

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dengan semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka kebutuhan manusia akan jasa di bidang telekomunikasi akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena telekomunikasi merupakan sarana yang penting bagi manusia untuk dapat saling berkomunikasi sebab manusia adalah makhluk sosial yang dalam kehidupannya akan selalu memerlukan sarana komunikasi untuk berhubungan dengan sesamanya. Utamanya komunikasi melalui telepon, dimana kuantitas dan kualitas menjadi perhatian utama.

Pada awalnya, jaringan telepon yang ada adalah jaringan telepon tetap (fixed telephone network) yang kemudian mengalami perkembangan menjadi jaringan telepon yang dapat berpindah-pindah (bergerak). Komunikasi dengan sistem ini dirasakan sangat bermanfaat karena sifatnya yang fleksibel, sehingga setiap orang yang menggunakan sistem ini dapat berkomunikasi dengan orang lain dimanapun dia berada. Hal ini menyebabkan permintaan akan jasa telekomunikasi ini semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Suatu perkembangan yang pesat dalam sistem telekomunikasi, ketika muncul Sistem Telekomunikasi Bergerak (*Mobile Telecommunication System*). Yang dimaksud dengan Sistem Telekomunikasi Bergerak adalah suatu sistem telekomunikasi yang digunakan untuk menghubungkan pelanggan yang bergerak dengan pelanggan bergerak lainnya dan pelanggan non bergerak.

Sesuai dengan tuntutan jaman masyarakat pengguna jasa telekomunikasi tidak akan merasa puas hanya dengan pelayanan yang diberikan oleh Jaringan telekomunikasi non-bergerak (*fixed telephone network*). Mengingat pelayanan yang diberikan oleh *fixed telephone network* dianggap masih kurang memenuhi kebutuhan mereka akan jasa telekomunikasi terutama pada saat sedang dalam perjalanan.

B. Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan kepentingan-kepentingan yang disebutkan sebelumnya, serta didukung oleh ilmu pengetahuan yang ada, maka rumusan Masalah adalah sebagai berikut:

1. Telepon bergerak ini yang sangat mempengaruhi mutu pelayanan telepon Mengingat sistem komunikasi selular saat ini perkembangannya begitu pesat mendorong penulis untuk mempelajari dan memahami lebih mendalam tentang sistem GSM, khususnya pada kinerja trafik BTS.
2. Meningkatnya trafik dari bergerak itu sendiri, menuntut kita untuk meningkatkan pengetahuan dan pengalaman tentang sistem aplikasi kinerja trafik BTS yang digunakan pada jaringan GSM

C. Tujuan Penulisan Tugas Akhir

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui penerapan dari parameter-parameter yang digunakan pada aplikasi kinerja trafik untuk sistem GSM tersebut.
2. Untuk menyajikan data yang akurat, segar (*up to date*) dan memiliki nilai statistik untuk keperluan perencanaan pembangunan.

D. Metode Penulisan Tugas Akhir

Metode pembahasan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- Observasi Langsung

Suatu langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data-data teknik dari masalah yang hendak dibahas dan mengadakan wawancara/ tanya jawab dengan para karyawan PT. TELKOMSEL Makassar

- Studi Literatur

Hal ini dilakukan untuk memperoleh referensi pada Perpustakaan Teknik PT. TELKOMSEL Makassar.

E. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulis tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana melakukan Aplikasi parameter jaringan Jaringan telekomunikasi dengan sistem GSM
2. Penerapan Kinerja Trafik *Base Tranceiver Station* (BTS) dari sistem GSM

F. Sistematika Penulisan

Pembahasan Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapabagian sebagai berikut:

BAB I , Pendahuluan. Bagian ini berisi latar belakang masalah yang merupakan ide dasar dalam penyusunan Tugas Akhir ini alasan pemilihan judul, tujuan penulisan, metode penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

- BAB II Prinsip Dasar dan Struktur Jaringan *Global System For Mobile Communication* (GSM). Membahas mengenai prinsip dasar dan Sub System Penyusunan GSM.
- BAB III Metode Aplikasi Kinerja Trafik, membahas tentang jenis-jenis pengukuran trafik, metode pengukuran trafik dan parameter-parameter jaringan yang dapat menjadi acuan dalam peningkatan pelayanan,
- BAB IV Sistem Aplikasi Kinerja Trafik *Base Trancelver Station* pada Jaringan *Global System For Mobile Communication* Area Makassar PT. Telkomsel. Melakukan suatu aplikasi pada kinerja trafik *Base Tranceiver Station* Sistem dengan menggunakan beberapa parameter dan formula yang diperlukan.
- BAB V Penutup. Merupakan - bagian akhir yang merangkum semua hasil yang diperoleh pada saat penyusunan tugas akhir, dan beberapa saran yang mungkin diperlukan untuk penyempurnaan pembahasan dalam tugas akhir ini.

BAB II

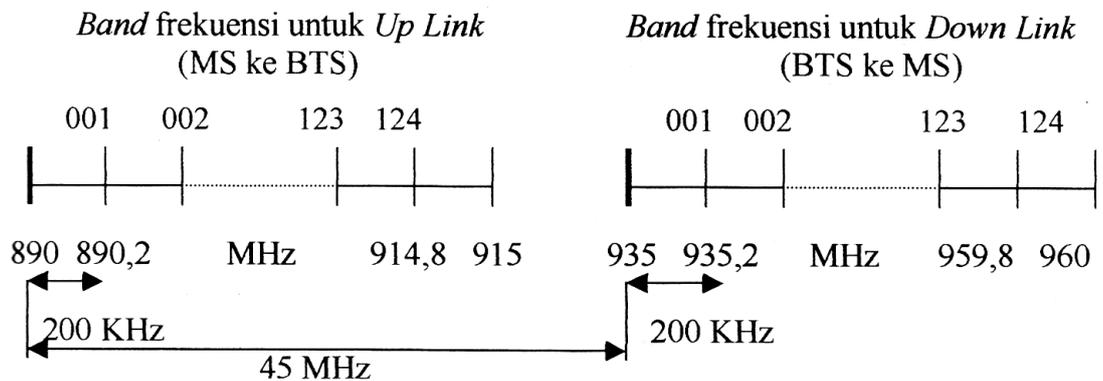
TINJAUAN PUSTAKA

A. Alokasi Frekuensi GSM

Dalam jaringan GSM, terdapat dua band frekuensi, yaitu :

1. Untuk arah *up-link*, yaitu dari *Mobile Station* (MS) menuju *Base Transceiver System* (BTS) menggunakan band frekuensi 890-915 Mhz.
2. Untuk arah *down-link*, yaitu dari *Base Transceiver System* (BTS) menuju *Mobile Station* (MS) menggunakan band frekuensi 935-960 Mhz

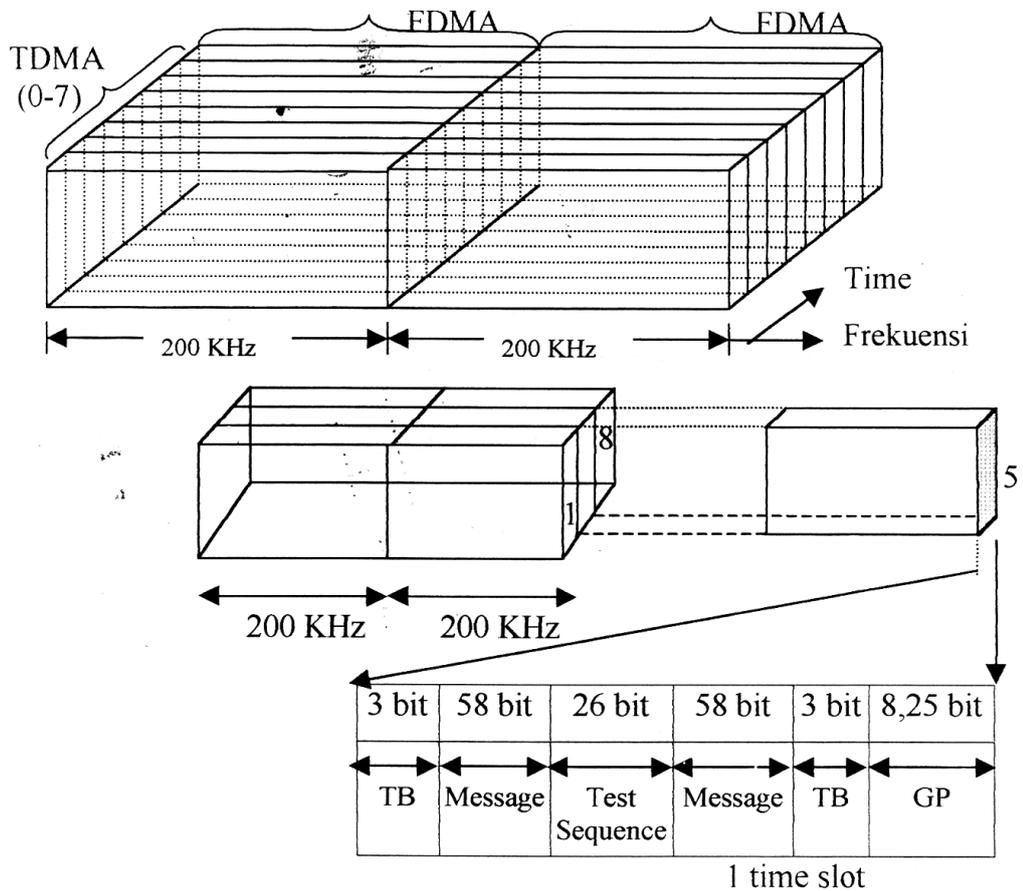
Lebar band frekuensi 25 Mhz tersebut dibagi menjadi 124 pasang frekuensi *carrier* dengan spasi kanal 200 Khz, sementara band untuk spasi duplex 45 Mhz (Sesuai dengan regulasi CEPT). Seperti pada gambar 2.1.berikut ini:



Gambar 2.1. Band Frekuensi GSM

Dalam alokasi frekuensi telah disepakati bahwa GSM memiliki band 25 Mhz di sekitar 900 Mhz dengan sistem *multiple Acces* gabungan FDMA dan TDMA

Seluruh informasi dalam "bentuk signal digital, signal voice misalnya, pada saat dipancarkan berupa aliran data biner melalui *interface radio*. Dengan demikian jaringan GSM adalah merupakan sistem radio digital. Setiap frekuensi *carrier* digunakan untuk membawa delapan *physical* GSM channel, dimana informasi-informasi atau data dipancarkan atau diterima di dalam urutan-urutan waktu (*time semtcnce*/TDMA). Data di dalam *physical* GSM channel (kanal-kanal TDMA) dipancarkan dalam bentuk burst. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.2. berikut ini:

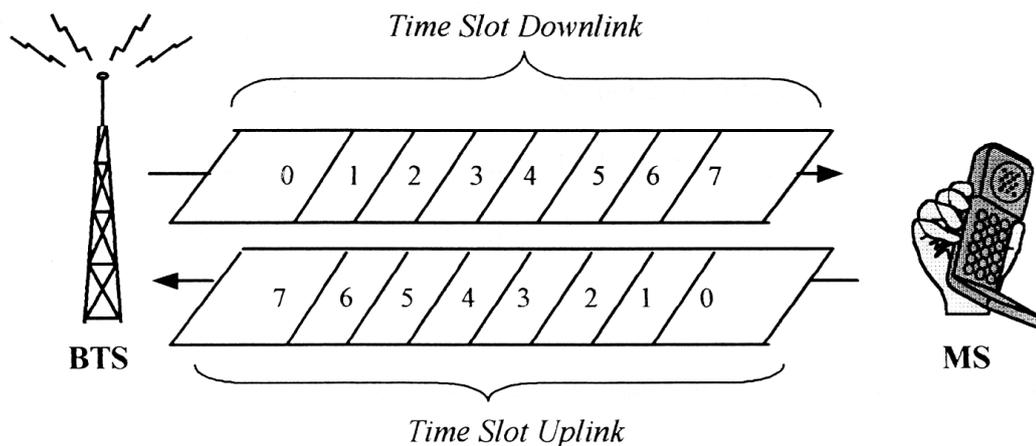


Gambar 2.2 Kombinasi FDMA-TDMA dalam Sistem GSM

Dalam sistem komunikasi selamanya terdapat pengirim dan penerima, demikian pula pada jaringan GSM. Dalam hal ini yang dianggap sebagai pengirim adalah MS dan sebagai penerima yaitu BTS atau sebaliknya.

B. Konsep Kanal GSM

Interface radio adalah suatu nama umum dari suatu hubungan antara *Mobile Station (MS)* dan *Base Transceiver Station (BTS)*. *Interface radio* ini menggunakan konsep TDMA per-frekuensi *carrier*. Setiap *frame* terdiri dan 8 *time slot (TS)*. Arah dari BTS ke MS disebut *Downlink* sedangkan arah dari MS ke BTS disebut *Up-link*. Seperti pada gambar 2.3. berikut:



Gambar 2.3. Transmisi sinyal dengan sistem TDMA pada GSM

1. Kanal Fisik (Physical Channel)

Satu *time slot (TS)* dari sebuah *frame* TDMA pada sebuah frekuensi *carrier* disebut kanal fisik. Hal ini bisa dibandingkan dengan sebuah kanal dalam sebuah sistem FDMA, dimana setiap *user* dihubungkan ke sistem melalui sebuah keluaran dari sejumlah frekuensi yang ada.

Jadi di dalam GSM, terdapat 8 kanal fisik per frekuensi yaitu kanal 0-7 (time slot 0-7). Informasi yang dikirim selama satu time slot disebut *Burst*.

2. Kanal Logik (Logic Channel)

Bermacam-macam informasi yang harus dikirim antara BTS dan MS, misalnya data dan *control signaling*. Setiap jenis informasi dikirim dengan menggunakan kanal-kanal fisik dalam orde yang berbeda-beda. Kanal-kanal logik ini dipetakan (*mapping*) ke dalam kanal fisik. Kanal logik terbagi dalam 2 group yaitu kanal kontrol dan kanal trafik.

a. Kanal Trafik

Kanal trafik (TCH) terbagi dalam dua jenis, yaitu *full rate* dan *half rate*. Pada saat ini hanya *Full rate TCH* yang digunakan, dimasa yang akan datang bilamana *half rate speech coder* dengan kualitas yang memadai telah dibuat maka akan memungkinkan penggunaan *half rate TCH*. Satu *full rate TCH* akan menempati satu kanal fisik (satu TS pada sebuah *carrier*), sementara dua *half rate TCH* dapat membagi satu kanal fisik.

Kanal trafik (TCH) digunakan untuk mengirim sinyal pembicaraan yang dialokasikan pada kanal fisik tertentu, dalam hal ini misalnya pada kanal 6 (TS 6).

b. Kanal Kontrol

Ketika MS dihidupkan dan mencari BTS dimana dia berada, dengan cara melakukan scanning pada seluruh band frekuensi yang ada atau dengan menggunakan sekelompok *carrier BCCH* yang dialokasikan untuk operator ini. Bila mana MS telah mendapatkan *carrier* yang terkuat maka MS harus

mengetahui apakah carrier tersebut *carrier BCCH*. *Carrier BCCH* adalah frekuensi yang digunakan untuk membawa kanal control. Kanal kontrol dalam GSM terdiri atas 3 jenis yaitu :

- *Broadcast Control Channel (BCCH)*
- *Common Control Channel (CCCH)*
- *Dedicated Control Channel (DCCH)*

a. Broadcast Control Channel (BCCH)

1) Frequency Correction Channels (FCH)

Pada kanal ini sebuah sinyal gelombang sinus (*fixedbits*) ditransmisikan. Hal ini mempunyai dua maksud, yaitu :

- Agar MS yakin bahwa yang diterima adalah *carrier BCCH*
- Agar MS mampu melakukan sinkronisasi terhadap sebuah frekuensi. FCH ditransmisikan pada arah-*downlink*.
Point-to-multipoint.

2) Synchronization Channel (SCH)

Setelah menerima FCH selanjutnya MS adalah sinkronisasi terhadap struktur di dalam cell dimana MS tersebut sedang berada, dan juga untuk meyakinkan bahwa BTS yang dipilih adalah *base station* GSM.

Pada saat menerima SCH, MS juga menerima informasi nomor *frame TDMA* dan *Base Station Identity Code (BSIC)* dari sebuah *Base Station* yang telah dipilih. BSIC hanya bisa dikodekan jika *Base Station*

tersebut kepunyaan jaringan GSM, SCH ditransmisikan pada arah *downlink, point-to-multipoint*.

3) Broadcast Control Channel (BCCH)

Informasi terakhir dari Broadcast Channel adalah beberapa informasi umum (*general information*) mengenai sebuah cell dimana MS harus menerima informasi tersebut guna memulai *roaming*, menunggu selama panggilan-panggilan untuk panggilan yang datang atau panggilan yang sedang dibuat, serta dapat pula berisi tentang *Location Area Identity (LAI)*, *power output* maksimum yang diizinkan dalam sel dan *carrier BCCH* untuk sel-sel tetangga bagi keperluan MS untuk melakukan pengukuran-pengukuran.

Seluruh informasi tersebut dipancarkan melalui BCCH yang ditransmisikan pada arah *downlink point-to-multipoint*.

Sampai tahap ini, sekarang MS telah di tune pada sebuah *Base Station* dan telah disinkronisasi dengan struktur *frame* di dalam cell tersebut.

Base station-base station ini tidak disinkronisasi satu dengan yang lain, jadi setiap saat MS berpindah *cell* maka MS akan membaca FCH, SCH dan BCCH yang berbeda.

b. Common Control Channels (CCCH)

1) Paging Channels (PCII)

Dalam interval waktu tertentu MS akan mendengarkan kanal paging, PCH, untuk melihat jika jaringan menginginkan berkomunikasi

dengan MS, misalnya jika ada panggilan atau *short message* yang datang. Informasi yang dikirim melalui PCH adalah *Paging Message* (pesan panggilan), termasuk nomor *signaling* MS (IMSI) atau nomor sementara (TMSI). PCH ditransmisikan pada arah *downlink, point-to-multipoint*,

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

Jika MS sedang mendengarkan PCH, MS menyadari bahwa MS terdekat sedang dipanggil. *Random Access Channel (RACH)* merupakan kanal yang digunakan oleh MS untuk menjawab/meminta kanal *signaling*. RACH juga bisa digunakan ketika MS ingin berkomunikasi dengan jaringan, misalnya ketika sedang melakukan *set-up*. RACH ditransmisikan pada arah *up link, point-to-point*.

3) **Access Grant Channel (AGCH)**

Jaringan menetapkan sebuah kanal *signaling* yaitu kanal *dedicated control* yang berdiri sendiri (*Stand Alone Dedicated Control Channel, SADCH*). Penetapan ini dilakukan melalui AGCH. AGCH ditransmisikan pada arah *downlink, point-to-point*.

c. **Dedicated Control Channels (DCCH)**

1) **Stand Alone Dedicated Control Channels (SADCH)**

MS berpindah ke kanal *signaling* yang telah diletakkan melalui kanal *dedicated control* yang berdiri sendiri, SADCH. Jadi prosedur *set-up* panggilan dilakukan melalui SADCH dan *cell broadcast*. Selama

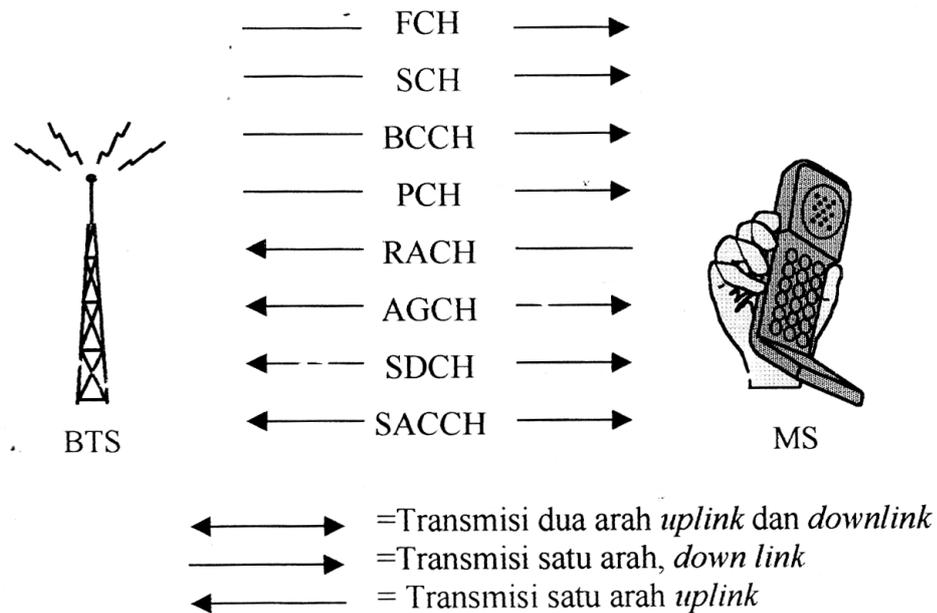
set-up panggilan tidak diizinkan adanya *handover*. SACCH ditransmisikan pada arah *uplink* dan *downlink, point-to point*.

2) **Slow Associated Control Channels (SACCH)**

Dalam interval waktu tertentu melalui SACCH dan juga kanal trafik informasi pada SACCH dikirim. Pada arah *uplink* MS mengirim pengukuran-pengukuran pada *Base Station* dimana MS berada (misalnya tentang kekuatan dan kualitas sinyal) dan *Base Station* tetangganya (kekuatan sinyal). Pada arah *downlink* MS menerima informasi tentang *power output* yang harus dipancarkan dan juga instruksi-instruksi tentang pewaktuan (*timing*). SACCH ditransmisikan pada arah *uplink* dan *downlink, point-to-multipoint*.

3) **Fast Associated Control Channel (FACCH)**

Jika secara tiba-tiba selama pembicaraan suatu *handover* harus dilaksanakan maka FACCH inilah yang akan digunakan. FACCH bekerja dalam *stealing mode*, berarti bahwa dalam satu segmen 20 ms untuk pembicaraan ditukar untuk informasi signaling yang diperlukan untuk *handover*. Dalam kasus ini pelanggan tidak merasakan interupsi selama terjadinya pembicaraan karena *speech coder* akan mengulangi blok pembicaraan sebelumnya. FACCH ditransmisikan pada arah *downlink* dan *uplink, point-to-point*. Transmisi sinyal kontrol terlihat seperti pada gambar 2.4 berikut



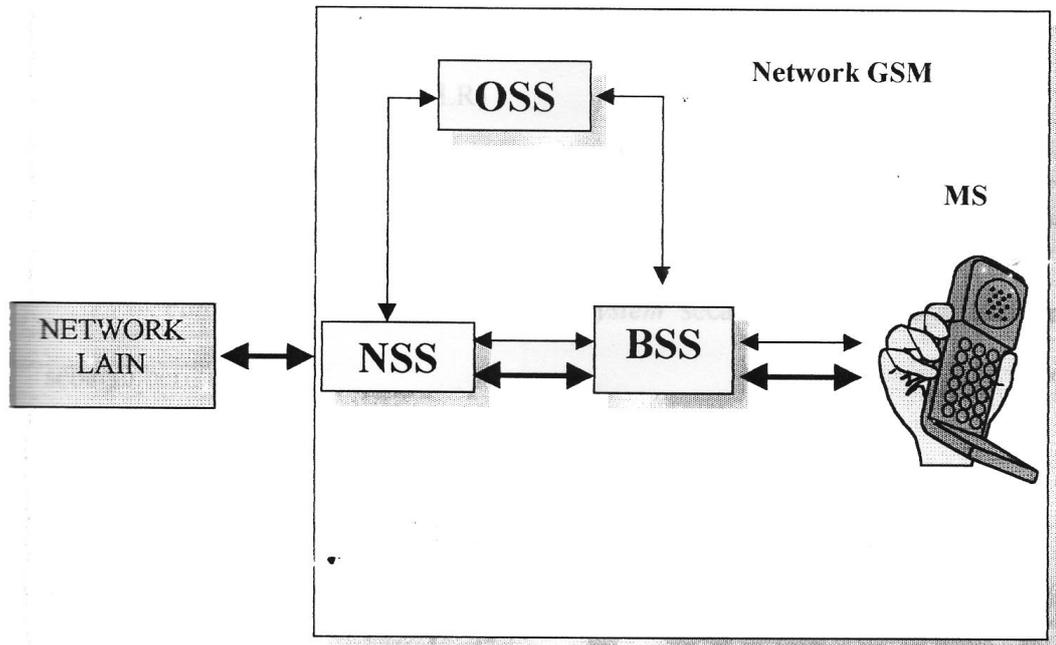
Gambar 2.4. Transmisi Sinyal Kontrol

C. Struktur Jaringan GSM

Secara garis besar jaringan GSM terdiri dari 3 sub sistem utama, yaitu:

- *Network and Switching System (NSS)*
- *Base Station System (BSS)*
- *Operation and Support System (OSS)*

Setiap sub sistem memuat sejumlah unit-unit fungsional sehingga fungsi-fungsi sistem secara keseluruhan dapat direalisasikan. Unit-unit fungsional tersebut diimplementasikan di dalam berbagai perangkat (*hardware*). Jaringan GSM diperlihatkan melalui gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Sub Sistem Penyusun GSM

D. Network and Switching System (NSS)

Network and Switching System (NSS) memuat fungsi-fungsi utama switching jaringan GSM serta sebagai basis data yang diperlukan untuk data pelanggan dan manajemen mobilitas pelanggan. Peranan utama *Switching System* adalah mengatur komunikasi antara pelanggan GSM dan pelanggan jaringan telekomunikasi lainnya.

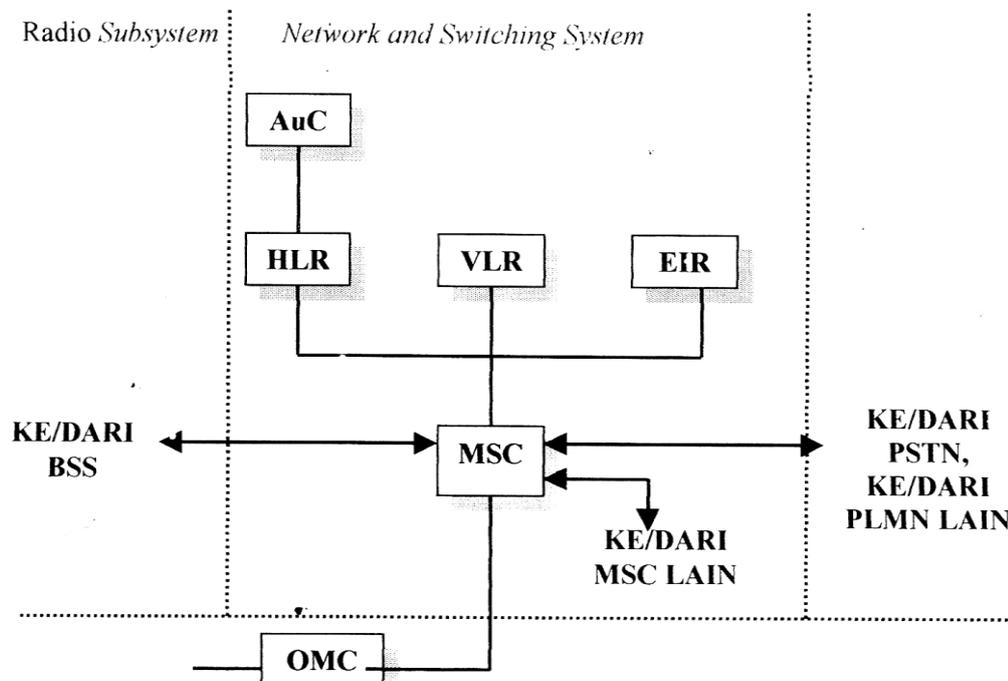
Di dalam NSS terdapat lima sub sistem utama, yaitu:

- *Mobile Service Switching Center (MSC)*
- *Home Location Register (HLR)*
- *Visitor Location Register (VLR)*
- *Authentication Centre (AuC)*
- *Equipment Identity Register (EIR)*

Fungsi *Network and Switching System* secara garis besarnya adalah sebagai berikut:

- Mengatur komunikasi antar pelanggan GSM
- Mengatur komunikasi pelanggan GSM dengan *network* lain
- Data base untuk pelanggan dan *mobility management*

Kelima sub sistem dan *switching system* ini secara bersama-sama mendukung/melakukan fungsi *switching* dalam jaringan GSM. Hubungan lain dan kelima sub sistem dalam NSS dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut



Gambar 2.6 Struktur Internal NSS

1. Mobile Switching Center (MSC)

Mobile Switching Center (MSC) melaksanakan seluruh fungsi *switching* yang diperlukan bagi *Mobile Station* (MS) yang berada di dalam daerahnya. Itulah sebabnya MSC merupakan otak dari sistem radio selular.

Adapun fungsi MSC adalah sebagai berikut:

- Manajemen seluruh panggilan (*call*), baik *originating* maupun *terminating calls*
- *Management inter MSC, handover* dan *supplementary service* + Bertanggung jawab untuk *set-up, routing*, kontrol dan terminasi panggilan
- *Charging* dan informasi *accounting*
- Sebagai *interface* antara jaringan GSM dengan *public voice* atau jaringan data.

2. Home Location Register (HLR)

Home Location Register (HLR) merupakan tempat penyimpanan data base yang berisi data-data pelanggan yang terdaftar pada suatu area yang dikontrolnya. Data tersebut mencakup informasi status pelanggan dan informasi *routing* panggilan untuk yang bersangkutan. Di dalam suatu jaringan GSM dapat berisi satu atau lebih HLR, tergantung dan besar kecilnya *network*.

Dalam HLR terdapat dua data yang disimpan, yakni:

- informasi *subscriber*, misalnya tentang data *teleservices, supplementary services*, authentication parameter dan lain-lain
- Informasi lokasi. *specifically address VLR* yang melayani *subscriber*, panggilan juga disimpan dalam HLR yang digunakan untuk keperluan *routing* panggilan ke *Mobile Station* melalui MSC yang melayani area di mana *mobile station* tersebut berada.

Secara singkat dapat dikatakan bahwa HLR mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Sebagai *master database* MS
- Memberikan data pelanggan yang dibutuhkan oleh VLR
- Memberikan informasi *routing* MS

3. Visitor Location Register (VLR)

Visitor Location Register (VLR) adalah sebuah data base yang memuat informasi dinamis (*dynamic information*) tentang seluruh *Mobile Station* yang sedang berada di dalam area layanan MSC, yaitu area *network* yang dilayani oleh sebuah MSC. Dalam hal ini setiap MSC memiliki VLR. Informasi yang disimpan tersebut dipakai untuk men set up panggilan ke dan dari pelanggan yang terdaftar.

Pada saat MS melakukan *roaming* ke area MSC yang baru, VLR dari MSC tersebut akan meminta data tentang MS tersebut kepada HLR sebagai bagian dari prosedur tersebut. HLR juga menyimpan *address* VLR dimana *mobile station* akan didaftarkan. Jika MS ingin melaksanakan panggilan, VLR telah memiliki seluruh data yang diperlukan untuk *set-up* panggilan tanpa harus bertanya kepada HLR terlebih dahulu. Data yang didapat oleh VLR dari HLR tersebut berguna untuk menangani fungsi panggilan standar, untuk dan dari pelanggan dan akan tetap valid sampai pelanggan tersebut meninggalkan area VLR (baik karena di non-aktifkan atau karena berpindah area VLR).

Data yang disimpan pada VLR dapat dibagi menjadi:

- Data urn urn (IMSI, TMSI, MSRN)
- Data autentikasi (RAND, SRES, Kc)
- Data layanan telekomunikasi (*Supplementary Service* yang diaktifkan)

4. Authentificatin Center (AuC)

Authentication Center (AuC) memelihara informasi keamanan yang berhubungan dengan identitas pelanggan bersama-sama dengan VLR AuC disambungkan ke HLR yang berfungsi untuk menyediakan parameter-parameter pengesahan (*Authentication parameters*) bagi HLR dan kunci-kunci sandi (*Ciphering keys*) untuk keperluan pengamanan.

Biasanya AuC menyatu dengan HLR sehingga disebut dengan HLR/AuC dan merupakan manajemen *secret key* untuk proses pemeriksaan otoritas MS. HLR/Auc dilengkapi dengan *security box* yang di dalamnya terdapat *secret key* dan algoritma yang dibutuhkan untuk membentuk parameter autentikasi berupa bilangan acak (*RAND-Random Number*), *signed response* (*SRES*) dan kunci *encipher/decipher* (*Kc*), yang disebut dengan *Triple-n*.

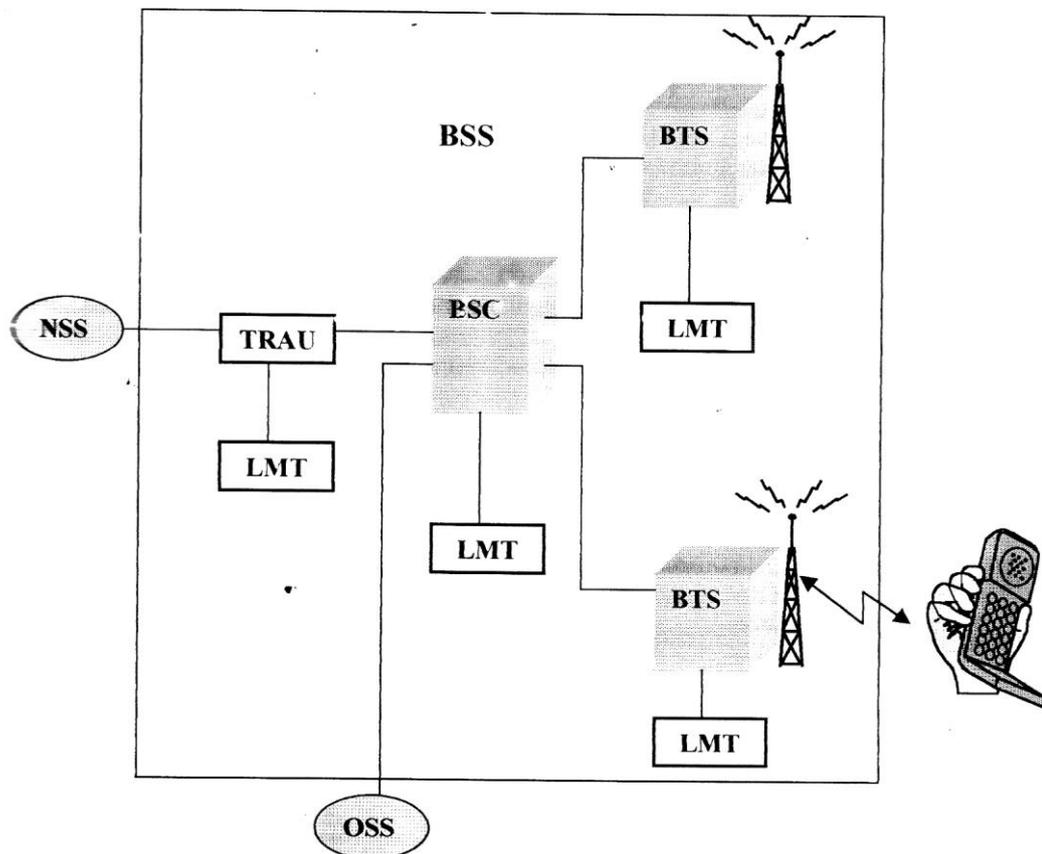
5. Equipment Identity Register (EIR)

Equipment Identity Register (EIR) merupakan tempat untuk menyimpan identitas peralatan MS. Informasi ini dipakai MSC untuk mengecek apakah peralatan yang dipakai pelanggan diakui, perlu diawasi atau tidak diperbolehkan mendapat layanan. EIR memuat informasi tentang *Physical Equipment Identity Mobile Station* (PEIMS) yang diberikan oleh *International Mobile Equipment Identity* (IMEI). EIR memuat *database* permanen untuk perangkat (IMEI) dari MS. Sedangkan identifikasi user diberikan oleh *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI).

E. Base Station System (BSS)

Base Station System (BSS) merupakan infrastruktur yang spesifik dari sistem radio selular GSM. BSS adalah merupakan perangkat yang berhubungan langsung dengan *Mobile Station* (MS) dan berhubungan langsung dengan *Network Switching System* (NSS). Jadi BSS merupakan *interface* antara MS dengan NSS.

Di samping itu untuk keperluan operasi dan pemeliharaan, BSS juga dihubungkan dengan *Operation Support System* (OSS). Hubungan kerja elemen diatas dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar2.7. Struktur Internal BSS

Base Station System (BSS) terdiri dari dua sub system utama, yaitu :

- *Base Station Controller* (BSC)
- *Base Transceiver Station* (BTS)

Dalam satu BSS biasanya terdiri dari *Base Station Controller* (BSC) dan sejumlah *Base Transceiver Station* (BTS).

1. Base Station Controller (BSC)

Pada umumnya BSC ditempatkan jauh dari *Mobile Switching Center*. Hal ini memungkinkan MSC untuk berkonsentrasi pada fungsi dari unit-unit telepon dan sementara alat yang sesuai untuk pengelolaan jaringan radio bisa dikembangkan secara bebas di dalam BSC.

Persyaratan fungsi dari BSC adalah tipe perangkat yang diinginkan memberikan efisiensi biaya untuk operasi dan pemeliharaan, sedangkan dari sisi perangkat radio harus sesederhana mungkin untuk menekan biaya instalasi dan perawatan. Adapun fungsi dari BSC adalah sebagai berikut:

- Pengendali jaringan radio

Jaringan radio dan sistem selular biasanya dipengaruhi oleh kecepatan pertumbuhan pelanggan baru secara terus-menerus. Setelah operasional, sistem sering membutuhkan konfigurasi ulang untuk adaptasi dengan pertumbuhan *traffic*.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka antara pengendalian BTS (*BTS management*) dan pengendalian jaringan radio (*radio network management*) di dalam BSC dibuat terpisah.

Untuk melakukan konfigurasi ulang yang benar, maka setiap perubahan statistik dikumpulkan di dalam BSC. Perubahan statistik tersebut meliputi pengukuran pengukuran *jumlah lost call*, berhasil tidaknya *handover*, trafik persel dan sebagainya.

- Pengendalian *Base Transceiver Station*

Dalam hal ini menggunakan suatu hubungan *master-slave* antara BSC dan *transceiver* di dalam BSS, sehingga untuk aktivitas-aktivitas yang utama diperintah, oleh BSC.

Sebelum mulai beroperasi, BSC membuat konfigurasi TRX dan frekuensi-frekuensi untuk setiap sel, sehingga BSC menerima sekelompok kanal *logic* yang bisa dialokasikan untuk hubungan dengan MS. TRX diawasi oleh *internal software test* dan *loop test* pada lintasan *speech*. Setiap gangguan yang terjadi di dalam BTS, TRX cadangan akan diaktifkan, sehingga kanal-kanal *logic* tetap bisa digunakan.

- Memelihara hubungan MS

Dalam hubungan ini BSC bertanggung jawab untuk membangun dan melepaskan hubungan ke MS, selama panggilan hubungan diawasi oleh BSC. Kekuatan sinyal dan kualitas *speech* diukur pada arah *up link* dan *down link* yang kemudian dikirim ke BSC guna menentukan *power output* MS dan *transceiver* yang sesuai. Di samping itu juga menentukan perlu atau tidaknya dilakukan *handover*.

Handover juga dilaksanakan untuk keseimbangan beban antar *cell*. Selama pembangunan panggilan (*set-up call*) di dalam sebuah *cell* yang

mengalami kongesti MS dapat dipaksa ke *cell* lain dimana beban trafiknya rendah.

Dengan adanya fasilitas *handover* yang bisa dipaksakan, ini sangat membantu di dalam pemeliharaan sistem, dimana kanal-kanal bisa dibebaskan dan trafik. MSC berkomunikasi secara langsung dengan MS dalam hal management *control* dan *mobility*.

- Pengendalian jaringan transmisi

Dalam hal ini BSC menyusun, mengalokasikan dan mengawasi sirkit 64 Kbit/s yang menuju ke BTS serta secara langsung mengontrol *remote switch* di dalam BTS, sehingga diperoleh efisiensi sirkit 64 Kbit/s dan mengaktifkan *transceiver* cadangan secara otomatis jika *transceiver* aktif sedang mengalami gangguan.

2. Base Transceiver System (BTS)

Base Transceiver System (BTS) adalah bagian dari BSS yang bertanggung jawab untuk transmisi radio. Perangkat radio dan perangkat *interface* transmisi yang diperlukan di dalam radio site adalah termasuk dalam BTS.

Fungsi *Base Transceiver System* terdiri atas:

- a. Fungsi-fungsi *Common Resource* Fungsi ini meliputi sebagai berikut:
 - *Broadcast* informasi sistem
 - Panggilan
 - Permintaan kanal oleh MS

b. Fungsi-fungsi *Dedicated Resource*

Fungsi ini meliputi sebagai berikut:

- Pengaktifan kanal
- Penonaktifan kanal
- Memulai *encryption*
- Pendeteksian *Handover*

c. *Coding* dan *Multiplexing*

Fungsi ini meliputi sebagai berikut:

- *Multiplexing* pada lintasan rasio (*radio path*)
- *Channel coding* dan *interleaving*
- *Encryption/decryption*

d. Pengendalian radio sub sistem Fungsi ini meliputi sebagai berikut:

- Pengukuran kualitas
- Pengukuran dan *alignment*
- Pengendalian/wwrBTS dan MS
- Pengiriman
- Penerimaan

e. Sinkronisasi

Fungsi ini meliputi sebagai berikut:

- Referensi frekuensi
- Nomor frame TDMA

f. Konfigurasi

Fungsi ini meliputi sebagai berikut:

- Pengiriman RF
 - Penerimaan RF
 - Penggabungan kanal *logic*
 - Penutupan identitas *call*
- g. Penanganan *Maintenance* lokal

Fungsi yang digunakan untuk operasi dan pemeliharaan lokal tanpa berhubungan dengan BSC. Perangkat di dalam BTS hanya memberikan indikasi status dan alam secara umum. Semua indikasi yang mendetail dan semua kontrol manual dilaksanakan dari "*Local Maintenance Terminal (LMT)*".

F. Operation and Support System (OSS)

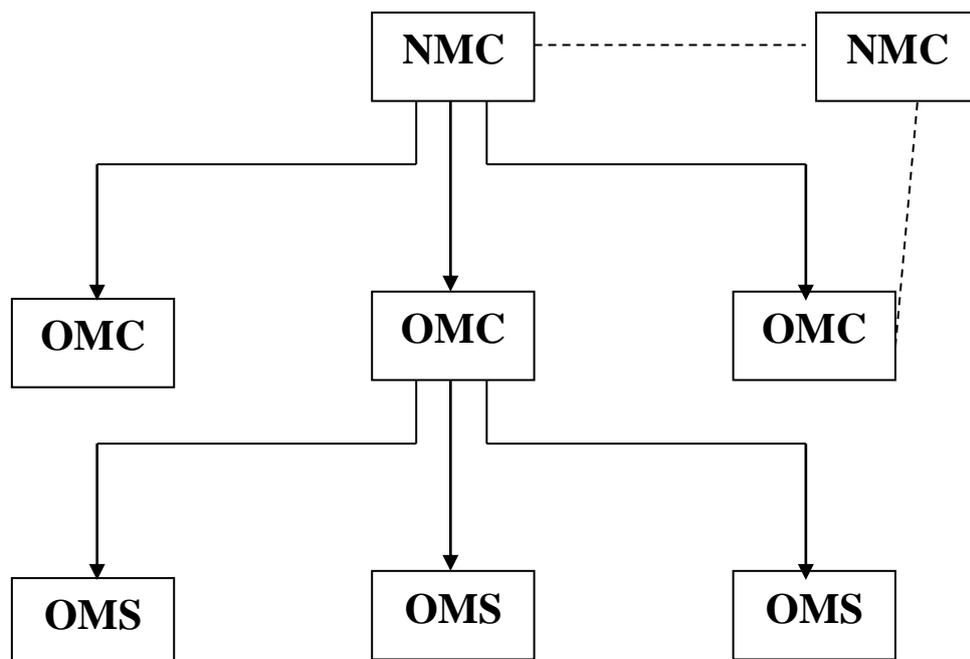
Fungsi operasi dan pemeliharaan jaringan GSM dilakukan secara *software* yang terletak secara lokal di dalam node-node *network*. Dalam hal ini digunakan konsep pendistribusian fungsi-fungsi operasi dan pemeliharaan digabungkan dengan pemusatan support system menyediakan peralatan-peralatan yang diperlukan untuk efisiensi management jaringan, berkaitan dengan cepatnya pertumbuhan jaringan. Setiap elemen jaringan GSM dapat melakukan fungsi supervisi dan pelaporan status elemen. Pendeteksian error diklasifikasikan sesuai dengan tingkat keseriusannya. Hal ini guna mempermudah menentukan jenis pemeliharaan/pengukuran yang sesuai yang harus diambil.

Di dalam beberapa hal fungsi-fungsi operasi dan pemeliharaan lokal diberi kewenangan untuk mengatasi adanya problem. Sebagai contoh adalah proses pemindahan trafik ke unit cadangan. Sebagaimana diuraikan di atas bahwa

dilakukan pendistribusian terhadap fungsi-fungsi operasi dan pemeliharaan, maka untuk implementasinya dibentuk sistem yang terstruktur menurut tingkatannya sehingga dikenal adanya tiga tingkatan, yaitu:

- *Network Management Center (NMC)*
- *Operation Maintenance Center (OMC)*
- *Operation and Maintenance System (OMS)*

Pendistribusian fungsi-fungsi operasi dan pemeliharaan pada OSS dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut ini:



Gambar 2.8. Distribusi fungsi-fungsi Operasi dan Pemeliharaan

- *Network Management Center (NMC)*

Merupakan pusat pengontrolan segala fungsi-fungsi operasi dan pemeliharaan. Ini dilakukan jika jaringan GSM sudah cukup luas, mengingat luasnya jaringan GSM yang terbentuk, maka dianggap perlu untuk membuat

beberapa NMC. NMC dalam hal ini mengkoordinir/mengontrol informasi-informasi yang terdapat pada beberapa OMC tadi.

- *Operation Maintenance Center (OMC)*

OMC adalah merupakan fungsi yang menyatu dengan jaringan GSM. Operator dapat memonitor dan mengontrol sistem melalui OMC tersebut. Operasi dan pemeliharaan dalam sistem komunikasi, merupakan faktor yang sangat penting. Sistem GSM dilengkapi dengan berbagai fungsi sehingga memungkinkan operasi dan pemeliharaan tersebut dilaksanakan secara efisien. OMC dalam hal ini mengontrol beberapa OMS.

- *Operation and Maintenance System (OMS)*

OMS memuat seluruh fungsi dasar operasi dan pemeliharaan yang digunakan untuk mengontrol MSC, BSC dan lain-lain yang terdapat dalam jaringan GSM dan terletak secara lokal di dalam elemen jaringan yang berkaitan, MSC misalnya. Di dalamnya terdapat *software* operasi dan pemeliharaan yang diperlukan untuknya. OMS MSC memuat lebih dan 50blok fungsi yang digunakan untuk tugas-tugas manajemen rutin telepon, misalnya pengukuran trafik, analisa dan diagnostik gangguan. Terminal yang di digunakan untuk pemeliharaan lokal dapat disambungkan secara lokal ke MSC dan digunakan oleh petugas pemeliharaan yang mengijinkan akses ke fungsi operasi dan pemeliharaan.

Untuk keperluan pemusatan manajemen jaringan GSM, telah dikembangkan *Operation and Support System (OSS)*, yang merupakan bagian yang menyatu dengan GSM .Bersama-sama dengan fungsi operasi dan

pemeliharaan lokal di dalam elemen jaringan, OSS memberikan sarana yang diperlukan untuk efisiensi biaya manajemen jaringan pada saat menghadapi pertumbuhan dan berbagai perubahan.

Dengan menggunakan OSS, petugas operasi dengan melalui pusat manajemen dapat memeriksa seluruh elemen jaringan secara remote dan melakukan perubahan atau modifikasi *software* yang berhubungan dengan penambahan dan perubahan fungsi.

G. Mobile Station (MS)

Mobile Station (MS) yang berdimensi kecil/ringan (*transportable* atau telepon saku) adalah merupakan peralatan pelanggan yang di dalamnya terdapat radio pemancar dan penerima logic unit yang digunakan untuk data *signalling* dengan BTS dan peralatan telepon yang dilengkapi dengan kunci dialing dan lain-lain, dan merupakan sarana akses ke jaringan GSM melalui radio interface. Mobile station ini terdiri dari

- *Mobile Equipment* (ME) dan
- SIM-Card

Jika terjadi panggilan antara dua pelanggan bergerak maka penyaluran *signal voice* akan diatur oleh MSC, sementara untuk panggilan antara pelanggan bergerak dengan pelanggan telepon biasa, maka *signal voice* akan ditransmisikan melalui jaringan radio antara MS dan *voice channel* unit pada BTS sehingga channel unit pada MS akan tertutup. MSC menyambungkan ke PSTN untuk selanjutnya oleh PSTN disambungkan ke pelanggan yang dituju.

H. Redaman Sinyal

Dalam mentransmisikan sinyal dan pengirim ke penerima selalu terjadi gejala yang dinamakan redaman, terlepas dari media transmisi apapun yang digunakan, baik media transmisi berupa fisik maupun berupa non-fisik (udara). Demikian pula yang terjadi pada transmisi radio digital GSM. Redaman ini mempengaruhi sinyal *bit stream* yang telah dimodulasi oleh sinyal *carrier*, dimana semakin besar sinyal *bit stream* mengalami redaman, maka makin sulit memperoleh sinyal informasi secara benar.

Adapun penyebab timbulnya redaman yang dialami oleh sinyal yang sampai pada penerima, antara lain adalah:

1. *Path Loss*

Path Loss adalah suatu fenomena yang terjadi ketika sinyal yang diterima semakin lama semakin lemah karena bertambahnya jarak antara MS dan *Base Station*, dimana antara pemancar dan antena penerima tidak terdapat penghalang (*no obstacle*). Untuk kasus free space, kerapatan daya yang diterima oleh sebuah antena berbanding terbalik dengan jarak kuadrat, antara antena pemancar dan penerima. Daya yang diterima juga berbanding terbalik dengan frekuensi transmit kuadrat. Dari dua keadaan ini menghasilkan *power loss* yang diakibatkan oleh redaman *space*.

$$\alpha(\text{dB}) = 32,4 (\text{dB}) + 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log d (\text{km})$$

Dimana:

α = redaman ruang bebas (dB)

f = frekuensi *carrier* (MHz)

d = jarak antara MS dan BTS (km)

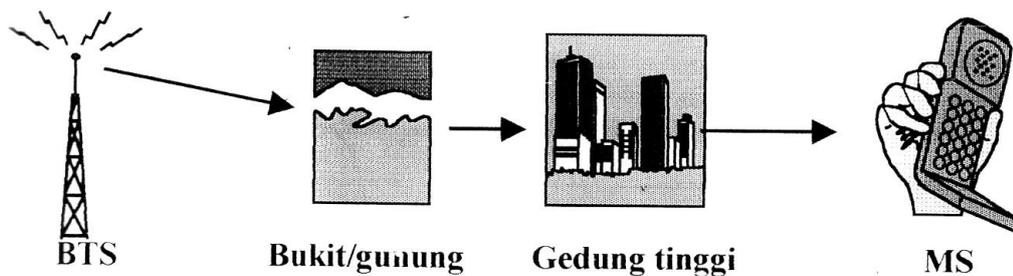
Dari persamaan di atas terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi maka akan semakin tinggi pula redamannya. Persamaan ini hanya berlaku untuk MS yang dekat dengan BTS.

2. *Fading*

Perubahan level penerimaan tidak hanya yang disebabkan oleh redaman *free space*, akan tetapi dapat pula diakibatkan oleh *fading*. *Fading* terjadi bila mana timbul adanya perubahan/variasi pada kuat medan (*field strength*) dan penerima. Adapun jenis *fading* yang mungkin terjadi, antara lain:

- *Log-normal fading*

Umumnya terjadi bila mana MS bergerak dalam daerah yang penuh dengan gedung-gedung tinggi atau berbukit-bukit. Hal ini menimbulkan *shadowing effect* sehingga menurunkan kekuatan sinyal yang diterima.



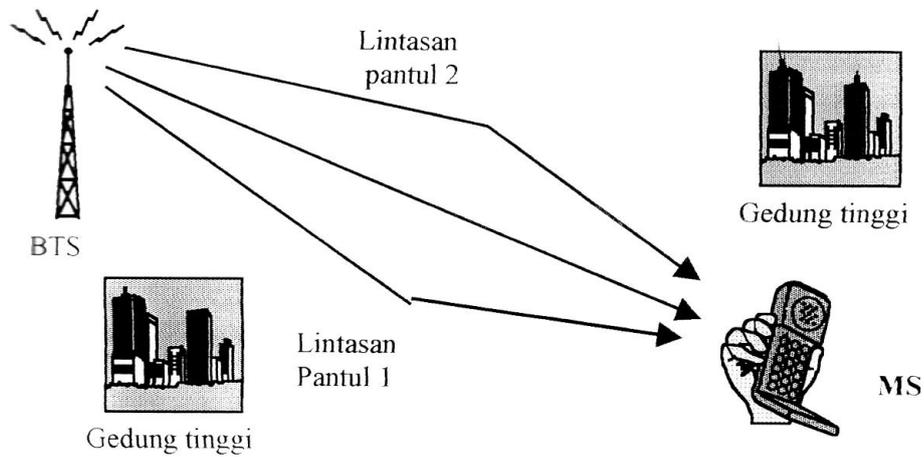
Gambar 2.9 *Log-Normal Fading*

Jika MS bergerak di sekitarnya maka kekuatan sinyal akan berkurang dan bertambah pada ada tidaknya penghalang (*obstacle*) antara MS dan BTS. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.9.

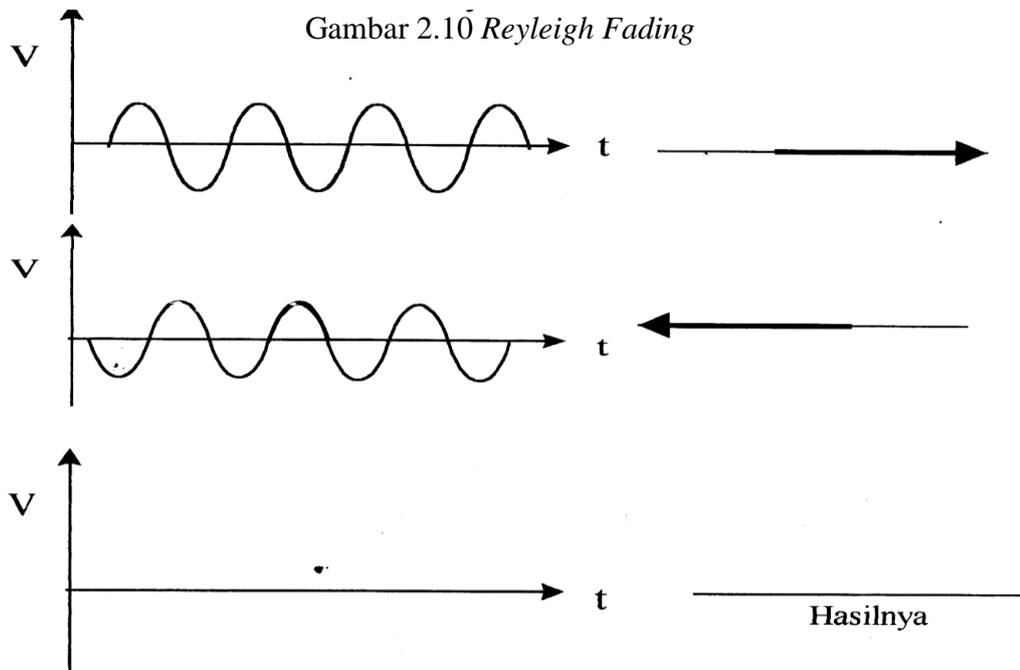
- *Reyleigh fading*

Apabila MS digunakan dalam kota akan menimbulkan gangguan yang lain, yaitu *multipath* atau *Reyleigh fading*. Hal ini terjadi ketika sinyal yang sampai ke antena penerima melalui dan segala arah, misalnya karena dipantulkan oleh gedung, sehingga sinyal yang diterima merupakan suatu penjumlahan dan banyak sinyal yang identik dimana hanya berbeda phase.

Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 *Reyleigh Fading*



Gambar 2.11 Resultan dua Sinyal yang sama tetapi berbeda fasa 180°

Bila sinyal-sinyal tersebut dijumlahkan dalam vektor, maka akan menghasilkan vektor resultan dan ini berarti bahwa sinyal-sinyal tersebut dapat saling menguatkan atau saling melemahkan/mengurangi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.11. dari gambar tersebut terlihat bahwa kondisi paling buruk terjadi bilamana sinyal pantul dan sinyal langsung mempunyai amplitude yang hampir sama tiba di penerima dengan beda fasa 180° karena penjumlahan kedua vektornya = 0

I. Proses Panggilan

Beberapa proses panggilan dalam sistem telekomunikasi selular yaitu:

- *Mobile Originating Call* (MOC)
- *Mobile Terminating Call* (MIC)
- *Handover*

MS Idle. Sementara MS sedang roaming, MS mendeteksi *paging message* dan sebuah *cell* yang terbaik penerimaannya. Ini dilakukan dengan membandingkan antara *cell* dimana MS berada dengan *cell* tetangganya. Jika *paging message* dari *cell* tetangga lebih baik maka MS akan berganti *cell* dan jikaperlu, juga memberitahu sistem tentang *location updating*. Di dalam keadaan *idle*, MS juga bisa menerima *Short Message* atau *Broadcast Message* dan *cell*.

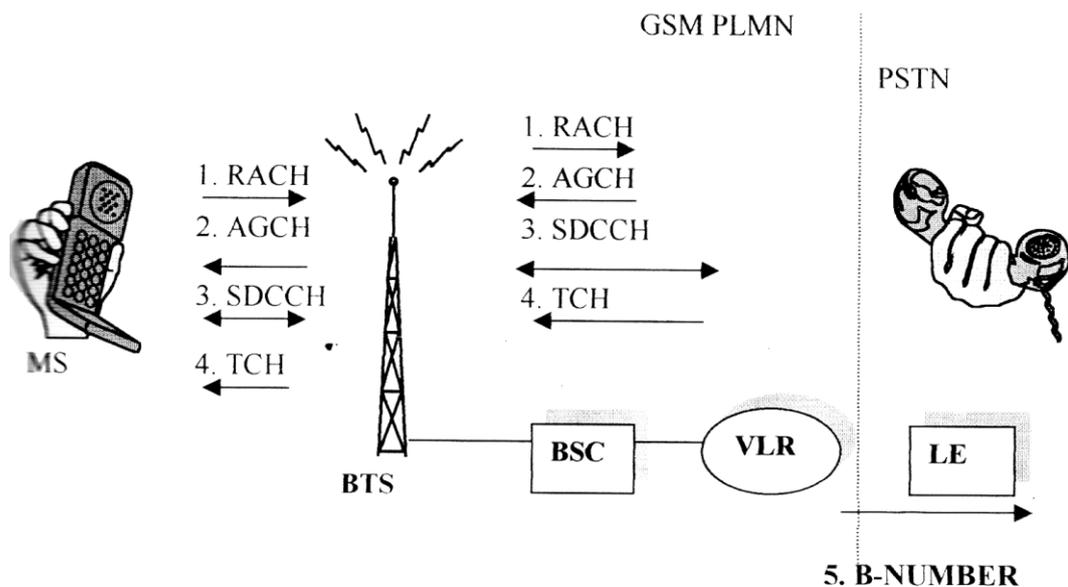
MS Sibuk. MS dikategorikan sibuk jika MS sedang melakukan panggilan atau sedang melakukan proses "*call set up*". Dalam kondisi ini keputusan untuk pindah *cell* tidak diambil oleh MS sendiri. Berdasarkan hasil pengukuran yang diberikan oleh MS dan BTS, BSC mengambil keputusan untuk pindah *cell*.

Pengambilan keputusan tersebut disebut sebagai "*Locating*", sedangkan perpindahan dari cell yang satu ke cell lainnya disebut "*Handover*".

Dalam kondisi sibuk, MS dapat juga menerima "*short message*", tetapi tidak dapat menerima "*cell broadcast message*"

1. Mobile Originating Call (MOC)

Untuk melakukan panggilan ke pelanggan lain, baik yang terdaftar di PSTN maupun jaringan selular lainnya, mobile station harus melalui proses *Mobile Originating Call (MOC)*. Seperti terlihat pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 Proses Panggilan MOC ke Sebuah Pelanggan PSTN

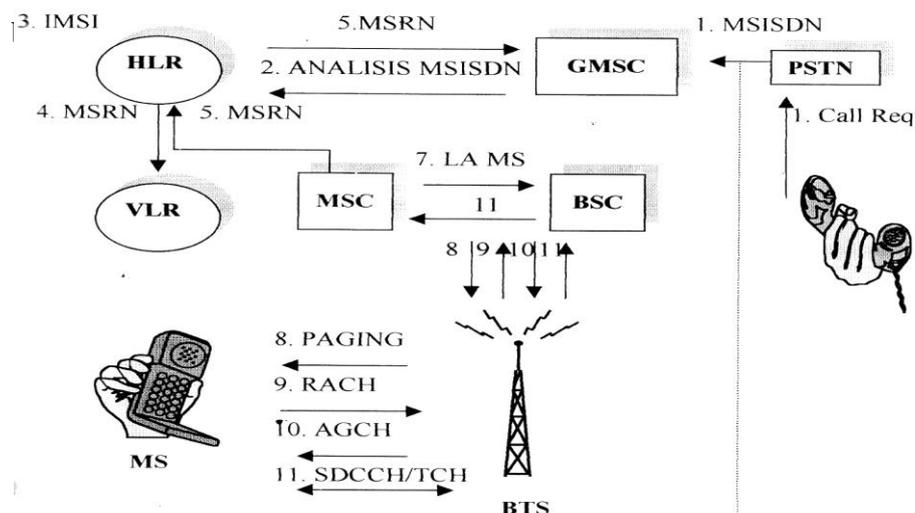
Proses panggilan pada MOC adalah:

- MS menggunakan RACH (*Random Access Channel*) untuk meminta kanal *signaling*, SDCCH (*Stand Alone Dedicated Control Channel*), untuk keperluan *call set-up*.
- BSC mengalokasikan kanal *signaling*, dengan menggunakan AGCH (*Access Grant Channel*).

- c. MS mengirimkan "call set-up request" melalui SDCCH ke MSC/VLR. Didalamnya termasuk pemberian tanda pada MSC/VLR MS sibuk, prosedur autentikasi, *ciphering*, Pengiriman "B-Number" (nomor pelanggan PSTN), dan pengecekan service yang dimiliki pelanggan (misal: *out going call barring*).
- d. MSC/VLR meminta BSC untuk mengalokasikan TCH (diteruskan ke BTS dan MS).
- e. MSC/VLR meneruskan B-number (nomor pelanggan yang dipanggil) ke sentral PSTN. Pelanggan yang dipanggil menjawab, dan hubungan akan dibangun.

2. Mobile Terminating Call (MTC)

Pada *Mobile Terminating Call* (MTC) pelanggan yang dipanggil adalah pelanggan yang MSISDN-nya di dial oleh si pemanggil tetap. MSISDN ini tidak mencerminkan lokasi aktual pelanggan yang bersangkutan, sehingga harus dicari MSRN pelanggan pada saat itu. Seperti terlihat pada gambar 2.13



Gambar2.13 Proses Panggilan MTC

Proses panggilan MTC adalah :

- a. Pelanggan PSTN mengunci MSISDN (*Mobile Subscriber ISDN Number*) yang dianalisa di dalam sentral lokal PSTN, dan mengetahui bahwa panggilan tersebut untuk pelanggan di dalam jaringan GSM. Hubungan kemudian di setup ke GSMC (*Gateway MSC*).
- b. GMSC menganalisa MSISDN untuk mendapatkan HLR dimana MS terdaftar sebagai pelanggan dan menanyakan ke HLR untuk informasi rute panggilan ke MSC/VLR yang bisa melayani MS yang dipanggil.
- c. HLR menerjemahkan MSISDN ke dalam IMSI, dan kemudian bisa mendapatkan MSC/VLR yang mana yang sedang melayani MS pada saat ini. HLR juga mempunyai informasi tentang jenis *service* (*call forwarding, three party conference* dsb). *Service* telah diaktifkan, panggilan akan dirutekan ke nomor MS yang dipanggil, mungkin melalui PSTN.
- d. HLR meminta *roaming number*, MSRN (*Mobile Station Roaming Number*), dari MSC/VLR yang sedang melayani MSRN berisi alamat pada MSC/VLR.
- e. MSC/VLR mengembalikan MSRN melalui HLR ke GMSC.
- f. GMSC merutekan kembali panggilan ke MSC/VLR, secara langsung atau melalui PSTN dan termasuk informasi dari PSTN.
- g. MSC mengetahui di dalam *Location Area* (LA) dimana MS berada. *Paging message* dikirim ke BSC yang mengontrol LA dimana MS sedang berada

(informasi tentang LA di bawah kendali BSC, yang mana bisa disimpan dalam BSC atau MSC).

- h. BSC menyebarkan *paging message* ke BTS di dalam LA yang diinginkan. BTS mengirim pesan melalui *air interface* dengan menggunakan PCH (*Paging Channel*). Untuk memanggil MS. IMSI hanya berlaku di dalam MSC/VLR *service area* dimana MS berada.
- i. Ketika MS mendeteksi *paging message*, MS mengirim suatu permintaan untuk *signalling channel*, SDCCH.
- j. BSC memberikan SDCCH, menggunakan AGCH.
- k. SDCCH digunakan untuk prosedur *call set-up*, seperti di dalam kasus untuk panggilan dari MS, dan kemudian sebuah TCH dialokasikan. SDCCH kemudian dilepas. Jika MS menjawab panggilan tersebut maka terbentuklah hubungan antara pelanggan PSTN dengan MS.

3. *Handover*

Handover adalah peristiwa penggantian kanal radio suatu panggilan dan satu kanal ke kanal lain sewaktu pembicaraan berlangsung, dengan tujuan untuk mempertahankan hubungan pembicaraan pelanggan selama pelanggan bergerak dari satu *cell* ke *cell* lainnya. Untuk mampu memilih target *cell* yang terbaik, pengukuran-pengukuran telah dilakukan oleh MS dan BTS. Pengukuran-pengukuran dari MS dan BTS diproses oleh BSC. Proses evaluasi ini disebut *Locating*.

Sebelum melihat kasus-kasus *handover* yang berbeda, akan diberikan secara singkat apakah lokasi itu.

BTS melayani pengukuran-pengukuran kekuatan dan kualitas sinyal pada arah *uplink*. Pengukuran dari BTS dan salah satu dari MS dikirim ke BSC sebagai laporan pengukuran. Atas dasar laporan ini BSC memutuskan jika sebuah *handover* perlu dilakukan dan pada cell yang mana, ini dikenal sebagai *locating*.

Segera setelah salah satu cell tetangga lebih baik dari cell yang sedang melayani, maka sebuah *handover* diusahakan

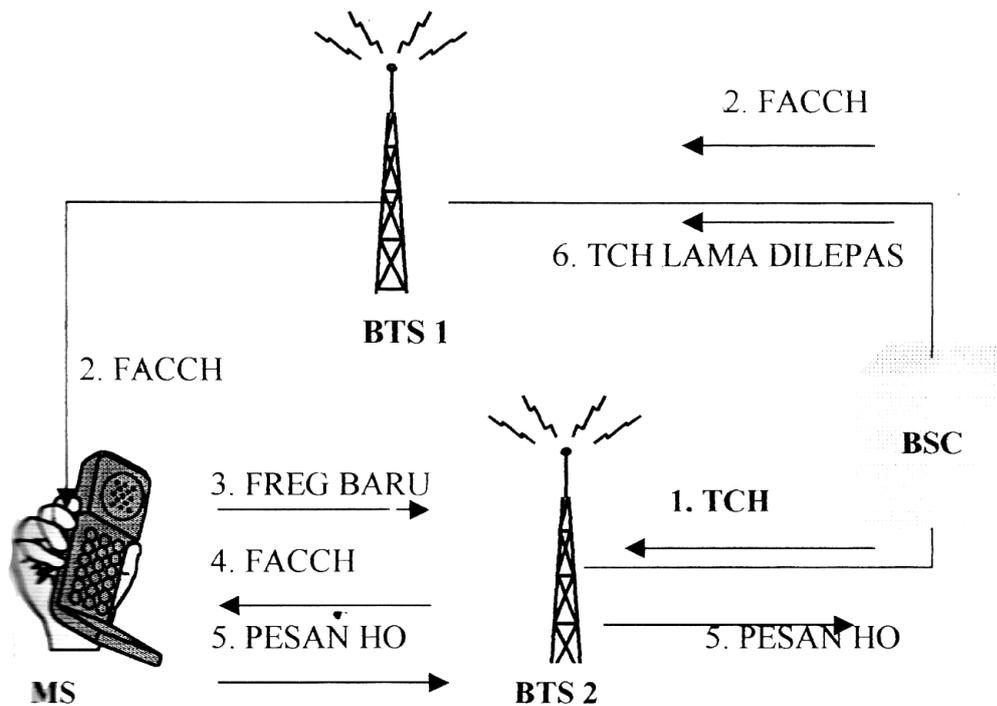
Alasan lain untuk usaha sebuah *handover*, disamping alasan-alasan kekuatan dan kualitas sinyal, adalah jika kenaikan pewaktuan (*timing advance*, TA) yang digunakan oleh MS melebihi nilai *threshold* yang telah diset oleh operator. Hal ini terjadi ketika MS bergerak pada perbatasan sebuah cell dengan cell lain.

Ketika MS telah berganti cell, BTS yang baru memberikan MS tentang BCCH *carrier* tetangga, sehingga pengukuran-pengukuran bisa dilakukan lagi. Jika MS juga berganti *location area*, *location updating* tipe normal dilakukan setelah panggilan selesai.

4. Handover Antar Cell yang Dikontrol oleh BSC yang Sama

Ketika melakukan *handover* antara dua cell yang dikontrol oleh BSC yang sama, MSC/VLR dalam hal ini tidak dilibatkan. MSC/VLR akan diberitahu bahwa *handover* telah dilaksanakan. Jika *handover* dilaksanakan antara *cell* dalam *location area* (LA) yang berbeda, prosedur *location updating* tipe normal akan dilakukan.

Berdasarkan pengukuran-pengukuran yang diterima dari BTS dan MS, BSC memutuskan bahwa *handover* perlu dan pada cell yang mana. Seperti terlihat pada gambar 2.14 berikut.



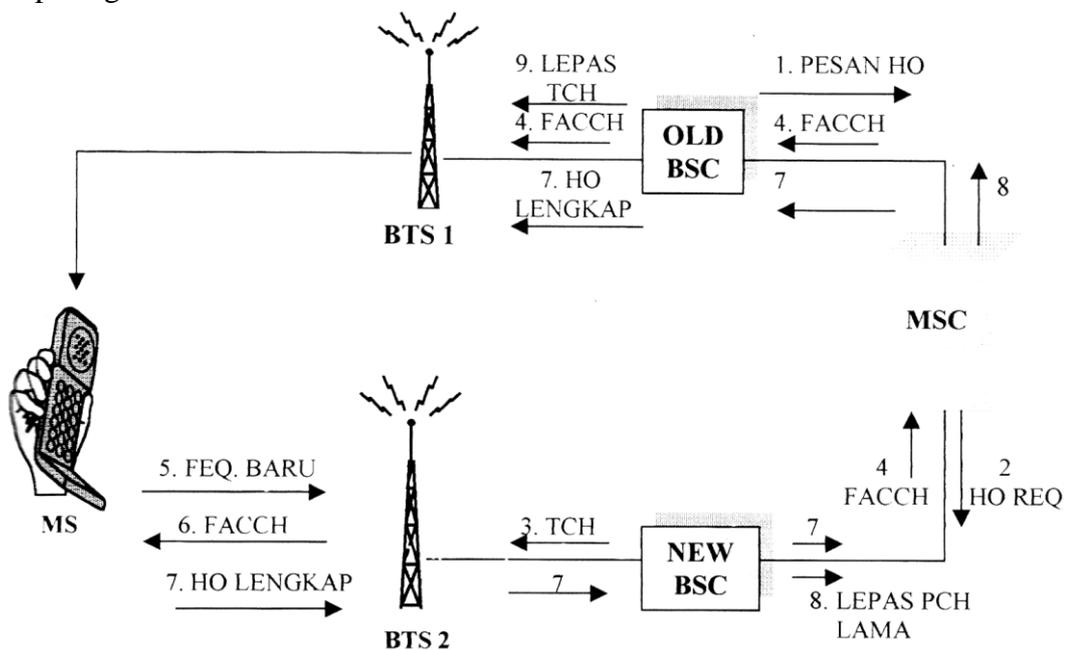
Gambar 2.14 Proses *Handover* Antar Cellyang Dikontrol Oleh BSC yang sama

- BSC memerintahkan BTS baru untuk mengaktifkan TCH.
- BSC mengirim pesan ke MS melalui BTS yang lama berisi informasi tentang pergantian frekuensi dan time slot. Informasi ini dikirim melalui FACCH (*Fast Associated Control Channel*).
- MS mengetawe pada frekuensi yang baru, dan mengirim burst-burst akses *Handover* (HO) di dalam time slot yang benar. Karena MS belum mempunyai informasi *Timing Advance*, burst-burst HO sangat pendek (hanya 8 bit). Burst-burst HO dikirim melalui FACCH.

- d. Ketika BTS yang baru mendeteksi burst HO, BTS mengirim informasi *Timing Advance* dan *power output* yang digunakan Informasi ini dikirim melalui FACCH.
- e. MS mengirim pesan bahwa *handover* telah lengkap ke BSC melalui target BTS.
- f. BSC memberitahu source BTS untuk melepas TCH yang lama.

5. Handover Antar Cell yang Dikontrol oleh BSC Berbeda Tetapi MSC/VLR yang Sama

Bila melibatkan BSC yang berbeda di *dalam handover*, maka hal ini akan melibatkan MSC/VLR untuk menghubungkan antar dua BSC. Seperti pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Proses *Handover* antar *cell* yang dikontrol oleh BSC berbeda tetapi MSC/VLR yang sama

- a. BSC lama mengirim pesan *handover* yang diinginkan ke MSC bersama dengan identitas target *cell*.
- b. MSC mengetahui BSC mana yang mengontrol target BTS ini dan mengirim permintaan *handover* ke target BTS.
- c. BSC baru memerintahkan target BTS untuk mengaktifkan TCH.
- d. BSC baru mengirim pesan ke MS melalui MSC, BSC lama dan BTS lama berisi informasi tentang penggantian frekuensi dan *time slot*. Informasi ini dikirim melalui FACCH.
- e. MS menyetel ke frekuensi yang baru, dan mengirim burst-burst akses ke *time slot* yang benar. Karena MS belum mempunyai informasi tentang *Timing Advance*, burst-burst HO sangat pendek (hanya 8 bit). Burst-burst HO dikirim melalui FACCH.
- f. Ketika target BTS mendeteksi burst HO, target BTS mengirim informasi tentang *timing advance* dan *power output* yang digunakan. Informasi ini dikirim melalui FACCH.
- g. MS mengirim pesan bahwa *handover* telah lengkap ke BSC lama melalui BSC baru dan MSC.
- h. BSC baru mengirim pesan ke BSC lama dan source BTS untuk melepas TCH lama, melalui MSC.
- i. BSC lama memerintahkan source BTS untuk melepas TCH.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

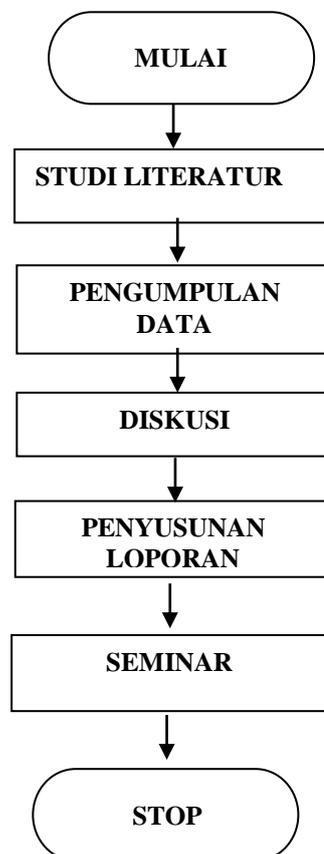
Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Oktober 2017 sampai dengan Maret 2018 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian dilaksanakan di PT. Telkomsel Makassar.

B. Alur Penelitian

Alur Penelitian



Metode penelitian ini berisikan langkah-langkah yang ditempuh penulis dalam menyusun tugas akhir ini. Metode penelitian ini disusun untuk memberikan arah dan cara yang jelas bagi penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.

Adapun langkah-langkah yang ditempuh oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Metode Pustaka

Yaitu mengambil bahan-bahan penulisan tugas akhir ini dari referensi-referensi serta literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

Metode Penelitian

Mengadakan penelitian dan pengambilan data di Makassar, Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

Metode Diskusi/Wawancara

Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan dosen yang lebih mengetahui bahan yang akan kami bahas atau dengan pihak praktisi.

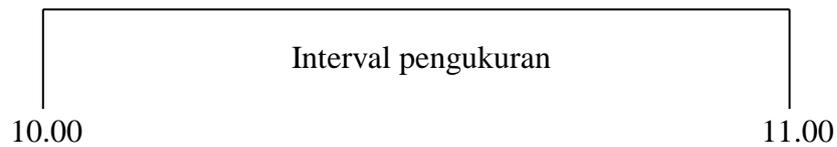
C. Dasar Trafik

Trafik telepon adalah perpindahan informasi telepon dan suatu tempat ke tempat lain melalui media telekomunikasi yang disebut teletrafik. Satuan trafik adalah erlang, dimana satu erlang adalah banyaknya pendudukan satu sirkit secara terus menerus selama satu jam.

Intensitas trafik dibentuk oleh dua parameter yaitu jumlah call yang ditawarkan (*call offered*) dan rata-rata lamanya call menduduki suatu perangkat (*holding time*). Sedangkan satu sirkit dikatakan bebas jika sirkit tersebut tidak sedang melayani sebuah call dan sirkit dikatakan sibuk jika sedang melayani call. Untuk melihat dan mengamati tingkat pelayanan terhadap para pelanggan dan untuk mengetahui identitas trafik, maka digunakan konsep pengamatan jam sibuk. Jam sibuk adalah suatu periode yang lamanya 60 menit atau 1 jam secara terus menerus dimana pada waktu tersebut terjadi kepadatan trafik yang paling tinggi.

Pelaksanaan pengukuran trafik pada STBS GSM di PT Telkomsel Makassar dilakukan selama satu jam sibuk, mulai dari hari Senin sampai dengan hari Kamis, mengingat pada hari Jumat, Sabtu dan Minggu kepadatan trafik sangat berbeda. Atau dengan kata lain kepadatan trafik pada hari Senin sampai hari Kamis jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan trafik pada hari Jumat, Sabtu dan Minggu. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas BSC (*Base Station Controller*) yang menggunakan data-data trafik selama 4 bulan yaitu mulai dari bulan Juni 2017 sampai dengan bulan September 2017.

Interval pengukuran yang selama ini dilakukan di PT. Telkomsel adalah pengukuran setiap 5 menit, 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Sedangkan yang diimplementasikan di wilayah Makassar adalah pengukuran yang dilakukan setiap 60 menit (1 jam). Jadi akan terlihat bahwa setiap hari akan diperoleh data trafik sebanyak 1 kali dan sebagai contoh diambil dari jam 10.00 sampai dengan jam 11.00. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Interval Pengukuran

Pendudukan satu sirkit maksimal satu erlang sehingga jika lebih dari satu erlang, maka akan terjadi *overflow*. Artinya *call-call* yang datang setelah terjadi *overflow* tidak akan dilayani, dengan demikian call tersebut akan menunggu hingga sirkit tersebut bebas. Berbicara mengenai *overflow*, maka dikenal pula istilah kongesti, yaitu suatu keadaan dimana semua perangkat dalam keadaan diduduki pada suatu waktu. Sehingga pelayanan terhadap *call-call* yang datang pada saat terjadinya kongesti inrtergantung dari sistem operasi dan perangkat yang ada.

Dikenal tiga macam sistem sesuai dengan cara penanganannya terhadap *call-call* yang datang pada saat terjadinya kongesti, yaitu:

- *Loss System*, dimana *call-call* yang datang pada saat terjadinya kongesti akan ditolak dan hilang dari sistem.
- *Waiting System*, dimana *call-call* yang datang pada saat terjadi kongesti akan menunggu sampai saatnya untuk dilayani. Lamanya waktu mulai pada saat call datang sampai dengan saatnya call untuk dilayani disebut waktu tunggu (*waiting time*). Sedangkan lamanya waktu untuk menangani suatu call disebut waktu pelayanan. (*service time*),
- *Overflow System*, *call-call* yang terjadi pada saat terjadinya kongesti akan dilimpahkan ke kelompok perangkat berikutnya untuk pelayanan berikutnya.

D. Jenis-jenis Pengukuran Trafik pada BTS (*Base Transceiver Station*)

Sebagaimana disebutkan sebelumnya bahwa trafik pada dasarnya adalah merupakan pertukaran informasi, maka secara logis akan ada perpindahan dari suatu lokasi tertentu menuju ke suatu lokasi yang lain, demikian pula dengan yang terjadi pada BTS. Pada bab terdahulu telah disebutkan bahwa pengukuran dan analisis trafik yang akan dibahas adalah trafik pada BTS. Sebab untuk mengetahui bagaimana kualitas jaringan, apakah sudah cukup baik dalam hal pelayanan/service kepada pelanggan (subscriber) atau masih perlu perbaikan/pengembangan, dapat ditentukan dengan melihat keadaan trafik pada BTS. Ada beberapa jenis pengukuran trafik pada BTS, yaitu:

- *Unsuccessful Internal hand Over, Intra Cell with Loss of MS (UNIHIALC)*

Pengukuran ini memberikan jumlah hand over internal pada suatu sel yang gagal (tidak berhasil dilakukan), yang berakhir dengan putusnya hubungan (jalur komunikasi) dengan sel yang diamati.

- *Unsuccessful Internal Hand Over, inter cell, with Loss of MS (ATINHIRC)*

Pengukuran ini memberikan jumlah hand over internal antar sel yang gagal (tidak berhasil dilaksanakan), yang berakhir dengan putusnya hubungan/jalur komunikasi untuk sel yang diamati.

- *Unsuccessful Internal Hand Over, Intra Cell (UNINHOIA)*

Pengukuran ini memberikan jumlah hand over internal intra-sel yang gagal/tidak berhasil, yaitu usaha yang gagal untuk memindahkan kanal pembicaraan dari suatu TCh ke TCh lain yang bebas dalam set yang sama, sehingga MS (Mobile Station) akan tetap berada pada TCh asal atau dengan

kata lain MS akan kembali menggunakan TCh mula-mula sebelum terjadi proses handover.

- *Number of Lost Radio Links while Using a SDCCH (NRFLSDCC)*

Pengukuran ini memberikan jumlah call yang terputus pada saat sedang mengakses SDCCH atau signalling channel.

- *Number of lost Radio Links while Using a TCh (NRFLTCH)*

Pengukuran ini memberikan jumlah call yang terputus pada saat sedang mengadakan komunikasi dengan pelanggan yang lain.

- *Successful Internal Hand Over, intra cell (SINTHITA)*

Pengukuran ini memberikan jumlah internal hand over yang sukses, yaitu proses *hand over* yang dilakukan dari satu TCh ke TCh bebas (idle) lain di dalam sel yang sama.

- *Successful Immediate Assignment Procedures, per cause (SUIMASCA)*

Pengukuran ini memberikan jumlah dan prosedur pemanggilan yang sukses (*Call Set-Up*). Misalnya panggilan untuk paging atau SMS.

- *Total Number of Access by Procedures (TACCBPRO)*

Pengukuran ini memberikan jumlah total permintaan (*access*) yang dilakukan khususnya untuk PCh dan AGCh.

- *Total Number of TCh connection, per cell (TNTCHCL)*

Pengukuran ini memberikan jumlah keseluruhan hubungan yang menggunakan TCh atau Traffic Channel, termasuk semua tipe Hand over antar BSC.

- *Mean Number of Idle TCh per Interference Band (MEITCHIB)*

Pengukuran ini memberikan nilai rata-rata dari TCh yang bebas (idle) untuk setiap interference band. Pengukuran ini dilakukan dengan mengambil sampel jumlah TCh idle (bebas) per interference band yang sudah ditentukan sebelumnya dan kemudian mengambil rata-rata aritmetiknya.

- *Number of Access with a Successful Result by Procedures (PCh, AGCh, and RACH) (NACSUCPR)*

Pengukuran ini memberikan jumlah access yang berhasil dilakukan (sukses) khususnya untuk access yang menggunakan PCh, AGCh dan RACH.

- *Number of Attempted SDCCH Seizures in a Period (NATTSDP)*

Pengukuran ini memberikan jumlah call yang ingin memperoleh atau menggunakan SDCCH dalam suatu periode, dimana jumlah SDCCH yang tersedia lebih sedikit dari jumlah call yang datang.

- *Number of Available SDCCH (NAVSDCCH)*

Pengukuran ini memberikan jumlah SDCCH yang tersedia untuk digunakan, termasuk SDCCh yang sedang dipakai pada suatu sel tertentu.

- *Number of Available TCH (NAVTCH)*

Pengukuran ini memberikan jumlah TCh yang tersedia untuk digunakan, termasuk TCh yang sementara digunakan (busy) pada suatu sel tertentu.

- *Attempted Internal Hand Over, inter cell, per Cause (ATINHRC)*

Pengukuran ini memberikan jumlah seluruh internal handover antar sel, yaitu setiap usaha yang dilakukan untuk memindahkan channel pembicaraan

dari TCh pada suatu sel ke TCh lain pada sel yang lain, yang dikendalikan oleh BSC yang sama.

- *Attempted SDCCH Seizures Meetingan SDCCH Blocked State (ATSDCMBS)*

Pengukuran ini memberikan jumlah dari seluruh usaha (call) yang dilakukan untuk memperoleh signalling channel (SDCCH) meskipun SDCCH dalam keadaan kongesti.

- *Maximum Number of Busy SDCCH per Cell (MAXBUSDC)*

Pengukuran ini memberikan nilai tertinggi/maximum SDCCH yang sibuk dalam waktu yang bersamaan. Pengambilan sampel untuk memperoleh data ini dilakukan setiap 500 mS.

- *Mean Number of Busy SDCCH per cell (MBUSYSDC)*

Pengukuran ini memberikan jumlah rata-rata dari SDCCH yang sibuk selama periode pengukuran yaitu 500 mS

- *Mean Number of Busy TCh (MEBUSTCH)*

Pengukuran ini memberikan jumlah rata-rata dari TCh yang sibuk, yang ditentukan selama periode pengambilan sampel yaitu 500 mS.

- *All Available TCh Allocated Time (AALTCHTI)*

Hasil pengukuran ini menunjukkan suatu periode waktu dimana semua TCh dalam satu sel dalam keadaan sibuk. Atau juga dapat dikatakan sebagai 1 waktu yang merupakan awal terjadinya kongesti. Kongesti merupakan suatu kejadian dimana tidak ada satupun TCh yang tersedia (dalam keadaan bebas).

- *All Available SDCCH Allocated Time (ASDCALTI)*

Hasil pengukuran ini menunjukkan suatu periode waktu dimana semua SDCCH dalam keadaan sibuk. Atau dapat juga dikatakan sebagai waktu yang merupakan awal terjadinya kongesti SDCCH. Hasil pengukuran merupakan jumlah seluruh interval waktu dimana terjadi kongesti SDCCH.

- *Attempted Immediate Assignment Procedures per Cause (ATIMASCA)*

Pengukuran ini memberikan jumlah keseluruhan prosedur pemanggilan (Call Set-Up). Misalnya untuk paging dan SMS (Short Message service).

- *Attempted Internal Hand Over, intra cell, per cause (ATINIHIAC)*

Pengukuran ini memberikan jumlah seluruh internal handover yang terjadi dalam sel yang sama, yaitu setiap usaha yang dilakukan untuk memindahkan channel pembicaraan dari TCh pada suatu sel ke TCh lain pada sel yang sama.

Pada kesempatan ini, tidak akan dibahas atau dianalisis perhitungan trafik dalam satuan erlang, sebab untuk memperoleh data-data mengenai hal tersebut diperlukan perangkat tambahan pada BSC (Base Station Controller)

E. Metode Pengukuran Trafik

Pengukuran trafik memberikan data dasar untuk keperluan perencanaan, operasi dan pemeliharaan, manajemen dan berbagai kasus perhitungan untuk pengelolaan jaringan.

Hasil perhitungan trafik yang telah diolah memberikan gambaran tentang:

- Jumlah trafik channel BTS
- Beban trafik

- Kualitas network, dalam hal ini call loss, set-up loss, hand over.
- Unjuk kerja perangkat.

Untuk mendapatkan data trafik tersebut perlu ditentukan lingkup pengukuran, waktu dan periode pengukuran dan cara memperoleh data.

1. Lingkup Pengukuran

Meskipun yang akan diukur adalah trafik pada BTS tetapi hasil pengukurannya diperoleh dengan menggunakan fasilitas-fasilitas yang ada di dimana BSC ini membawahi beberapa BTS.

Terdapat beberapa model BSC/BTS yang telah dibuat oleh beberapa perusahaan terkemuka dunia. Adapun merk BSC/BTS yang telah digunakan pada saat ini, khususnya di Indonesia, antara lain:

- Siemens type D900
- Nokia type DX200
- Alcatel
- Ericsson

Khusus untuk BSC/BTS yang digunakan/ditempatkan di Makassar oleh PT. Telkomsel adalah jenis Siemens type D900.

Pada dasarnya besaran yang diukur adalah semua jenis trafik yang ada pada BTS, yang secara umum dapat dibagi dalam:

- Intensitas Trafik

Intensitas trafik yaitu seluruh call attempt yang terjadi pada selang waktu interval pengukuran, yang meliputi *outgoing trafik*, incoming trafik dan *handover*.

- Beban trafik, yang meliputi:
 - a. *Call Blocking*
 - b. *SDCCH Blocking*
 - c. *Hand over performance.*

2. Cara Memperoleh Data Pengukuran

Untuk memperoleh data pengukuran yang sesuai dengan lingkup pengukuran, yaitu dengan programming pengukuran trafik sesuai dengan fasilitas yang ada di BSC (*Base Station Controller*) Siemens D900/1800. Dalam hal ini data diambil dan BSC melalui LMT (*Local Maintenance Terminal*) setiap satu minggu. Sedangkan yang akan diambil dan digunakan dalam tugas akhir ini adalah data trafik pada BTS yang merupakan hasil olahan pada *File Record* Trafik yang disebut *Scanner*. Khusus pada BTS, *scanner* yang digunakan pada pengolahan trafiknya disebut scanner 4 atau disingkat Scan 4, akan tetapi karena scanner tersebut merupakan dokumen rahasia dalam perusahaan maka data yang diperoleh, diolah kembali oleh staf BSS sehingga data tersebut terdiri dari parameter-parameter jaringan yang digunakan atau diperlukan dalam penyusunan tugas akhir tersebut.

3. Waktu dan Periode Pengukuran

Pengukuran trafik dilaksanakan selama jam sibuk dan pada hari-hari sibuk. Jam sibuk yang dimaksud adalah pada kondisi dimana intensitas trafik paling tinggi. Untuk menentukan jam sibuk, agar lebih mudah dilakukan dengan melihat hasil olahan dari programming yang ada, berupa grafik

distribusi model garis. Interval waktu dimana garis tersebut menyatakan intensitas trafik tertinggi ditandai sebagai jam sibuk. Selama melakukan pengamatan terhadap trafik, terlihat bahwa jam sibuk yang diperoleh terdiri atas dua macam interval waktu, yaitu:

- dari jam 10.00 sampai 11.00
- dari jam 15.00 sampai 16.00

Sedangkan hari-hari sibuk yang dimaksud adalah hari Senin hingga hari Kamis. Pengukuran trafik dilaksanakan pada jam-jam sibuk dengan mengambil data pada salah satu hari sibuk, dengan periode pengukuran satu kali dalam seminggu. Dan data-data yang diperoleh pada pengukuran tersebut siap untuk diolah guna memperoleh nilai dari beberapa parameter jaringan.

4 Parameter-parameter Jaringan

Pada kesempatan ini akan dianalisis beberapa parameter jaringan yang berguna untuk mengetahui bagaimana kualitas jaringan pada periode tertentu yang dapat menjadi acuan dalam peningkatan pelayanan/*service* kepada pelanggan.

1. TCh *Blocking* (Mean number of Busy TChs)

TCh Blocking digunakan untuk mengetahui jumlah rata-rata TCh (trafik *channel*) yang sibuk, dimana periode pengambilan sampel nilai ini dilakukan setiap 500 mS. Sedangkan pengukuran ini dapat dilakukan setiap 5 menit, 15 menit, 30 menit atau 60 menit sesuai waktu dan periode pengukuran yang telah ditetapkan

TCh *Blocking* ini langsung diperoleh pada hasil olahan *Scanner* dan dinyatakan dalam persen (bilangan desimal). Tolak ukur yang digunakan pada TCh *Blocking* adalah:

$$\text{TCh Blocking} < 2 \%$$

Tapi dari hasil pengukuran seringkali diperoleh harga TCh *Blocking* yang lebih besar dari 2% yang dapat berarti bahwa banyak call panggilan yang tidak dapat dilayani.

2. SDCCH *Blocking* (Mean Number of Busy SDCCH)

SDCCH *Blocking* digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata SDCCH yang sibuk, dimana periode pengambilan sampel nilai ini dilakukan .setiap 500 mS. Seperti diketahui bahwa SDCCH merupakan salah satu jenis kanal kontrol yang sangat diperlukan pada proses *call set-up*.

SDCCH *Blocking* ini langsung diperoleh pada hasil olahan *Scanner* dan dinyatakan dalam persen (bilangan desimal). Tolak ukur yang digunakan pada SDCCH *blocking* adalah:

$$\text{SDCCH Blocking} < 1 \%$$

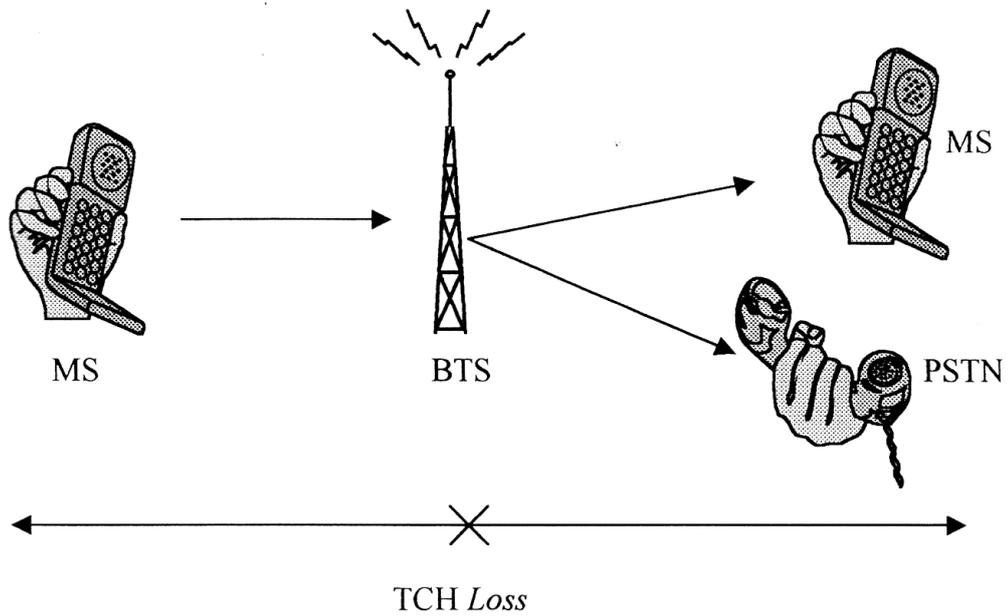
3. RF *Loss* (Radio Frequency *Loss*)

Pengukuran RF *Loss* ada 2 macam, yaitu:

- TCh *Loss*
- SDCCH *Loss* atau *Set-up Fail*

TCh *Loss* merupakan peristiwa terputusnya hubungan antara dua *mobile station* (MS) atau antara MS dengan pelanggan PSTN ketika keduanya sedang

melaksanakan hubungan pembicaraan, sebelum kedua pelanggan tersebut memutuskan pembicaraan.

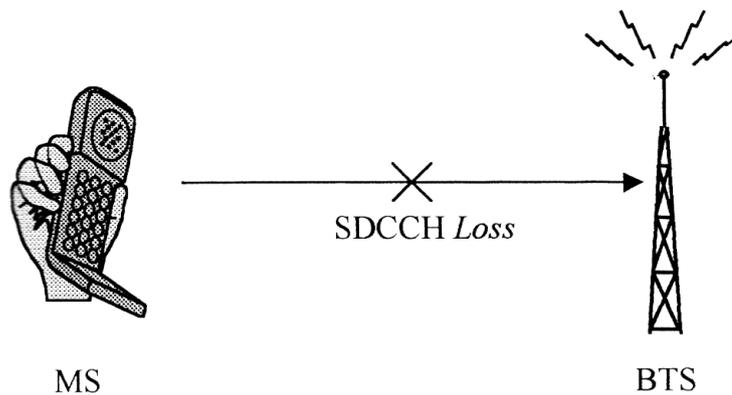


Gambar 3.2. TCh Loss

TCh Loss dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{TCH Loss} = \frac{\text{Number of Lost Radio Links while using a TCh}}{\text{Total Number of TCh Connection,per Cell}} \times 100\% \text{ (a.1)}$$

SDCCH Loss atau *Set-Up Fail* adalah peristiwa terputusnya hubungan antara MS atau pelanggan bergerak dengan BTS ketika MS atau pelanggan tersebut sedang berusaha melakukan panggilan dengan meminta *signalling channel* (SDCCH) melalui BTS tersebut.



Gambar 3.3 SDCCH Loss

SDCCH loss dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\text{SDCCH loss} = \frac{\text{Number of Lost Radio Links While Using an SDCCH}}{\text{Number of Attempted SDCCH seizure in a Periode}} \times 100\%$$

(a.2)

Nilai untuk kedua jenis RF Loss ini juga dinyatakan dalam bentuk persen (bilangan desimal) dan tolak ukurnya adalah:

$$\text{RF Loss} < 1\%$$

4. Hand Over Failed

Hand Over Failed digunakan untuk mengetahui tingkat kegagalan pada pelaksanaan prases *hand over*, dalam hal ini internal *hand over*.

Hand Over Failed merupakan perbandingan antara jumlah keseluruhan internal HO baik *intracell* maupun *intercell* yang gagal dalam satuan call dengan jumlah keseluruhan proses internal HO baik *intracell* maupun *intercell* dan dinyatakan dalam persen, Hal ini dapat pula dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{HO Failed} = \frac{\text{Unsuccessfull internal HO, intracell} + \text{Unsuccesfiill internal Ho, Intercell with Connection Loss}}{\text{Attempted internal HO intracell} + \text{Attempted Internal HO Inter-cell per Cause}} \times$$

100%....(a.3)

Untuk mengetahui persentase dari *intercell hand over failed* dan *intracell hand over failed* dari total *hand over* di atas dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{Intercell HO Failed} = \frac{\text{Unsucessfull internal HO,intercell with Con.Loss}}{\text{attempted inernal HO Intracell+attempted internal HO Intercell Per cause}} \times$$

100%....(a.4)

$$\text{Intracell HO Failed} = \frac{\text{Unsucessfull internal HO,intracell with Con.Loss}}{\text{attempted inernal HO Intracell+attempted internal HO Intracell Per cause}} \times$$

100%...(a.5)

Nilai untuk HO *failed* ini juga dinyatakan dalam bentuk persen (bilangan desimal) dengan tolak ukur:

$$\mathbf{HO\ Failed < 2 \%}$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Aplikasi Kinerja Parameter Jaringan

Dalam bab ini akan dilakukan suatu aplikasi kinerja trafik melalui perhitungan terhadap parameter jaringan yang diperoleh melalui data trafik pada BTS PT. Telkomsel Makassar. Beberapa BTS dikontrol oleh sebuah BSC, dan untuk wilayah Makassar ada 2 BSC yang terletak di Sentral Telepon Otomat (STO) Balaikota dan Sentral Telepon Otomat (STO) Telkomas. Adapun BTS-BTS yang dikontrol khusus dalam daerah layanan Makassar tersebut adalah :

- BSC Balaikota
 1. BTS Panakukang
 2. BTS Sungguminasa
 3. BTS Mattoangin
 4. BTS Kima
 5. BTS Maros
- BSC Telkomas
 1. BTS Telkomsel
 2. BTS Butung
 3. BTS Antara
 4. BTS Ruko Mirah
 5. BTS Dg. Tata

Aplikasi kinerja trafik yang akan dilakukan meliputi beberapa perhitungan parameter-parameter jaringan yang telah diuraikan dalam bab terdahulu, adapun parameter yang dimaksud adalah :

- RF *Loss* yang terdiri dari:
 1. SDCCH *Loss* atau *Set-up Fail* dalam %
 2. TCH *Loss* dalam %
- SDCCH *Blocking* dalam %
- TCH *Blocking* dalam %
- *Hand over Fail* dalam %

Aplikasi kinerja trafik tersebut didasarkan dari data yang telah diamati selama 4 bulan dari bulan Juni 2017 sampai dengan bulan September 2017. Dari data yang diamati, akan diolah dan diteliti sehingga akan memberikan gambaran mengenai jumlah trafik channel BTS, beban trafik, kualitas *network*, dalam hal ini *call loss*, *set-up fail* dan *hand over* serta untuk kerja perangkat yang meliputi seluruh BTS yang dikontrol oleh BSC Balaikota dan BSC Telkomas.

1. Data Hasil Pengamatan

Data yang diperoleh sebagai keluaran dari *Local Maintenance Terminal* (LMT) yang merupakan hasil olahan dari *File Record* Trafik yang disebut *Scanner*, atau dalam hal ini SCANNER 4 dan sebagai acuan maka data yang diperoleh selama bulan pengamatan dapat dilihat pada lampiran B.

Maka hasil pengukuran yang terdapat dalam data tersebut akan digunakan dalam aplikasi perhitungan yang akan dilakukan, untuk itu guna menyederhanakan, maka yang dimaksud adalah :

- *Mean Number of Busy TCH (MEBUSTH)*
- *Mean Number of Busy SDCCH per cell*
- *Number of Lost Radio Links while Using a TCH (NRFLTCH atau TCH Loss*
- *Number of Lost Radio Links while Using a SDCCH (NRFLSDCCH) atau SDCCH Loss atau Set up Fail*
- *Total Number of TCH Connection, per cell (TNTCHCL)*
- *Number of Attempted SDCCH Seizures in a Period (NATTSDPE)*
- *Unsuccessful Internal HO, intra cell with Connection Loss (UNIHIALC)*
- *Unsuccessful Internal HO, Inter cell -with Connection Loss (UNIHIRLC)*
- *Attempted Internal Hand Over Intracell per cause (ATINHIAC)*
- *Attempted Internal Hand Over Intercell per cause (ATINHIRC)*

Sebagai contoh dapat kita lihat data untuk BSC Balaikota dan BSC Telkomas Minggu I bulan Juni 2017 pada tabel 4.1. sebagai berikut:

Tabel 4.1

Variabel data yang diperlukan untuk perhitungan BSC BALAIKOTA

CELL NAME	TCH BLOCKIN G (%)	SDCCH BLOCKIN G (%)	TCH LOSS (CALL)	SDCCH LOSS (CALL)	TCH CONNEC. (CALL)	SDCCH ATT. (CALL)	INTRA HOEAIL (CALL)	INTER HO FAIL (CALL)	INTRA HO ATT. (CALL)	INTER HO. ATT. (CALL)
SUNGGUMINASA-1	2,06	0,17	9	2	408	408	0	0	1	31
SUNGGUMIN ASA-2	1,09	0,07	2	0	114	114	0	0	0	24
SUNGGUMINASA-3	0,06	0,0	0	0	20	20	0	0	0	9
KIMA-1	0,82	0,03	0	0	105	105	0	0	0	58
KIMA-2	0,77	0,04	0	1	70	70	0	0	0	17
KIMA-3	1,46	0,06	1	1	166	166	0	0	0	46
MATOANGIN-1	12,00	1,49	32	45	1488	1488	0	3	5	97
MATOANGIN-2	4,11	0,39	2	1	377	377	0	1	0	36
MATOANGIN-3	2,57	0,20	4	1	194	194	0	0	0	31
PANAKUKANG-1	5,14	0,58	19	8	715	715	1	4	1	100
PANAKUKANG-2	1,43	0,16	0	4	157	157	0	0	0	21
PANAKUKANG-3	2,75	0,03	5	3	335	335	0	0	0	17
MANDAI-I	1,14	0,16	1	2	102	102	0	0	0	14
MANDAI-2	1,13	0,08	2	2	100	100	0	0	0	15
MAROS-1	0,06	0,00	0	0	14	14	0	0	0	12
MAROS-2	0,5	0,09	0	0	61	61	0	0	0	8

Tabel .4.2

Variabel data yang diperlukan untuk perhitungan BSC TELKOMAS

CELL NAME	TCH BLOCKIN G (%)	SDCCH BLOCKIN G (%)	TCH LOSS (CALL)	SDCCH LOSS (CALL)	TCH CONNEC. (CALL)	SDCCH ATT. (CALL)	INTRA HO FAIL (CALL)	INTER HO FAIL (CALL)	INTRA HO ATT. (CALL)	INTER HO. ATT. (CALL)
TELKOMAS -1	1,01	0,03	1	1	89	89	0	0	0	5
TELKOMAS -2	0,08	0,00	0	0	39	39	0	0	0	3
TELKOMAS -3	1,11	0,07	1	10	166	166	0	0	0	8
ANTARA-1	0,58	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
ANTARA-2	1,15	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
ANTARA-3	2,11	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
DG. TATA-1	0,67	0,04	1	0	49	49	0	0	0	4
DG. TATA-2	0,70	0,03	0	1	27	27	0	0	0	3
DG. TATA-3	0,38	0,00	0	0	12	12	0	0	0	2
TELKOMSEL-1	7,89	0,75	8	8	716	716	0	1	0	248
TELKOMSEL-2	5,86	0,72	7	0	655	655	0	1	0	70
TELKOMSEL-3	10,85	1,21	8	8	734	734	0	2	10	120
BUTUNG-1	4,76	0,62	7	7	665	665	0	4	0	118
BUTUNG-2	7,51	0,51	7	7	691	691	0	2	0	162
RUKOMIRAH-1	3,05	0,29	3	3	250	250	0	0	0	10
RUKO MIRAH-2	4,31	0,46	8	8	243	243	0	0	0	15
RUKO MIRAH-3	3,19	0,62	0	0	314	314	0	0	15	30

2. Aplikasi Kinerja RF Loss

- TCH Loss

Dengan menggunakan parameter seperti yang dimaksud pada bagian 4.1, maka dapat dilakukan suatu aplikasi nilai TCH Loss dari BTS-BTS yang dikontrol oleh BSC Telkomas dan BSC Balaikota. Sebagai contoh hasil aplikasi kinerja TCH Loss perhitungan dapat dilihat pada BTS Sungguminasa-1 yang dikontrol oleh BSC Balaikota untuk minggu pertama Juni 2017.

$$\text{TCH Loss} = \frac{\text{Number of Lost Radio Links while Using a TCH (NRFLTCH)}}{\text{Total Number of TCH Connection,per cell (TNTCHCL)}} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{NRFLTCH} = 9 \text{ call}$$

$$\text{TNTCHCL} = 408 \text{ call}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{TCH Loss} &= \frac{9}{408} \times 100\% \\ &= 0,022 \times 100\% \\ &= 2,20 \% \end{aligned}$$

- SDCCH Loss atau *Set-up Fail*

Dengan menggunakan variabel-variabel seperti yang dimaksud pada bagian 4.1., maka dapat dilakukan aplikasi nilai SDCCH Loss dari BTS-BTS yang dikontrol oleh BSC Balaikota dan BSC Telkomas. Sebagai contoh hasil aplikasi kinerja SDCCH Loss dapat dilihat pada BTS Sungguminasa-1 pada minggu I bulan Juni 2017

$$\text{SDCCH Loss} = \frac{\text{Number of Lost Radio Links while Using on SDCCH (NRFLSDCC)}}{\text{Total Number Of SDCCH Seizure in a periode (NATTSPDE)}} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{NRFLSDCC} = 2 \text{ call}$$

$$\text{NATTSDPE} = 408 \text{ call}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{SDCCH Loss} &= \frac{2}{408} \times 100\% \\ &= 0,490 \times 100\% \\ &= 0,49 \% \end{aligned}$$

3. TCH Blocking (Mean Number of Busy (TCH))

Seperti telah dijelaskan sebelumnya pada bagian 3.4. bahwa nilai dari TCH Blocking ini langsung diperoleh dari hasil olahan *Scanner* sehingga tidak perlu lagi melalui proses aplikasi.

4. SDCCH Blocking (Mean Number of Busy SDCCH)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya pada bagian 3.4. bahwa nilai dari SDCCH Blocking ini langsung diperoleh dari hasil olahan. *Scanner* sehingga tidak perlu lagi melalui proses aplikasi.

5. Aplikasi Kinerja Hand Over Failed

Dengan menggunakan variabel-variabel seperti yang dimaksud pada bagian 4.1 maka dapat dilakukan suatu aplikasi nilai HO Failed dari BTS-BTS yang dikontrol oleh BSC Balaikota dan BSC Telkomas. Sebagai contoh hasil

aplikasi kinerja HO *Failed* dapat dilihat untuk BTS Sungguminasa -1 minggu I bulan Juni 2017

$$\text{Intercell HO Failed} = \frac{\text{Unsucessfull internal HO,intercell with Connection Loss (UNIHRLC)}}{\text{Attempted internal HO intracell (ATINHIACH)+Attempted Internal HO Intercell per cause (ATINHIRC)}} \times 100\%$$

Intercell HO Failed =

$$\frac{\text{Unsucessfull internal HO,intracell with Connection.Loss (UNITHIALC)}}{\text{Attempted internal HO intracell (ATINHIACH)+Attempted Internal HO Intercell per cause (ATINHIRC)}} \times 100\%$$

HO Failed =

$$\frac{\text{Unsucessfull internal HO,intracell (UNIRIALC)+Unsucessfull internal HO,Intercell with Connection Loss (UNIHRLC)}}{\text{Attempted internal HO intracell (ATINHIACH)+Attempted Internal HO Intercell per Cause (ATINHIRC)}} \times 100\%$$

Dimana UNTHIALC = 0 call

UNIHRLC = 0 call

ATINHIAC = 1 call

ATINHIRC = 31 call

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Intracell HO Failed} &= \frac{0}{1+31} 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Intracell HO Failed} &= \frac{0}{1+31} 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HO Failed} &= \frac{0}{1+31} 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

B. Analisis Hasil Aplikasi Kinerja dan Evaluasi Penyebab Tingginya Nilai/Persentase dari Beberapa Parameter Jaringan Serta Upaya Mengatasinya.

Dalam hal ini akan dilakukan analisis terhadap aplikasi kinerja trafik yang telah dilakukan sebelumnya, dimana telah diperoleh beberapa nilai parameter tertentu yaitu *TCH Blocking*, *SDCCH Blocking*, *TCH Loss*, *SDCCH Loss* serta *HO Failed* dari seluruh BTS yang dikontrol oleh BSC Balaikota dan BSC Telkomas PT. Telkomsel Makassar. Yang akan menjadi fokus dalam evaluasi nantinya adalah beberapa BTS yang memiliki nilai *TCH connection I Call attempt* yang tertinggi, sedang dan yang terendah selama 4 bulan pengukurannya yaitu dari bulan Juni sampai September 2017.

Suatu BTS dikatakan memiliki *Call Attempt* atau *TCH Connection* tertinggi, sedang atau terendah apabila memenuhi hal-hal berikut ini:

- BTS yang memiliki 2000 sampai 1500 call pada jam sibuk merupakan BTS dengan *Call Attempt* yang tinggi atau memiliki trafik yang tinggi (*high traffic*).
- BTS yang memiliki 50 sampai 200 *call* pada jam sibuk merupakan BTS dengan *Call Attempt* yang sedang atau memiliki trafik yang sedang (*middle traffic*).
- BTS yang memiliki *call* dibawah 50 *call* pada jam sibuk merupakan BTS dengan *Call Attempt* yang rendah atau memiliki trafik yang rendah (*low traffic*)

Maka dengan memperhatikan tabel yang memperlihatkan nilai *TCH loss* dan *TCH Connection Call Attempt* dari 28 BTS selama 4 bulan (Juni sampai September 2017) maka dapat diketahui bahwa :

1. Untuk BSC Balaikota:

- BTS yang memiliki TCH *Connection I Call Attempt* tertinggi atau memiliki trafik yang tinggi (*high traffic*) adalah BTS Matoangin
- BTS yang memiliki TCH *Connection Call Attempt* yang sedang atau memiliki trafik yang sedang (*middle traffic*) adalah BTS Kima.
- BTS yang memiliki TCH *Connection I Call Attempt* yang terendah atau memiliki trafik yang rendah (*low traffic*) adalah Maros.

2. Untuk BSC Telkomas :

- BTS yang memiliki TCH *Connection Call Attempt* tertinggi atau memiliki trafik yang tinggi (*high traffic*) adalah BTS Konselindo
- BTS yang memiliki TCH *Connection I Call Attempt* yang sedang atau memiliki trafik yang sedang (*middle traffic*) adalah BTS Telkomas
- BTS yang memiliki TCH *Connection I Call Attempt* yang terendah atau memiliki trafik yang rendah (*low traffic*) adalah BTS Dg. Tata.

Jadi BTS-BTS inilah yang mewakili BTS-BTS lainnya untuk dianalisis dan dievaluasi dari aplikasi kinerja masing-masing parameter jaringannya.

Disamping melakukan evaluasi, maka akan diberikan pula beberapa alternatif yang dapat ditempuh untuk memenuhi nilai standar dari tiap-tiap parameter jaringan pada BTS-BTS tersebut. Penetapan langkah-langkah perbaikan yang dimaksud didasarkan pada hasil aplikasi kinerja beberapa parameter jaringan ini.

Untuk memberikan gambaran yang lebih mudah tentang unjuk kerja BTS-BTS di Makassar dalam membangun hubungan dengan pelanggan-pelanggan atau *Mobile Subscriber* yang berada dalam wilayah pelayanannya, maka analisis dan

evaluasi dilakukan berdasarkan aplikasi kinerja dari masing-masing parameter jaringan. Dimana nilai/persentase parameter-parameter yang akan digunakan dalam analisis dan evaluasi merupakan nilai rata-rata mingguan dari parameter jaringan selama 4 bulan pengukuran yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3
 Nilai Rata-rata Mingguan Beberapa Parameter Jaringan pada BTS-BTS yang
Low Traffic, Middle Traffic dan *High Traffic* Selama 4 bulan dari Juni hingga
 September 2017

Nama BTS		TCH Loss (%)	SDCCH Loss (%)	TCH Blocking (%)	SDCCH Blocking (%)	Ho Failed (%)
Low Traffic	Maros-1	0.34	0.54	0.50	0.04	0.12
	Maros-2	2.49	1.95	0.62	0.16	1.4
	Dg. Tata-1	1.27	0.81	1.08	0.08	0.55
	Dg. Tata-2	1.8	1.16	0.51	0.04	0.67
	Dg. Tata-3	1.36	1.07	0.26	0.07	1.56
	Rata-rata	1.86	0.79	0.45	0.04	0.73
Middle Traffic	Kima-1	1.16	0.77	1.08	1.01	0.1
	Kima-2	0.41	0.84	1.23	0.08	0.0
	Kima-3	0.85	0.31	1.54	0.09	0.27
	Telkomas- 1	1.23	1.24	0.97	0.08	0.42
	Telkomas -2	0.70	0.94,	0.23	0.01	0.0
	Telkomas -3	1.58	0.68	1.32	0.12	0.53
	Rata-rata	0.99	0.80	1.06	0.23	0.22
High Traffic	Matoangin- 1	1.99	2.2	14.87	1.72	2.02
	Matoangin-2	1.04	0.86	3.69	0.39	0.5
	Matoangin-3	1.41	1.29	4.12	0.42	0.33
	Telkomsel-1	0.74	0.84	9.29	0.93	0.32
	Telkomsel-2	1.10	0.81	6.6	0.82	0.2
	Telkomsel-3	0.71	0.69	11.74	1.09	0.54
	Rata-rata	1.17	1.12	8.38	0.90	0.65

Keterangan:

Mattoaning-1 : Menunjukkan BTS Matoangin sektor-1

Mattoaning-2 : Menunjukkan BTS Matoangin sektor-2

Mattoaning-3 : Menunjukkan BTS Matoangin sektor-3

Demikian pula untuk BTS-BTS lainnya.

1. Analisis dan Evaluasi Aplikasi Kinerja RF Loss

Dari hasil aplikasi kinerja nilai rata-rata RF Loss yang mencakup TCH Loss dan SDCCH Loss yang terdapat pada tabel 4-3, terlihat bahwa untuk BTS yang mempunyai trafik yang tinggi (*high traffic*) yaitu BTS Matoangin mempunyai nilai yang lebih dari 1% utamanya sektor 1 dan 3. Situasi ini juga terjadi pada BTS Panakukang yang juga termasuk BTS yang *high traffic* yang hanya terjadi pada sektor 1. Tetapi untuk BTS Telkomsel yang memiliki 3 sektor nilai RF lossnya kurang dari 1%. Hal ini menandakan bahwa untuk BTS Komselindo meskipun termasuk dalam BTS yang sangat ramai dan sibuk karena berada di pusat kota tapi memiliki persentase RF Loss yang sudah memenuhi tolak ukur yang ditetapkan PT. Telkomsel kondisi ini juga terlihat pada beberapa BTS lain yang high trafik misalnya : BTS Butung dan BTS Ruko Mirah.

Sedangkan untuk BTS yang memiliki trafik yang sedang (*middle traffic*) yaitu BTS Kima dan BTS Telkomas yang sama-sama memiliki 3 sektor, pada beberapa sektor tertentu, yaitu BTS Kima sektor 1 dan BTS Telkomas sektor 1 dan sektor 3 mempunyai nilai RF Loss yang sedikit melebihi 1%. Tetapi untuk sektor-sektor lainnya nilai RF Loss sudah memenuhi tolak ukur yang ditetapkan PT. Telkomsel. Dan kondisi ini cenderung dimiliki oleh semua BTS yang termasuk BTS yang *middle traffic*, misalnya BTS Sungguminasa dan BTS Antara.

Untuk BTS yang memiliki trafik rendah (*low traffic*) yaitu BTS Maros, terlihat bahwa pada sektor 1 nilai SDCCH Loss dan TCH Loss kurang dari 1%

berarti sudah memenuhi tolak ukur PT. Telkomsel, tetapi untuk sektor 2 nilai TCh *Loss* dan SDCCH *Loss* sangat melebihi tolak ukur yang ditetapkan yang berarti pada sektor ini sering terjadi terputusnya hubungan pembicaraan antara *Mobile Subscriber* dengan *Mobil Subscriber* lainnya atau pelanggan PSTN sebelum kedua pihak memutuskan/menghentikan pembicaraan. Sedangkan untuk BTS Dg. Tata, sektor 1,2, dan 3 memiliki nilai TCH *Loss* yang cukup tinggi, tetapi nilai SDCCH *Loss*nya cenderung memenuhi tolak ukur yang telah ditetapkan oleh PT. Telkomsel. Hal seperti ini juga terjadi pada beberapa BTS lainnya.

Dari analisis diatas, dimana terlihat bahwa ada beberapa BTS yang persentase RF *Loss*nya melebihi standar yaitu 1% yang dapat diakibatkan oleh beberapa hal yaitu :

- Terjadinya interferensi

Interferensi ini dapat terjadi apabila dalam daerah *coverage* atau wilayah pelayanan BTS terdapat beberapa gelombang lain yang dipancarkan oleh instansi-instansi tertentu, misalnya stasiun radio,yang dapat mengganggu gelombang atau sinyal yang dipancarkan oleh antena TRX pada BTS yang akan digunakan dalam proses *call set up*/pembicaraan. Apalagi apabila gelombang-gelombang tersebut mempunyai frekuensi yang hampir sama.

- Terjadinya *relation connection fault* dengan sel tetangga.

Hal ini lebih nyata terjadi pada proses *Hand Over*. Pada proses *Hand Over*, dimana pelanggan (MS) yang sedang melakukan hubungan

pembicaraan akan berpindah ke sel tetangga atau sel yang terdekat dengannya berarti MS juga akan berpindah kanal pembicaraan, tetapi dengan tetap mempertahankan hubungan pembicaraan yang sedang berlangsung selama pelanggan bergerak dan sel asal ke sel tetangganya. Kondisi ini hanya dapat berlangsung dengan baik apabila kedua sel tersebut dapat berhubungan dengan baik (tidak ada kerusakan pada salah satu sel). Tetapi apabila terjadi *connection fault* pada hubungan sel asal dengan sel tetangganya maka tentu saja hal ini dapat mengganggu proses hubungan pembicaraan pelanggan atau bahkan dapat terjadi putusya hubungan pembicaraan *Mobil Subscriber* tersebut.

- *KF Fault*

RF Fault merupakan gangguan pada perangkat BTS utamanya pada antena TRX dan RX sehingga tidak dapat digunakan untuk melayani pelanggan atau MS dengan sebaik-baiknya. Bisa juga karena adanya kerusakan pada BTS sehingga tidak dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Hal ini dapat menyebabkan tingginya persentase *TCH Loss* dan *SDCCH Loss*.

- *Timing Advance*

Timing Advance menyatakan jarak MS dengan BTS. Semakin jauh jarak MS dengan BTS maka kekuatan sinyal yang dikirimkan oleh BTS dan diterima oleh MS akan semakin berkurang. Hal ini sangat mengganggu, apalagi jika MS sedang melakukan hubungan pembicaraan, yang pada

akhirnya dapat berakibat putusnya hubungan pembicaraan antara MS dengan BTS atau MS dengan MS lainnya.

Untuk mengetahui kondisi atau keadaan sinyal yang digunakan dalam pembangunan hubungan pembicaraan yang dipancarkan oleh BTS maupun oleh MS, misalnya bagaimana kekuatan atau level sinyal yang digunakan dan apakah sinyal tersebut mengalami interferensi atau tidak maka dilakukan pengukuran yang disebut *Drive Test*. Pengukuran pada *Drive Test* ini dilakukan diluar ruangan atau di udara terbuka dengan menggunakan alat yang disebut dengan TEMS (*Test Equipment Mobile System*). Dengan melakukan *Drive Test* maka dapat diperoleh hasil pengukuran yang dapat menjadi acuan untuk menekan terjadinya *RF Loss*.

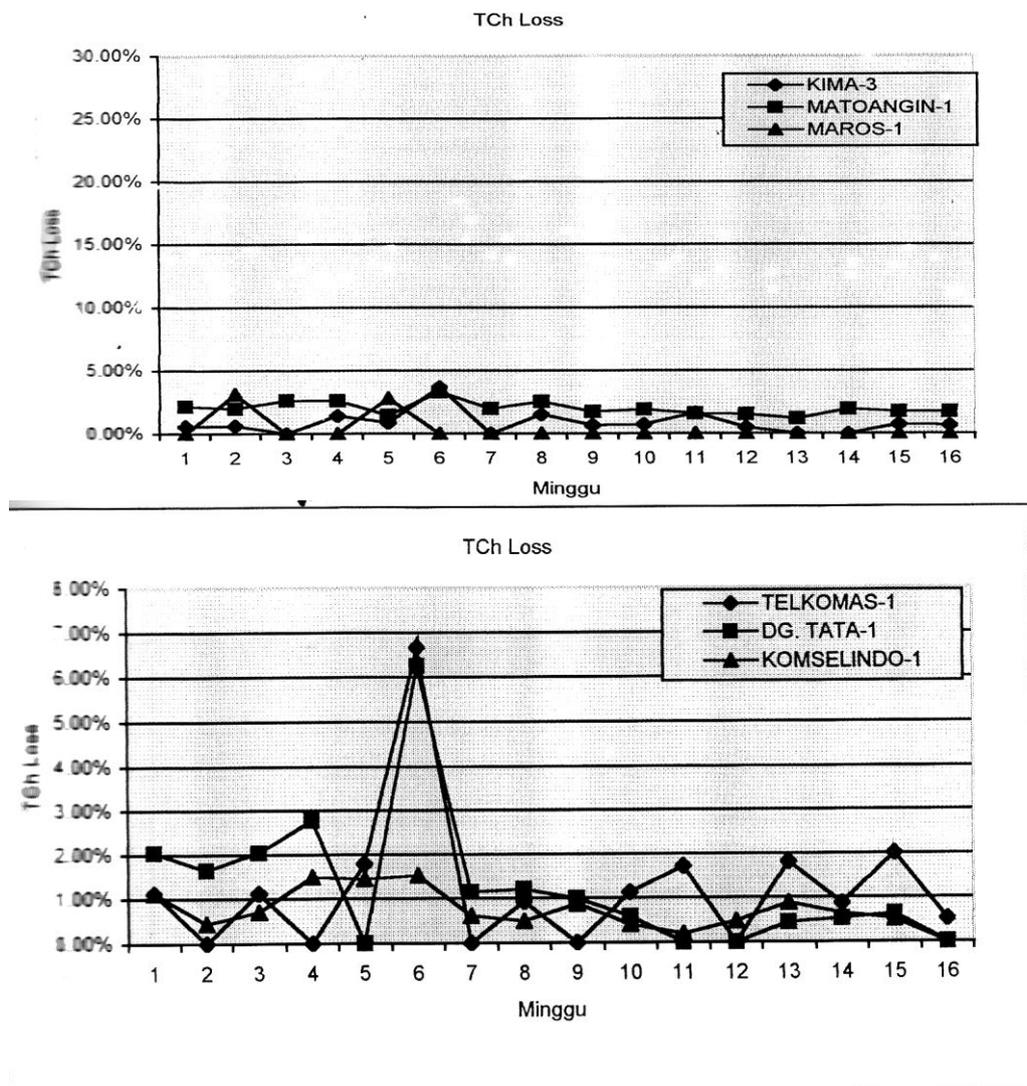
Dengan memperhatikan penyebab-penyebab terjadinya *RF Loss* diatas, maka tindakan-tindakan yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya *RF Loss*, antara lain adalah :

a. BSS Parameter Re-*setting*

Hal ini berkaitan dengan software atau database tiap-tiap BTS yang ada pada BSS (*Base Station Subsystem*). Dimana pada BSS ini sudah diatur semua kriteria yang menyangkut parameter-parameter yang dimiliki oleh tiap BTS. Jadi setiap BTS sudah mempunyai spesifikasi atau *database* masing-masing yang telah ditentukan dalam bentuk *software* dalam hal pelayanan/*service* pada pelanggan (MS) dalam lingkup BSS. Jadi untuk mengubah atau memperbaiki bekerja dari BTS, maka perlu diadakan parameter re-*setting*, misalnya suatu

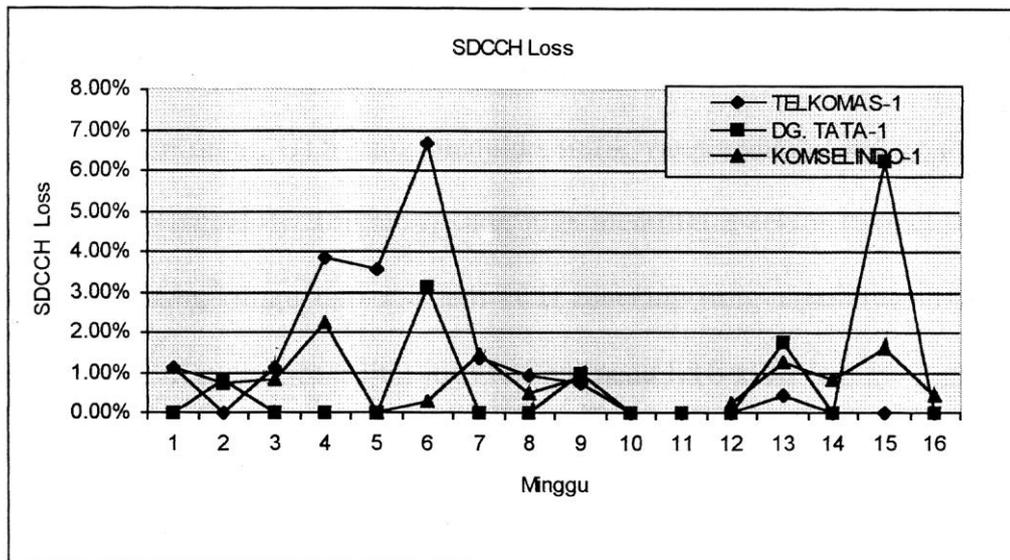
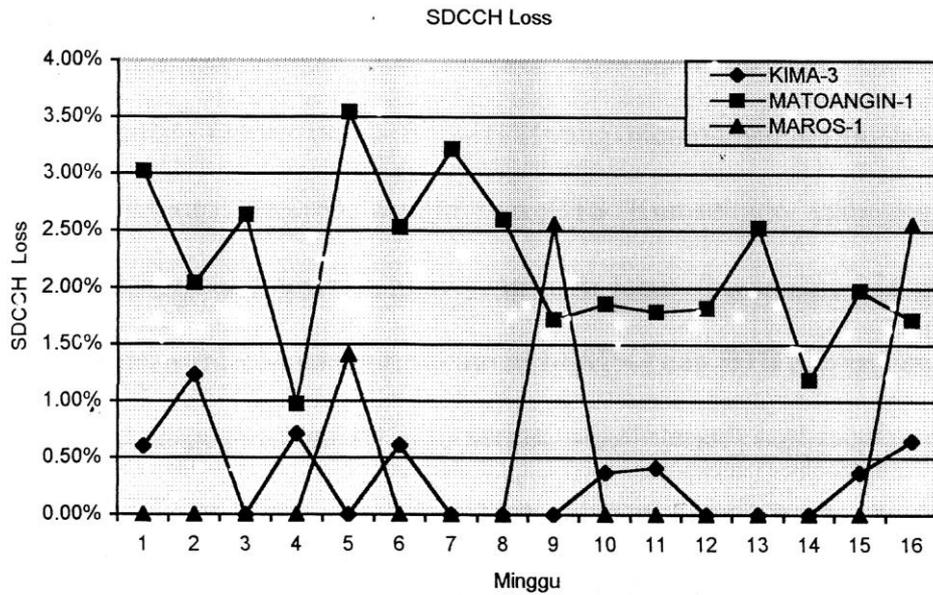
BTS dianggap mengalami RF *Loss* disebabkan terjadinya interferensi dengan sinyal-sinyal yang lain, maka pada BTS tersebut harus dilakukan re-setting dengan mengubah sudut pengarahannya TRx sehingga dapat menghindari kemungkinan terjadinya interferensi.

Untuk mengetahui kondisi RF *Loss* yang mencakup TCH *Loss* dan SDCCH *Loss* BTS-BTS yang *high traffic*, *middle traffic* dan *low traffic* pada sektor tertentu dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 TCH *Loss* BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Dari gambar 4.1 dapat di lihat nilai TCh Loss dari BSC Balaikota, yang tertinggi terjadi pada minggu ke 6 di BTS Kima dan Matoangin dengan nilai 4.00%. Sedangkan pada BSC Telkomas terjadi pada minggu ke 6 pada BTS Telkomas dengan nilai 6.80%.



Gambar 4.2 SDCCH Loss BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Dari gambar 4.2 dapat dilihat nilai SDCCH *Loss* dari BSC Balaikota, yang tertinggi terjadi pada minggu ke 5 pada BTS Matoangin dengan nilai 3.50%. Sedangkan pada BSC Telkomas terjadi pada minggu ke 6 di BTS Telkomas.

2. Analisis dan Evaluasi Hasil Aplikasi Kinerja TCH *Blocking*

Dari hasil perhitungan nilai rata-rata TCH *Blocking* yang terdapat pada tabel 4.3 terlihat bahwa untuk BTS-BTS yang mempunyai trafik yang tinggi (*high traffic*) yaitu BTS Matoangin dan BTS Komselindo yang sama-sama memiliki 3 sektor mempunyai nilai yang jauh lebih besar dari 2% utamanya yang terjadi pada BTS Matoangin sektor 1 (14,87%) dan BTS Komselindo sektor 3(11,74%). Jadi pada kedua BTS ini sering sekali terjadi *call blocking* dimana banyak panggilan atau *call* yang tidak dapat dilayani karena *traffic channel* yang ada/ tersedia semuanya dipakai untuk melayani permintaan *call set-up* (sibuk). Kondisi ini juga cenderung terjadi pada BTS lain yang *high traffic*, yaitu BTS panakkukang, BTS Butung dan BTS Ruko Mirah.

Sedangkan untuk BTS yang memiliki trafik yang sedang (*middle traffic*) yaitu BTS Kima dan BTS Telkomas yang juga memiliki 3 sektor terlihat bahwa nilai TCH *Blocking* kurang dari 2%, jadi TCH *Blocking* yang terjadi masih dalam keadaan normal. Kondisi seperti ini juga terlihat pada BTS-BTS lain yang *middle traffic* yaitu BTS Sungguminasa dan BTS Antara.

Untuk BTS yang memiliki trafik yang rendah (*low traffic*) yaitu BTS Varos dan BTS Dg. Tata terlihat bahwa nilai TCH *blocking* untuk kedua BTS

ini juga kurang dari 2% jadi sudah memenuhi nilai standar yang telah ditentukan.

Sehingga dapat dikatakan bahwa pada BTS-BTS ini *call blocking* yang terjadi masih dalam taraf yang normal. Hal seperti ini juga terjadi pada BTS-BTS yang *low traffic* lainnya.

Dari keterangan di atas secara umum dapat dikatakan bahwa semakin banyak *Call Attempt/TCU Connection* atau semakin tinggi kepadatan trafik pada suatu BTS maka semakin tinggi pula kemungkinan *Call Blocking/TCE Blocking* pada BTS tersebut.

Dari analisa diatas, dimana terlihat bahwa BTS-BTS dengan *TCH Connection* yang besar juga memiliki *Call Blocking* yang tinggi, yang dapat diakibatkan oleh beberapa hal yaitu :

- Pertumbuhan Trafik

Dengan semakin bertambahnya jumlah pelanggan atau *Mobile Subscriber (MS)* maka akan semakin tinggi pula kepadatan trafik pada suatu BTS, apalagi pada BTS yang terdapat di pusat kota atau dikota-kota besar dimana jumlah pelanggan atau MS tentunya jauh lebih banyak dibandingkan dengan BTS yang ada di luar kota atau dipinggiran kota, yang berarti bahwa permintaan *Call Set-Up* di kota-kota besar juga akan semakin bertambah. Hal ini terlihat pada data penambahan jumlah pelanggan setiap bulan misalnya bulan Juni sebanyak 520 pelanggan, bulan Juli sebanyak 600 pelanggan, bulan Agustus sebanyak 648 pelanggan dan bulan September 668 pelanggan. Hal ini dapat mengakibatkan semakin

bertambah pula kemungkinan atau persentase terjadinya *call blocking* I TCH *Blocking* dimana akan ada banyak permintaan atau persentase panggilan atau *call* yang tidak dapat dilayani karena adanya keterbatasan trafik *channel* (TCH) pada BIS tersebut. Hal seperti ini dapat dilihat pada BTS Mattoangin dan BTS Komselindo yang memiliki jumlah *call Attempt* yang lebih besar dibandingkan dengan BTS-BTS lainnya sehingga persentase *Call Blockingnya*, juga makin tinggi dan jauh lebih besar dari BTS-BTS lain.

- *Availability* Sel

Availability sel ini sebenarnya sangat berhubungan dengan kemampuan yang dimiliki oleh suatu sel atau sektor tertentu dalam suatu BTS untuk *handle* atau melayani trafik, yang ada pada BTS tersebut. Misalnya pada suatu BTS yang memiliki tiga sektor atau sel, dimana masing-masing sel tersebut terdiri dari empat antena TRx dan Rx yang hanya mampu melayani 31 pelanggan atau MS yang melakukan hubungan pembicaraan pada saat yang bersamaan, sehingga pada keadaan normal dimana perangkat-perangkat tersebut bisa berfungsi dengan baik, maka kemungkinan TCH *Blocking* yang akan terjadi sangat kecil atau sama sekali tidak terjadi *Call Blocking*. Tetapi jika ada salah satu perangkat dalam sel tersebut yang rusak sehingga menyebabkan perangkat tersebut tidak berfungsi dengan baik maka hal ini tentu saja mengakibatkan TCH *Blocking* karena perangkat dalam sel tersebut tidak dapat melayani pelanggan dengan sebaik-baiknya.

Dengan memperhatikan penyebab tingginya TCH *Blocking* diatas, maka ada beberapa hal yang dilakukan untuk memperkecil persentase TCH *Blocking* antara lain:

a. Penambahan Kapasitas (TRX)

Dengan mengadakan penambahan kapasitas TRX pada suatu BTS atau pada suatu sel berarti akan menambah jumlah trafik *channel* pada sel tersebut, sehingga akan makin bertambah pula jumlah permintaan *call* dari *Mobile Subscriber* yang dapat dilayani oleh sel tersebut. Hal ini tentunya akan mengurangi persentase terjadinya TCH *Blocking*, karena semakin banyak trafik yang dapat dilayani dalam suatu sel. Hal ini dapat dilihat pada BTS Komselindo yang termasuk BTS yang mempunyai *Call Attempt* dan TCH *Blocking* yang besar.

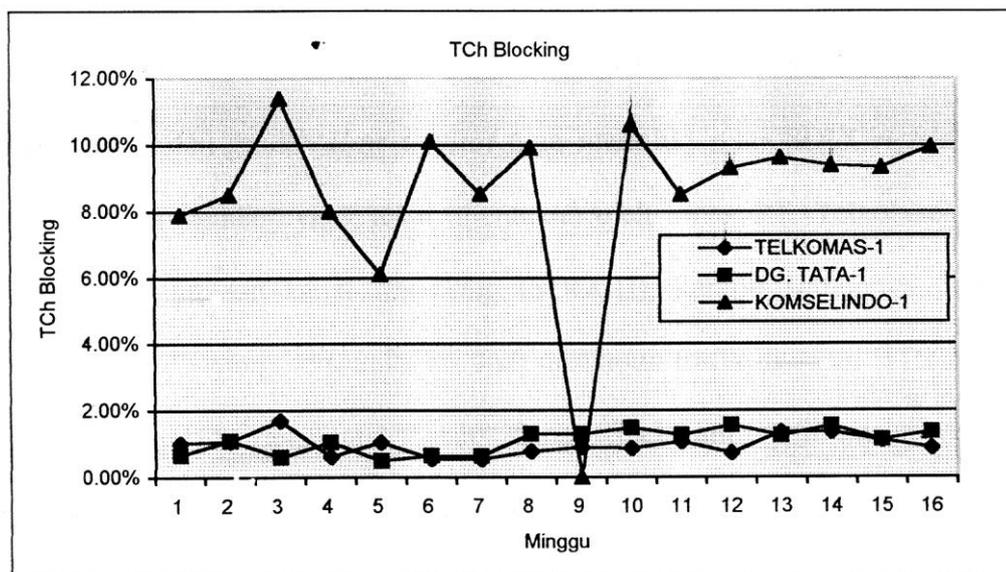
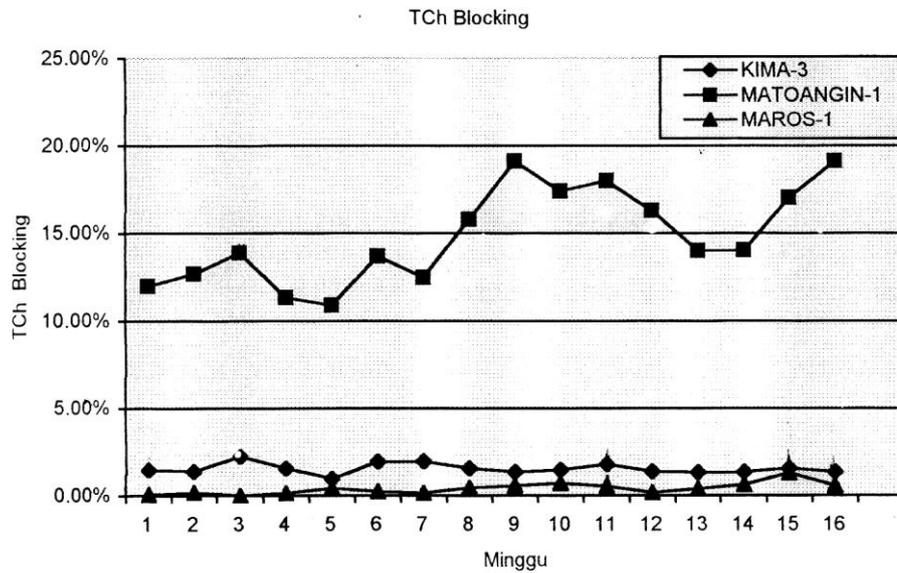
Sejak dioperasikan, BTS Komselindo ini selalu memiliki TCH *Blocking* yang sangat besar. Oleh sebab itu maka pada tahun 1999 dilakukan *expand* atau penambahan TRX pada BTS ini menjadi 3 TRX untuk sektor 1,3 TRX untuk sektor 2 dan 4 TRX untuk sektor 3. Jumlah TRX di sektor 3 ini lebih banyak karena persentase TCH *Blocking* jauh lebih besar dari kedua sektor lainnya. Dengan penambahan TRX ini diharapkan bahwa TCH *Blocking* yang terjadi pada BTS Komselindo dapat lebih ditekan.

b. BSS Parameter *re-setting*

Hal ini berkaitan dengan *software* atau database tiap-tiap BTS yang ada pada BSS. Dimana pada BSS ini sudah diatur semua kriteria

yang menyangkut parameter-parameter yang dimiliki oleh tiap BTS. Jadi setiap BTS sudah mempunyai spesifikasi atau *database* masing-masing yang telah ditentukan dalam bentuk *software* dalam hal pelayan/*service* pada pelanggan (MS) dalam lingkup BSS. Jadi untuk mengubah atau memperbaiki kinerja dari BTS, misalnya memperbanyak jumlah *traffic channel* sehingga TCH *Blocking* dapat ditekan maka perlu diadakan parameter *re-setting*.

Untuk mengetahui kondisi TCH *Blocking* BTS-BTS yang *high traffic*, *middle traffic* dan *low traffic* pada sektor tertentu dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 TCh Blocking BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Dari gambar 4.3 dapat di lihat nilai tertinggi TCh Blocking BSC Balaikota terjadi pada minggu ke 9 di BTS Matoangin dengan nilai 19.00%, sedangkan di BSC Telkomas terjadi pada minggu 3 di BTS Komselindo dengan nilai 13.00%.

3. Analisis dan Evaluasi Hasil Aplikasi Kinerja SDCCH *Blocking*

Dari hasil aplikasi kinerja rata-rata SDCCH *Blocking* yang terdapat pada label 4.3. terlihat bahwa untuk BTS-BTS yang memiliki trafik yang tinggi (*high traffic*) yaitu BTS Mattoangin dan BTS Komselindo yang sama-sama memiliki 3 sektor mempunyai nilai SDCCH *Blocking* kurang dari 1% berarti masih berada dalam nilai standar yang telah ditentukan. Kecuali untuk Mattoangin-1 dan Komselindo-3 nilai SDCCH *Blockingnya* sedikit diatas nilai standar. Sedangkan untuk BTS-BTS lain yang *high traffic* juga memiliki nilai SDCCH *Blocking* yang kurang dari 1 % yaitu BTS Panakkukang, BTS Butung dan BTS Ruko Mirah.

Demikian pula untuk semua BTS yang mempunyai trafik yang sedang (*middle traffic*) dan rendah (*low traffic*) juga memiliki nilai SDCCH *Blocking* yang memenuhi standar yang telah ditentukan oleh Pihak PT. Telkomsel. Jadi dan semua permintaan kanal *signaling* (SDCCH), hampir semuanya dapat dipenuhi oleh BTS yang bersangkutan. Jadi meskipun trafik di suatu BTS sangat tinggi tetapi BTS tersebut masih dapat melayani permintaan untuk mengalokasikan kanal *signalling* (SDCCH).

Meskipun demikian kita masih perlu untuk mengetahui apa-apa saja yang dapat mengakibatkan terjadinya SDCCH *Blocking*, antara lain yaitu :

- Pertumbuhan Trafik

Dengan semakin bertambahnya jumlah pelanggan atau *Mobile Subscriber* (MS) maka akan semakin tinggi pula kepadatan trafik pada suatu BTS, apalagi pada BTS yang terdapat di pusat kota atau dikota-kota

besar dimana jumlah pelanggan atau MS tentunya jauh lebih banyak dibandingkan dengan BTS yang ada di luar kota atau di pinggiran kota, yang berarti bahwa permintaan *Call Set-up* di kota-kota besar juga akan semakin bertambah. Hal ini terlihat pada data penambahan jumlah pelanggan setiap bulan misalnya bulan Juni sebanyak 520 pelanggan, bulan Juli sebanyak 600 pelanggan, bulan Agustus sebanyak 648 pelanggan dan bulan September 668 pelanggan. Hal ini dapat mengakibatkan semakin bertambah pula kemungkinan atau persentase terjadinya *SDCCH Blocking* dimana akan ada banyak permintaan kanal *signalling* untuk proses *callset-up* yang tidak dapat dilayani karena adanya keterbatasan *SDCCH* pada BTS Tersebut.

- *Availability Sel*

Availability sel ini sebenarnya sangat berhubungan dengan kemampuan yang dimiliki oleh suatu sel atau sektor tertentu dalam suatu BTS untuk *handle* atau melayani trafik, yang ada pada BTS tersebut. Misalnya pada suatu BTS yang memiliki tiga sektor atau sel, dimana masing-masing sel tersebut terdiri dari empat antena TRx dan Rx yang hanya mampu melayani 31 pelanggan atau MS yang melakukan hubungan pembicaraan pada saat yang bersamaan, sehingga pada keadaan normal dimana perangkat-perangkat tersebut bisa berfungsi dengan baik, maka kemungkinan *SDCCH Blocking* yang akan terjadi sangat kecil atau sama sekali tidak terjadi *SDCCH Blocking*. Tetapi jika ada salah satu perangkat dalam sel tersebut yang rusak sehingga menyebabkan perangkat tersebut

tidak berfungsi dengan baik maka hal ini tentu saja mengakibatkan SDCCH *Blocking* karena perangkat dalam sel tersebut tidak dapat melayani pelanggan dengan sebaik-baiknya.

- *Location up-date* yang terlalu sering dilakukan

Location up-date terjadi apabila pelanggan atau *Mobile Subscriber* meng-ON-kan *handheld* nya, karena pada saat itu *Mobile Subscriber* "memberitahukan" kepada jaringan GSM utamanya MSC/VLR dimana lokasinya dengan menggunakan kanal *signalling* atau SDCCH sebagai bagian dari proses autentikasi. Apabila hal ini terlalu sering dilakukan maka *Mobile Subscriber* dapat mengurangi kanal *signalling* atau SDCCH yang dibutuhkan oleh untuk proses *call set-up* sehingga dapat menyebabkan terjadinya SDCCH *Blocking*.

- Terlalu banyak mengirimkan SMS (*Short Message Service*)

Short Message Service merupakan pengiriman pesan-pesan berupa teks yang berisi hingga 160 karakter alpha numerik, dari jaringan GSM ke MS atau dari MS ke jaringan GSM. Pengiriman SMS ini dilakukan jika MS sedang dalam keadaan "*idle mode*" dengan memanfaatkan kanal *signalling* (SDCCH). Sehingga dengan pengiriman SMS yang terlalu sering dilakukan maka akan semakin banyak pula kanal *signalling* yang dibutuhkan untuk proses tersebut yang dapat mengurangi jumlah SDCCH yang digunakan dalam proses *call-set-up*. Kejadian seperti ini dapat menyebabkan terjadinya SDCCH *Blocking*.

Dengan melihat penyebab-penyebab terjadinya SDCCH *Blocking* di atas, maka hal-hal yang dapat dilakukan untuk memperkecil persentase SDCCH *blocking*.,antara lain adalah :

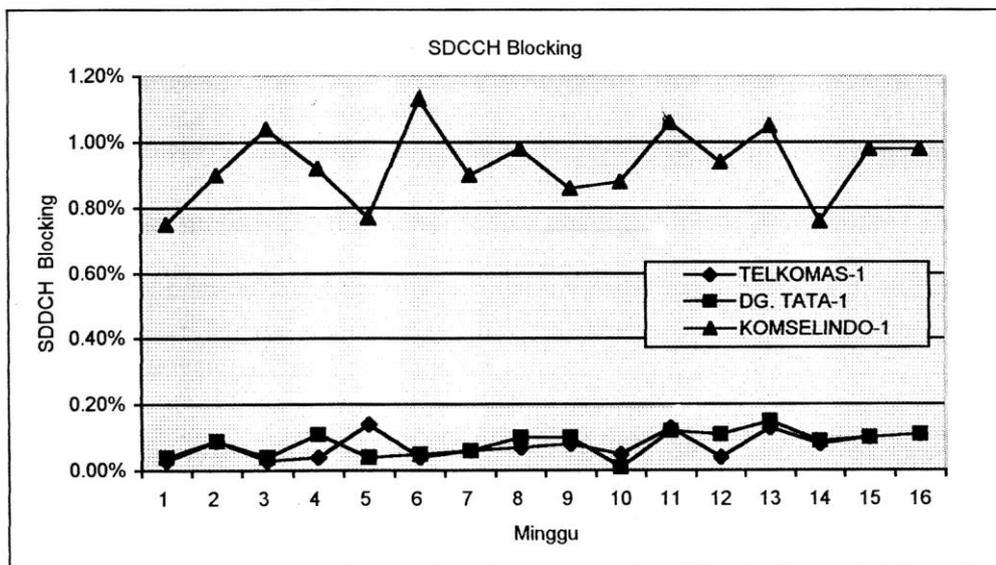
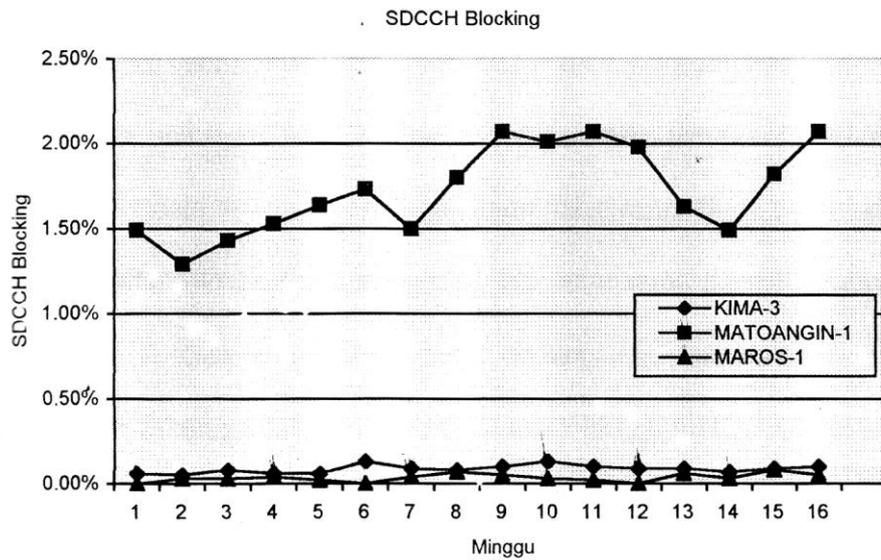
- Melakukan *Expand Time Slot* untuk SDCCH

Dengan melakukan *expand time slot* untuk SDCCH berarti dalam satu *frame* kanal fisik yang mempunyai 8 *time slot*, akan bertambah jumlah *time slot* untuk SDCCH. *Expand time slot* dapat juga dilakukan untuk suatu *time slot* dimana pada awalnya dalam satu *time slot* dikombinasi kanal BCCH dan SDCCH, setelah di *expand* maka BCCH dan SDCCH akan ditempatkan pada *time slot* yang berbeda. Jadi kemungkinan untuk melayani permintaan kanal *signalling*/SDCCH lebih besar, sehingga dapat menekan terjadinya SDCCH *Blocking*.

- BSS Parameter *Re-setting* dan Re-konfigurasi

Hal ini berkaitan dengan software atau database tiap-tiap BTS yang ada pada BSS (*Base Station Sub-System*). Dimana pada BSS ini sudah diatur semua kriteria yang menyangkut parameter-parameter yang dimiliki oleh tiap BTS. Jadi setiap BTS sudah mempunyai spesifikasi atau database masing-masing yang telah ditentukan dalam bentuk *software* dalam hal pelayanan/*service* pada pelanggan (MS) dalam lingkup BSS. Jadi untuk mengubah atau memperbaiki kinerja dari BTS, misalnya untuk memperbanyak kanal *signalling* sehingga SDCCH *Blocking* dapat ditekan maka perlu dilakukan parameter *re-setting* dan re-konfigurasi.

Untuk mengetahui kondisi SDCCH Blocking BTS-BTS yang *high traffic*, *midle traffic* dan *low traffic* pada sektor tertentu dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 SDCCH Blocking BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Pada gambar 4.4 dapat dilihat nilai tertinggi SDCCH Blocking pada BSC Balaikota terjadi pada minggu ke 9 di BTS Matoangin dengan nilai 2.10%, sedangkan pada BSC Komselindo terjadi pada minggu ke 6 di BTS Komselindo dengan nilai 1.10%.

4. Analisis dan Evaluasi Hasil Aplikasi Kinerja *Hand Over Failed*

Dari hasil perhitungan rata-rata HO Failed yang terdapat pada tabel 4.3. terlihat bahwa untuk BTS-BTS yang memiliki trafik yang tinggi (*high traffic*) yaitu BTS Mattoangin dan BTS Komselindo yang sama-sama memiliki 3 sektor I mempunyai nilai HO *Failed* kurang dari 2% atau sama dengan 2% berarti pada BTS-BTS ini proses *Hand Over* dapat berlangsung dengan baik.. Sedangkan untuk BTS-BTS lain yang high traffic juga memiliki nilai HO *Failed* yang kurang dari 2% yaitu BTS Panakukang, BTS Butung, dan BTS Ruko Mirah.

Demikian pula untuk semua BTS-BTS yang mempunyai trafik yang sedang (*middle traffic*) dan rendah (*low traffic*) juga memiliki nilai HO *Failed* yang kurang dari 2% sehingga telah memenuhi nilai standar yang telah ditentukan oleh pihak PT. Telkomsel

Jadi secara umum dapat dilihat bahwa selama 4 bulan pengukuran, nilai HO *Failed* masih dalam keadaan normal yang berarti bahwa proses *Hand Over* masih dapat berlangsung dengan baik.

Meskipun demikian kita masih perlu untuk mengetahui apa-apa saja yang mengakibatkan terjadinya HO *Failed* antara lain yaitu :

- Kesalahan *Setting Parameter/database*

Ada beberapa parameter yang menentukan apakah akan dilaksanakan proses HO atau tidak pada suatu sel atau sektor, parameter-parameter tersebut adalah : *up quality*, *down quality*, *up level*,

down level, distance, better sel dan *direct retray*. Berdasarkan parameter-parameter inilah HO dilakukan . Jadi setiap parameter tersebut mempunyai nilai standar nilai tersendiri untuk terlaksananya proses HO. Sehingga apabila terjadi kesalahan *setting* pada database yang ada sehingga nilai parameter tersebut tidak sesuai lagi dengan nilai yang telah ditentukan untuk parameter-parameter ini, maka hal ini dapat menyebabkan gagalnya proses HO,

- Terjadinya *relation connection fault* dengan sel tetangga

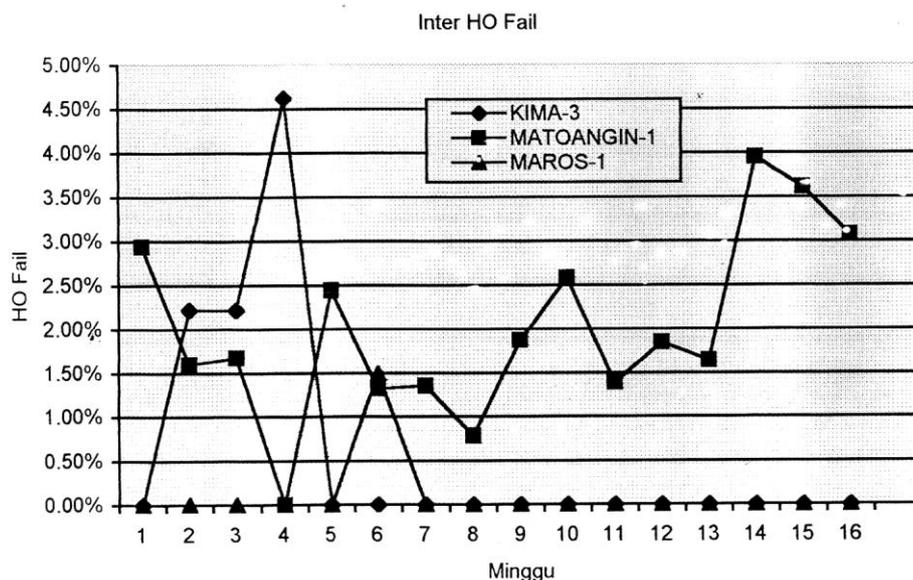
Pada proses *Hand Over*, dimana pelanggan (MS) yang sedang melakukan hubungan pembicaraan akan berpindah ke sel tetangga atau sel yang terdekat dengannya berarti MS juga akan berpindah kanal pembicaraan, tetapi dengan tetap mempertahankan hubungan pembicaraan yang sedang berlangsung selama pelanggan bergerak dari sel asal ke sel tetangganya. Kondisi ini hanya dapat berlangsung dengan baik apabila kedua sel tersebut dapat berhubungan dengan baik (tidak ada kerusakan pada salah satu sel). Tetapi apabila terjadi *connection fault* pada hubungan sel asal dengan sel tetangganya maka tentu saja hal ini dapat mengganggu proses hubungan pembicaraan pelanggan atau bahkan dapat terjadi putusya hubungan pembicaraan *Mobile Subscriber* tersebut sehingga mengakibatkan gagalnya proses HO.

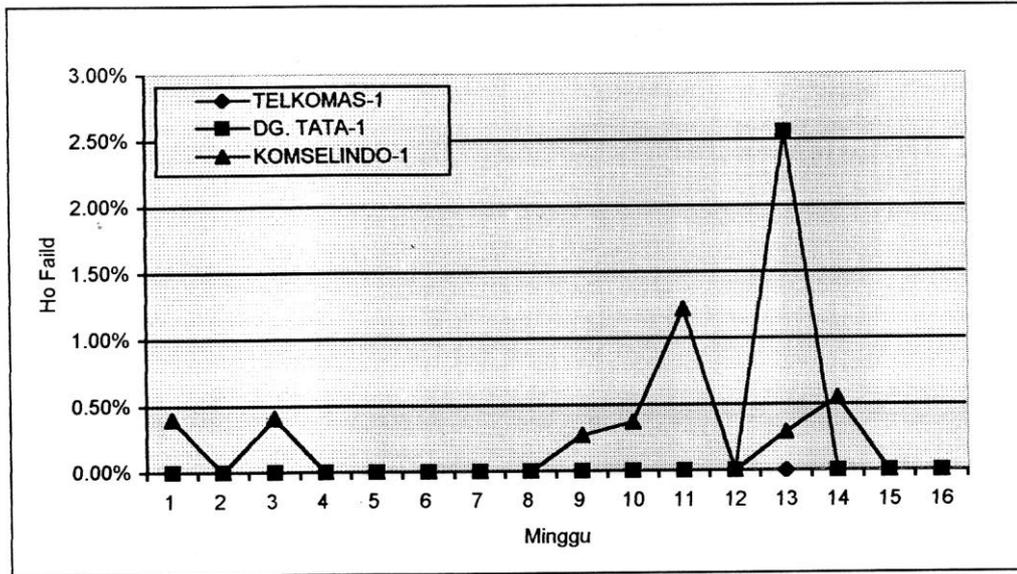
Dengan melihat penyebab-penyebab terjadinya HO *Failed* diatas, maka hal-hal yang dapat dilakukan untuk memperkecil persentase HO *Failed*, antara lain adalah :

a. BSS Parameter Re-Setting dan Re-konfigurasi

Hal ini berkaitan dengan *software* atau database tiap-tiap BTS yang ada pada BSS (*Base Station Sub-System*). Dimana pada BSS ini sudah diatur semua kriteria yang menyangkut parameter-parameter yang dimiliki oleh tiap BTS. Jadi setiap BTS sudah mempunyai spesifikasi atau database masing-masing yang telah ditentukan dalam bentuk *software* dalam hal pelayanan/service pada pelanggan (MS) dalam lingkup BSS, misalnya penentuan nilai-nilai parameter untuk proses *Hand Over*. Jadi untuk mengubah atau memperbaiki kinerja dan BTS, misalnya untuk memperbaiki kesalahan *setting* parameter *Hand Over* maka perlu dilakukan parameter re-setting dan rekonfigurasi.

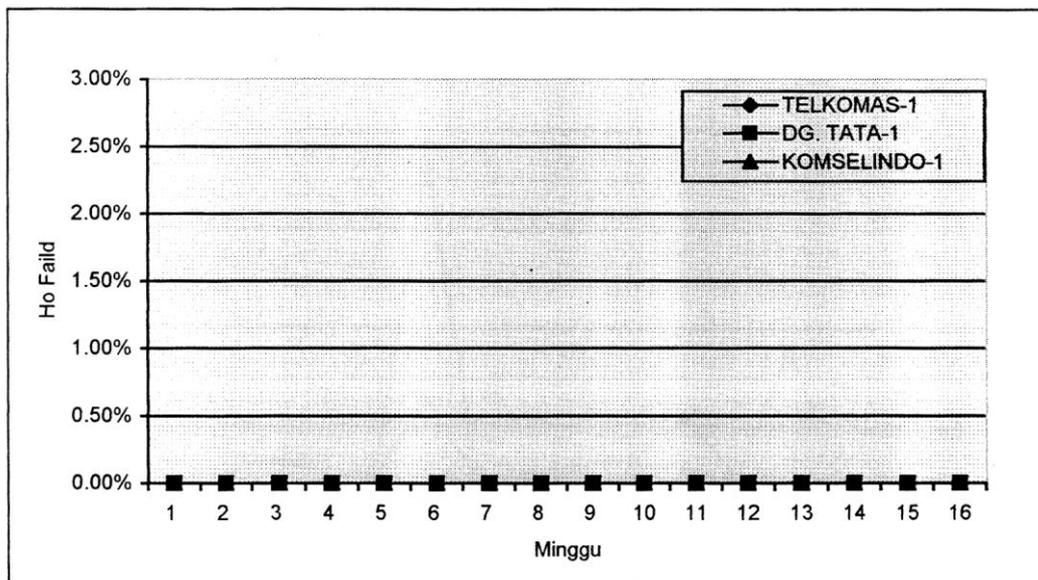
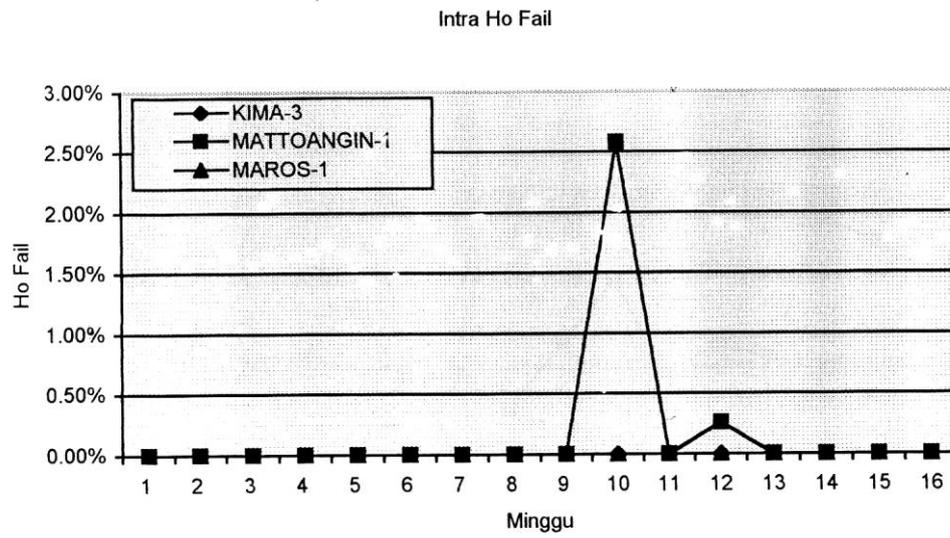
Untuk mengetahui kondisi inter HO *Failed*, Intra HO *Failed* dan HO *Failed* BTS-BTS yang *high traffic*, *midle traffic* dan *low traffic* pada sektor tertentu dapat dilihat pada gambar 4.5 gambar 4.6 dan gambar 4.7.





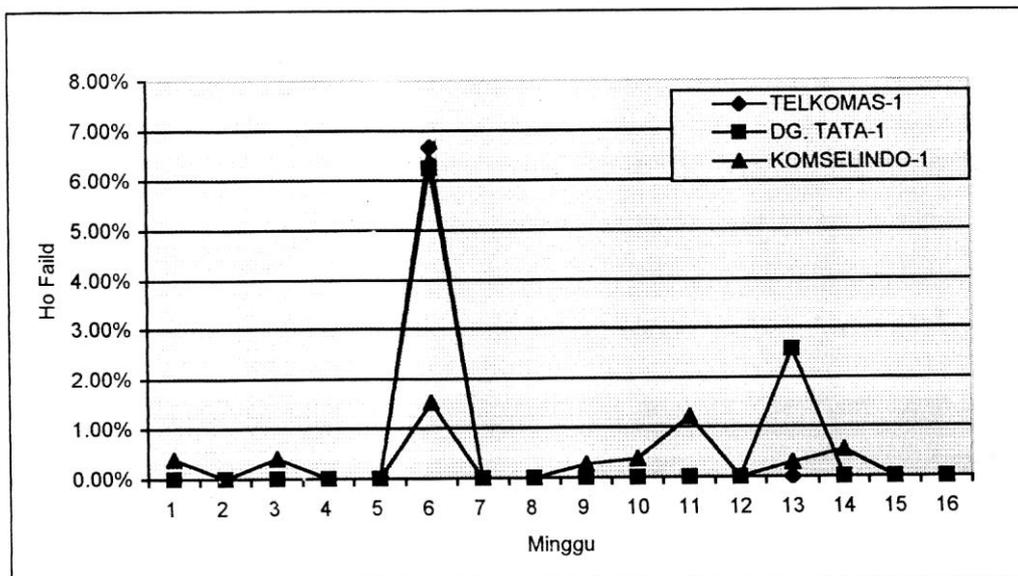
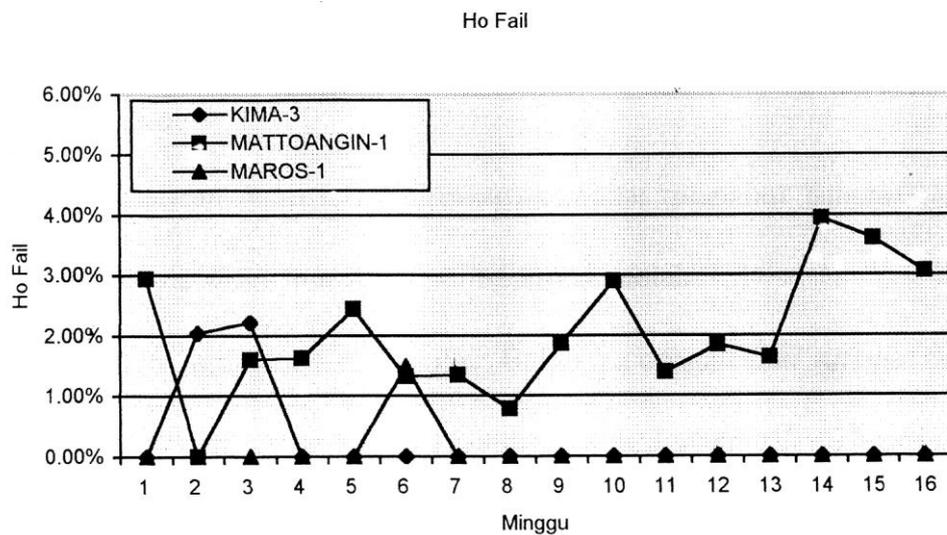
Gambar 4.5 Inter HO *Fail* BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Dari gambar 4.5 dapat dilihat nilai Inter HO *Fail* tertinggi BSC Balaikota terjadi pada minggu ke 4 di BTS Kima dengan nilai 4.60%, sedangkan pada BSC Telkomas terjadi di minggu 13 dengan nilai 2.50%.



Gambar 4.6 Intra HO *Fail* BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Pada gambar 4.6 dapat dilihat nilai Intra HO *Fail* tertinggi pada BSC Balaikota terjadi pada minggu ke 10 di BTS Matoangin dengan nilai 2.50%, sedangkan pada BSC Telkomas Intra HO *Fail* tidak terjadi.



Gambar 4.7 HO *Fail* BSC Balaikota dan BSC Telkomas

Pada gambar 4.7 dapat dilihat nilai tertinggi HO *Fail* BSC Balaikota terjadi pada minggu ke 14 di BTS Matoangin dengan nilai 4.00%, sedangkan pada BSC Telkomas terjadi pada minggu ke 6 di BTS Telkomas dengan nilai 6.50%.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan nilai TCH *Connection* dapat diketahui bahwa BTS yang memiliki *call attempt* yang paling tinggi adalah ;
 - BTS Matoangin untuk BSC Balaikota dengan *Call Attempt* sebanyak 1.488 *call* untuk sektor 1, untuk sektor 2 sebanyak 377 *call* dan 194 *call* untuk sektor 3.
 - BTS Telkomsel untuk BSC Telkomas dengan *call attempt* sebanyak 89 *call* untuk sektor 1, sektor 2 sebanyak 39 *call* dan 166 *call* untuk sektor 3.
2. Berdasarkan nilai TCH *Connection* BTS-BTS dapat dibagi menurut kepadatan trafiknya, yaitu :
 - BTS yang memiliki trafik yang tinggi (*high traffic*), yaitu BTS yang umumnya di pusat kota dengan *call attempt* berkisar antara 200 hingga 1500 *call*, terdiri dari BTS Matoangin, BTS Komselindo BTS Panakukang, BTS Ruko Mirah dan BTS Butung.
 - BTS yang memiliki trafik yang sedang (*middle traffic*) yaitu BTS yang terletak di pinggiran kota dengan *call attempt* berkisar antara 50 hingga 200 *cell* per minggu yang terdiri dari BTS Antara, BTS Telkomas dan BTS Sungguminasa.
 - BTS yang memiliki kepadatan trafik yang rendah (*low traffic*) yaitu BTS yang terletak di pinggiran kota atau di luar kota, yang memiliki *call*

attempt dibawah 50 call per minggu, yaitu BTS Dg. Tata, BTS Maros dan BTS Mandai.

3. Dari hasil aplikasi kinerja beberapa parameter jaringan pada BTS-BTS PT.

Telkomsel secara umum diketahui bahwa :

- Untuk nilai RF loss, tolak ukur yang telah ditetapkan PT. Telkomsel yaitu sebesar 1%, ada beberapa BTS yang *high traffic* memiliki RF Loss yang melebihi tolak ukur tersebut, misalnya BTS Matoangin-1 memiliki TCH Loss sebesar 1,99% dan SDCCH Loss sebesar 2,2%. maka tindakan yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya RF Loss adalah dengan melakukan BSS paramater *re-setting* yaitu dengan mengubah sudut pengarah an antena pemancar (TRx) untuk mengurangi terjadinya interferensi sebagai salah satu penyebab terjadinya RF Loss
- Untuk TCH Blocking, ada beberapa BTS yang persentase TCH Blockingnya jauh di atas nilai standar (2%) terutama pada BTS yang *high traffic*, misalnya BTS Mattoangin-1 dengan nilai 14,87% BTSMattoangin-2 dengan nilai 3,69%, BTS Matoangin-3 dengan nilai 4,12%, BTS Komselindo-1 dengan nilai 9,29%, BTS Komselindo-2 dengan nilai 6,60% dan BTS Komselindo-3 dengan nilai 11,74%. Maka tindakan yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya TCH Blocking adalah :
 - Penambahan kapasitas TRx

- BSS *Parameter re-setting*, yaitu dengan penambahan *traffic channel* (TCH) sehingga akan lebih banyak permintaan panggilan call yang dapat dilayani.
- Untuk *SDCCH Blocking*, secara keseluruhan persentasenya sudah memenuhi tolak ukur yang telah ditetapkan sebesar 1% untuk BTS kecuali untuk BTS Matoangin-1 yang memiliki harga *SDCCH Blocking* sebesar 1,72%.. Maka tindakan yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya *SDCCH Blocking* adalah :
- Melakukan *expand time slot* untuk *SDCCH*
 - BSS Parameter *re-setting* dan re-konfigurasi, yaitu dengan memperbanyak jumlah *signaling channel* untuk melayani permintaan *call set-up* atau prosedur pemanggilan lainnya yang membutuhkan *signaling channel*.
 - Untuk *HO Failed*, secara keseluruhan persentasenya juga sudah memenuhi nilai standar sebesar 2% untuk semua BTS dengan nilai berkisar antara 0,00% sampai 2,02%.
4. Dengan memperhatikan penyebab terjadinya *Hand Over Failed*, maka tindakan yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya *Hand Over Failed* adalah dengan melakukan BSS Parameter *re-setting* dan re-konfigurasi yaitu dengan mengubah atau menyesuaikan nilai dari parameter-parameter tertentu yang merupakan tolak ukur keberhasilannya terjadi *hand over*.

B. Saran-Saran

1. Perlu kiranya pihak PT. Telkomsel untuk memperhatikan BTS-BTS yang memiliki sektor yang tidak potensial. Misalnya pada salah satu BTS tersebut tidak pernah atau jarang terjadi TCH *Connection* atau *call attempt*. Sehingga pemasangan BTS ini bukan hanya merupakan suatu pemborosan saja. Jadi bila perlu BTS tersebut ditinjau kembali keberadaannya.
2. Perlu penambahan jumlah BTS dengan pembelahan sel (*cell splitting*) pada daerah-daerah . yang mempunyai kepadatan trafik yang tinggi ataupun pada daerah-daerah yang dianggap potensial untuk pelayanan telepon seluler

DAFTAR PUSTAKA

- Lee, William C.Y. "Mobile Cellular Telecommunication : Analog and Digital System" Second Edition, Me Graw Hill, Inc. 1995
- Edi Mulyanta S. 2005. *Kupas Tuntas Telepon Seluler Anda*. Yogyakarta
- Mouly Michael,Marie-Bernadette Pautet,"The GSM System for Mobile Communication", Author, Perancis. 1992.
- Hikmaturokhman. *Materi Teknik Seluler*. AKATEL. 2007.
- T. Telkom. "Pedoman Manajemen Trafik" , Bagian Penataan Network Sub DisrektoratPengendalianNetwork",Direktorat Operasi,Bandung,2016.
- Solekan. 2009. *Sistem Telekomunikasi*. Bandung.
- T. Telkom. "SBS Performance Measurement BR.3", *The Public Communication Network Group*, Munchen, 2016.
- Chris Timoleus. 1996. *Sistem Telekomunikasi I*. Erlangga. Jakarta.
- T. Telkom. "System Description D900 DISO", *The Public Communication Network Group*, Munchen, 2016.
- Febrian Al-Kautsar. 2009. *Optimasi Pelayanan Jaringan Telekomunikasi*. Vol. 2