder*.

Band frekuensi yang digunakan untuk *uplink* (dari *mobile station* ke *cell site*) adalah 890 — 915 Mhz dan untuk *downlink* (dari *cell site* ke *mobile station*) adalah 935 — 960 Mhz.

Metode modulasi dalam GSM adalah *Gaussian Minimum Shift Keying* (GMSK) yang menyediakan penggunaan bandwidth sempit (*narrow bandwidth*)

dan kemampuan deteksi koheren. Dalam GMSK pulsa-pulsa rectangular dilewatkan melalui sebuah filter Gaussian kemudian dilewatkan melalui modulator. Lebar pita pra-gaussian ternormalisasi dibatasi oleh $BT=0,3$ yang sesuai dengan *bandwidth filter* sebesar 81,25 kHz untuk keseluruhan data rate 270,8 kbps. Dengan *carrier spacing* sebesar 200 kHz dan data rate 270,8 kbps maka spektral efisiensi dari sistem adalah 1,35 bps/Hz ($270,8/200$). Dengan kecepatan data 270,8 kbps yang dibagi antara 8 pengguna untuk satu *carrier*, maka *data rate* per pengguna adalah 33,85 kbps.

Sinyal pembicaraan analog 4 kHz dikonversikan menjadi sinyal digital 64 kbps, yang kemudian dilakukan *down convert* menjadi 13 kbps sebelum proses pemodulasian. Penggunaan kecepatan 13 kbps dari pada 64 kbps karena kecepatan transmisi data 13 kbps dapat dilakukan pada kanal sempit (*narrowband*). Karena spektrum radio sangat mahal dan terbatas, maka penggunaan *bandwidth* per kanal yang lebih kecil sangat diharapkan, sehingga tersedia kanal yang lebih banyak dalam spektrum radio.

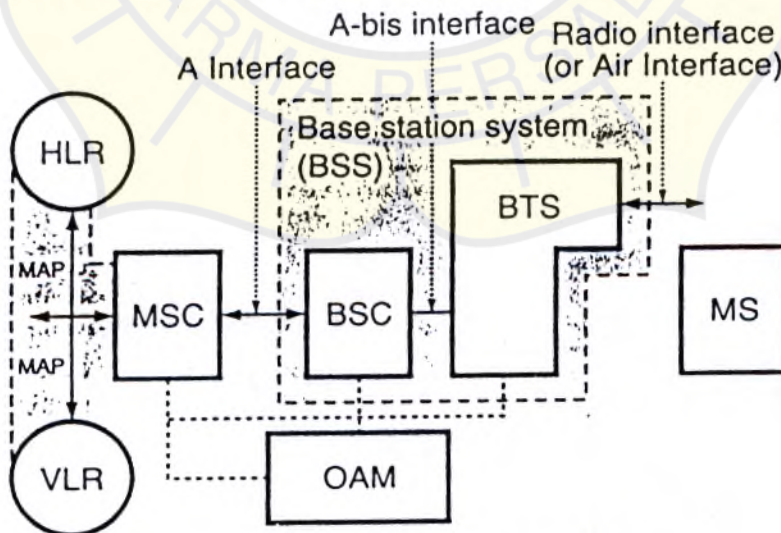
Tabel 2.3. Parameter sistem GSM

Kategori	Parameter
Jumlah kanal	125
struktur TDMA	8 time slot per carrier
Batas frekuensi dari sel ke mobile	935 — 960 MHz
Batas frekuensi dari mobile ke sel	890 — 915 MHz
Lebar pita kanal (<i>carrier spacing</i>)	200 kHz
Carrier to interference ratio (C/I)	18 dB
Daya nominal pemancar mobile (W)	0,8 ; 2; 5; 8; 20
Mode transmisi	full duplex
Modulasi suara	GMSK BT=0,3
Kecepatan transmisi (bit rate)	270,83 kbps

2.5.2. Arsitektur sistem GSM

Arsitektur sistem GSM terdiri dari beberapa subsistem, antara lain yaitu *mobile station (MS)*, *base station subsystem (BSS)*, dan *network and switching subsystem (NSS)*. BSS sendiri terdiri dari beberapa BTS dan sebuah BSC, sedangkan NSS terdiri dari MSC, HLR, VLR, dan AUC.

Mobile station (MS) adalah suatu perangkat yang berdiri sendiri untuk layanan tertentu atau menunjang hubungan dari terminal external, seperti interface untuk sebuah personal computer atau fax. Di dalam MS sudah termasuk *mobile equipment (ME)* dan sebuah *subscriber identity module (SIM)*. ME tidak perlu diperuntukkan secara khusus untuk seorang pelanggan. Sedangkan SIM adalah sebuah modul untuk pelanggan yang menyimpan semua informasi yang berhubungan dengan pelanggan tertentu. Ketika sebuah SIM pelanggan dimasukkan ke dalam ME, maka MS tersebut menjadi milik pelanggan tersebut dan panggilan dapat dilakukan dari MS itu.



Gambar 2.8. Arsitektur sistem GSM

Jaringan sistem GSM terdiri dari banyak sel radio, yang mencakup keseluruhan wilayah jaringan pelayanan. Pada setiap sel ditempatkan satu *base transceiver station* (BTS). Tiap BTS bertanggung jawab mengenai penyediaan kanal radio bagi pengguna, dimana kanal yang disediakan tidak sama dengan kanal yang diberikan pada sel lain.

Beberapa BTS dikelompokkan dalam satu grup. Tiap grup dikendalikan oleh *Base Station Controller* (BSC). BSC bertugas menangani hal yang berhubungan dengan *handover* dan *power control*. Fungsi kerja dari BSC ini dikontrol oleh *Mobile Switching Centre* (MSC). MSC bertanggung jawab mengenai routing semua panggilan (*incoming call* dan *outgoing call*) dari berbagai jaringan telekomunikasi yang terhubung, seperti ke PSTN atau ISDN. MSC inilah yang mengatur sistem penyambungan (*switching*) dan pensinyalan (*signalling*) bagi mobile station (MS) di setiap sentral. Selain itu MSC juga melakukan fungsi-fungsi seperti *routing*, *call set-up*, *call control*, *call termination*, *charging*, mengatur *handover* antar MSC dan *supplementary services*.

Keistimewaan penting dari sistem GSM adalah *roaming* internasional secara otomatis, yang berarti bahwa MS dapat melakukan dan menerima panggilan dimana saja dalam daerah layanan GSM tanpa perlu adanya aksi khusus oleh pelanggan bergerak, yaitu dimana saja di negara-negara yang menerapkan sistem GSM. Secara tidak langsung hal ini menyatakan bahwa MS harus memberitahukan data lokasinya secara kontinu ke jaringan GSM dan jaringan tersebut harus dapat menangani informasi ini secara efektif. Informasi

tentang lokasi MS ini ditangani oleh 2 *database* yang berbeda, yaitu *home location register* (HLR) dan *visitor location register* (VLR).

Home location register (HLR) merupakan suatu elemen jaringan yang berisikan *database* bagi pengaturan pelanggan-pelanggan mobile. HLR berisi informasi tentang level pelayanan pelanggan, supplementary servis dan lokasi serta jaringan dari setiap pelanggan saat itu berada.

Visitor Location Register (VLR) merupakan elemen *database* yang menyimpan data setiap pelanggan untuk sementara, yang digunakan untuk keperluan *roaming*.

Authentication Centre (AUC) berfungsi untuk melakukan pemeriksaan terhadap keabsahan (autentikasi) suatu penggunaan. AUC menyimpan semua nomor identitas dari pelanggan. Hasil pengecekan dari AUC ini dikirimkan ke VLR dan MSC.

Tabel 2.4. Parameter sistem NMT-450i, AMPS, dan GSM

Kategori	NMT-450i	AMPS	GSM
Jumlah kanal	225	833	125
Frekuensi dari sel ke MS [MHz]	463 – 467,5	869 – 894	935 – 960
Frekuensi dari MS ke sel [MHz]	453 – 457,5	824 – 849	890 – 915
Spasi kanal [kHz]	20	30	200
Modulasi transmisi suara	FM	FM	GMSK
Kecepatan transmisi [kbps]	1,2	10	270,83