

# ANALISA KEBERHASILAN HANDOVER INTERSYSTEM JARINGAN GERAN - UTRAN

Irmayani dan Ina Marfiani  
Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains dan Teknologi Nasional - Jakarta

## ABSTRACT:

*Intersystem handover is one of technology that possible for a user equipment move from GERAN to UTRAN network versa verse. This paper will analyse how far the successfulness handover on GERAN and UTRAN network, so it could support the mobile customer demand. Analyse for call success rate, drop call rate, intersystem handover success rate, intersystem failure rate and intersystem drop rate in both of network system are done for get a ratio of successfulness intersystem handover, such as from cause of its failure. Condition of network equipment or user equipment is one of causes. Number of adjacencies cells determine successfulness a handover process, which is more adjacencies cells mean bigger network coverage but it will give more delay for call setup process.*

**Keywords:** UTRAN, GERAN, intersystem handover, 3G.

## 1. PENDAHULUAN

Dengan lalu lintas komunikasi bergerak yang demikian padat jauh melampaui estimasi pada mulanya, para operator yang dibatasi oleh pita (*band*) frekuensi yang tetap akan mengalami kesulitan dalam menambah jumlah pelanggannya. Selain itu perkembangan dunia bisnis maupun telekomunikasi yang pesat mendorong pelanggan ingin menggabungkan mobilitas dengan aplikasi-aplikasi multimedia. Teknologi generasi dua setengah (2.5G) yang merupakan pengembangan dari teknologi 2G adalah sebagai peralihan memasuki teknologi generasi selanjutnya. Teknologi generasi ini berdasarkan *General Packet Radio Service* (GPRS) dan *High Speed Circuit Switch Data* (HSCSD), selanjutnya teknologi generasi ketiga (3G) atau UMTS yang memadukan semua layanan baik suara, data dan video<sup>[3]</sup>.

UMTS akan menjadi suatu sistem komunikasi yang bersifat multilingkungan dan multioperator. Ia akan beroperasi baik dalam lingkungan publik (UMTS publik) maupun privat (DCPN, CPN, MCPN). Tujuan pokok UMTS adalah menyediakan mobilitas terminal, yang akan memungkinkan seorang pengguna untuk bergerak atau berpindah dari satu terminal ke terminal lainnya, meregistrasi layanan-layanan yang berbeda pada terminal-terminal yang berbeda pula dan memungkinkan registrasi terhadap lebih dari satu pengguna pada sebuah terminal<sup>[3]</sup>, oleh karena itu akan dianalisa sejauh mana keberhasilan *handover* pada kedua *network* tersebut sehingga dapat mendukung permintaan pasar yang semakin *mobile*.

## 2. SISTEM SELULER GSM DAN UMTS

Sistem seluler GSM mempunyai dua parameter dasar yaitu pengulangan frekuensi yang sama pada sel yang beda (*frequency reuse*) dan konsep *handover*. Konsep *frequency reuse* memungkinkan penggunaan frekuensi yang sama pada sel yang berbeda, diluar jangkauan interferensinya. Sistem seluler GSM menggunakan gabungan dua tehnik akses jamak yaitu *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) dan *Time Division Multiple Access* (TDMA) dengan jarak antar kanal 200 khz, dengan 1 *frame* TDMA sebesar 8 *time slot* yang merepresentasikan besarnya jumlah *subscriber* yang menggunakan 1 *carrier* frekuensi.

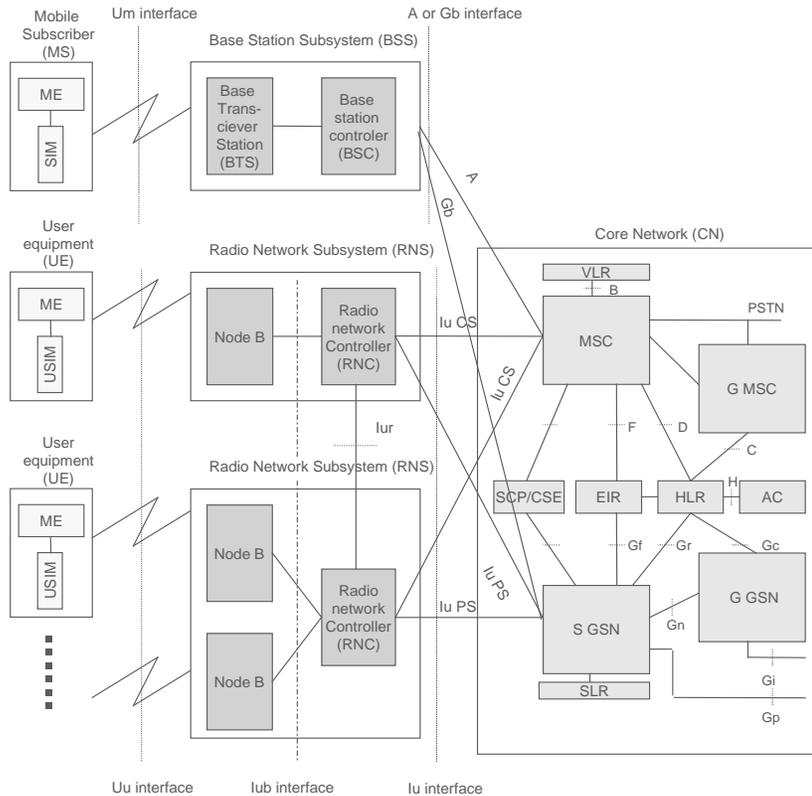
Teknik akses yang digunakan pada sistem seluler generasi ketiga adalah *Wideband Code Division Multiple Access* (W-CDMA). Teknik ini diperlukan karena sistem komunikasi UMTS memerlukan fleksibilitas dalam hal penerapan layanan kecepatan bit dengan cakupan yang lebar termasuk kecepatan yang berubah-ubah dan layanan paket data. Dengan menggunakan W-CDMA yang mempunyai lebar pita transmisi 5 MHz disisi *Uplink* dan *Downlink* akan menghasilkan kecepatan data yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi CDMA (IS-95) yang mempunyai lebar pita transmisi 1.25 MHz.

**Arsitektur sistem jaringan GERAN dan UTRAN**

Standar UMTS dapat dilihat sebagai suatu perluasan dari jaringan yang ada yaitu GSM. Dua elemen jaringan baru telah diperkenalkan dalam UTRAN, RNC, dan Node B. UTRAN dibagi lagi dalam *Radio Network System* (RNSs) yang individual, dimana masing-masing RNS dikontrol oleh RNC. RNC dihubungkan ke suatu set dari elemen Node B, yang mana masing-masing Node B dapat melayani satu atau beberapa sel. Elemen jaringan yang ada, seperti MSC, SGSN, dan HLR, dapat diperluas untuk mengadopsi persyaratan UMTS, tetapi RNC, Node B, dan handset harus didesain baru. RNC akan menjadi pengganti untuk BSC, dan Node B akan berfungsi hampir sama seperti BTS.

Jaringan GSM dan GPRS akan dikembangkan, dan layanan baru akan terintegrasi ke dalam keseluruhan jaringan yang keduanya berisi *interface* yang sudah ada seperti A, Gb, dan Abis, dan termasuk Iu yang merupakan *interface* baru, *interface* UTRAN antara Node B dan RNC (Iub), dan *interface* UTRAN antara dua RNCs (Iur). *Interface* baru dalam UMTS :

- Uu: *interface* UE ke Node B (UTRA, the UMTS W-CDMA air interface)
- Iu: *interface* RNC ke GSM tahap 2+ CN (MSC/VLR atau SGSN), yang terdiri dari Iu-CS yang digunakan untuk komunikasi data *circuit-switched* dan Iu-PS yang digunakan untuk komunikasi data *packet-switched*.
- Iub: *interface* RNC ke Node B
- Iur: *interface* RNC ke RNC, bukan perbandingan ke *interface* yang lain dalam GSM



Gambar 1. Arsitektur Jaringan GERAN dan UTRAN

### 3. Handover pada GSM dan UMTS

#### Handover pada GSM

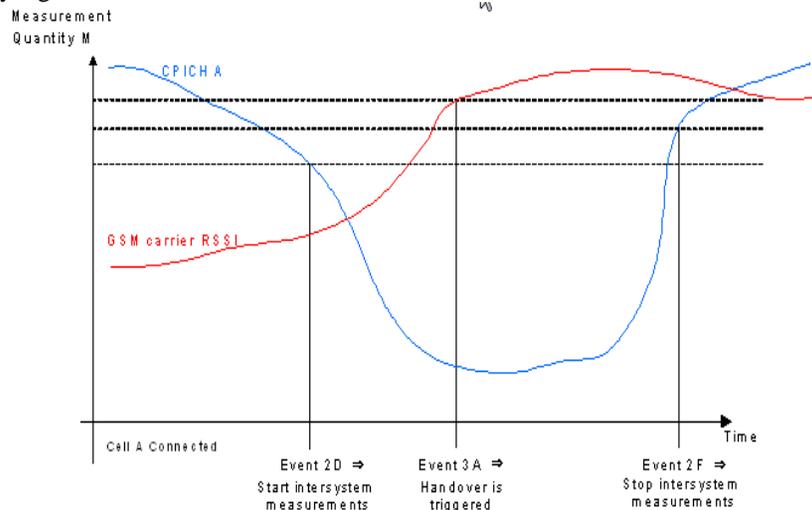
1. *Internal handover* (dikendalikan oleh BSC) yaitu *handover* yang hanya melibatkan satu BSC dalam satu MSC
  - *Intra-cell Handover* : Merupakan *handover* yang terjadi diantara sel-sel dalam BTS dan BSC yang sama
  - *Inter-cell Handover* : Merupakan *handover* yang terjadi pada sel disuatu BTS dengan sel di BTS yang lain dengan BSC yang berbeda
2. *Eksternal Handover* (dikendalikan oleh MSC)
  - *Intra MSC Handover* : Merupakan *handover* yang terjadi pada sel disuatu BTS dengan sel di BTS yang lain dalam BSC yang berbeda di dalam MSC yang sama

- *Inter MSC Handover* : Merupakan *handover* yang terjadi pada sel BTS dengan sel di BTS yang lain dalam BSC dan MSC yang berbeda

#### Handover pada UMTS

- *Soft handover* : terjadi antar Node-B
- *Softer handover* : biasanya terjadi pada antar sektor dalam satu cell pada satu node-b yang sama.
- *Hard handover* : terjadi pada sistem dual mode yang dioperasikan secara bersamaan (*Intersystem handover*).

Tiga kejadian yang dapat memicu terjadinya intersystem handover :

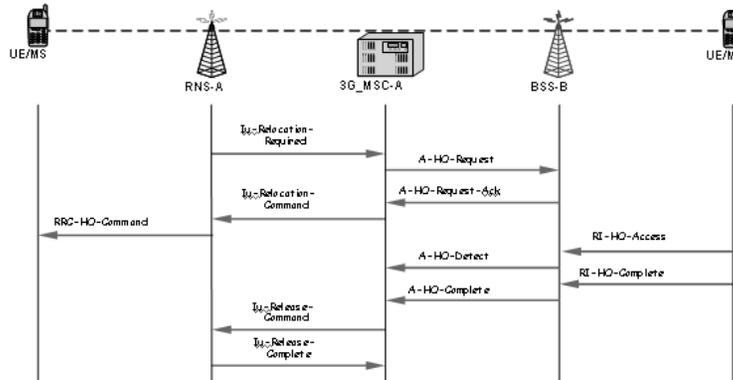


Gambar 2. Intersystem Handover Control

- a. Kejadian 2d : terjadi karena kualitas frekuensi yang digunakan diperkirakan dibawah nilai ambang batas.
- b. Kejadian 2f : terjadi karena kualitas frekuensi yang digunakan diperkirakan diatas nilai ambang batas
- c. Kejadian 3a : terjadi karena kualitas frekuensi yang digunakan oleh UTRAN

diperkirakan berada dibawah nilai ambang batas dan frekuensi yang digunakan oleh GSM diatas ambang batas

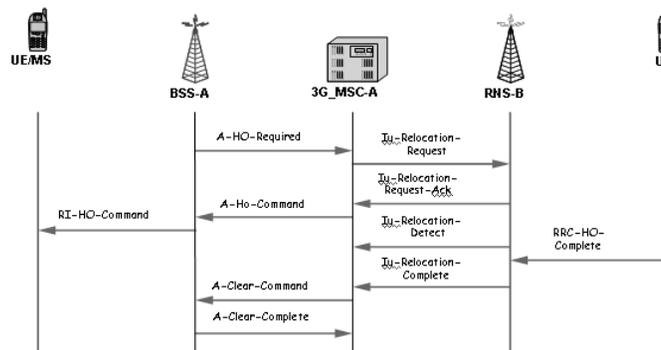
**Prosedur Handover pada GSM dan UMTS**



Gambar 3. Prosedur Handover dari UMTS ke GSM

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui prosedur handover dari UMTS ke GSM dimana UE memberi perintah RNS-A untuk mengirimkan *Iu-Relocation-Required* ke MSC-A setelah itu MSC-A mengirimkan *A-HO-Request* ke BSS-B kemudian BSS-B memberikan jawaban dengan mengirimkan *A-HO-Request-Ack* kemudian MSC-A mengirimkan *Iu-Relocation-Command* ke RNS-A dan diteruskan ke UE dengan mengirimkan *RRC-HO-Command*. Pada saat yang sama MS mengirimkan *RI-HO-Access* ke

BSS-B dan BSS-B meneruskan ke MSC-A dengan mengirimkan *A-HO-Detect* setelah itu MS segera me-release *RI-HO-Complete* yang diteruskan oleh BSS-B dengan mengirimkan *A-HO-Complete* ke MSC-A kemudian MSC-A memberi perintah ke RNS-A dengan *Iu-Release-Command* sebagai konfirmasi telah terjadi handover dari UMTS ke GSM, RNS-A memberitahu MSC-A dengan pesan *Iu-Release-Complete*.



Gambar 4. Prosedur Handover dari GSM ke UMTS

Berdasarkan gambar 4 dapat diketahui prosedur *handover* dari GSM ke UMTS dimana MS memberi perintah BSS-A untuk mengirimkan *A-HO-Required* ke MSC-A setelah itu MSC-A mengirimkan *Iu-Relocation-Request* ke RNS-B kemudian RNS-B memberikan jawaban dengan mengirimkan *Iu-Relocation-Request-Ack* kemudian MSC-A mengirimkan *A-HO-Command* ke BSS-A dan diteruskan ke MS dengan mengirimkan *RI-HO-*

*Command*. Pada saat yang sama UE mengirimkan *RRC-HO-Complete* ke RNS-B dan RNS-B meneruskan ke MSC-A dengan mengirimkan *Iu-Relocation-Detect* dan *Iu-Relocation-Complete* yang diteruskan oleh MSC-A dengan mengirimkan *A-Clear-Command* ke BSS-A kemudian BSS-A memberi jawaban ke MSC-A dengan *A-Clear-Complete* sebagai konfirmasi telah terjadi handover dari GSM ke UMTS.

**Statistik Inter-system Handover**

**Outgoing CS Inter-System Handover Failure Rate**

$$ISHOOutCSFR_pACM = \frac{\text{int } erRatHoOutFail[0,1,2,3,other]}{c} * 100\%$$

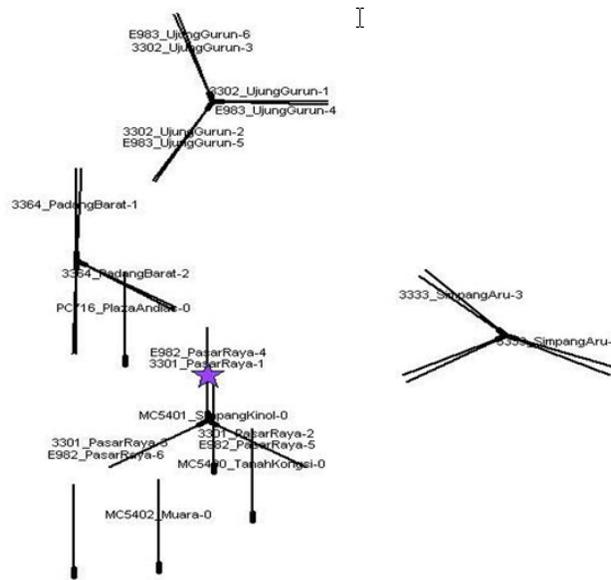
**Outgoing CS Inter-System Handover Success Rate**

$$ISHOOutCSSR_pACM = \frac{\text{int } erRatHoOutSucc[All]}{\text{int } erRatHoOutAtt[All]} * 100\%$$

**Outgoing CS Inter-System Handover Drop Rate**

$$ISHOOutCSDR_pACM = \frac{\text{int } erRatHoOutFail[No Reply]}{c} * 100\%$$

**4. ANALISIS INTER-SYSTEM HANDOVER**



Gambar 5. Lokasi BTS dan 3G Neighbor

Kejadian *handover* yang diamati kali ini adalah BTS PasarRaya, BTS UjungGurun, dan Node-B PasarRaya, dimana kedua lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar 5. Analisis ini dilakukan selama

4 hari berturut-turut yaitu dari tanggal 16-19 Mei 2008 selama 24 jam dari pukul 00.00 hingga pukul 23.00. Dimana jumlah target sel untuk *handover* dari ketiga site tersebut diatas adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Jumlah *adjancencies cell* dari masing-masing sel.

Source Cell	Qty of 2.5G target cell	Qty of 3G target cell	Total Target cell
3301_PasarRaya1	34	5	39
3301_PasarRaya2	35	3	38
3301_PasarRaya3	26	3	29
3302_UjungGurun1	28	4	32
3302_UjungGurun2	30	4	34
3302_UjungGurun3	30	4	34

Analisis *Inter-system handover* ini dilakukan selama 4 hari berturut-turut, yaitu dari tanggal 16-19 Mei 2008 selama 24 jam dari pukul 00.00 hingga pukul

23.00. Adapun data statistik dari ketiga BTS ini dapat dilihat pada tabel 2, 3 dan 4 berikut.

Tabel 2. Data statistik BTS 3301\_PasarRaya

Date	Call_drop_rate			call_su_rate			int_ho_su_rate			int_ho_fail_rate		
	3301_1	3301_2	3301_3	3301_1	3301_2	3301_3	3301_1	3301_2	3301_3	3301_1	3301_2	3301_3
16-May-08	3.3	1.61	2.23	92.07	94.18	95.89	97.19	96.08	100	2.81	1.66	0
17-May-08	3.6	1.21	1.89	92.11	92.68	92.32	95.49	95.42	100	4.51	3.1	0
18-May-08	3.4	1.49	1.97	91.85	93.6	92.45	98.8	96.93	100	1.2	1.62	0
19-May-08	3.12	1.43	1.52	92.48	91.47	94.11	96.77	94.96	100	3.23	2.61	0

Tabel 3. Data statistik BTS 3302\_UjungGurun

Date	Call_drop_rate			call_su_rate			int_ho_su_rate			int_ho_fail_rate		
	3302_1	3302_2	3302_3	3302_1	3302_2	3302_3	3302_1	3302_2	3302_3	3302_1	3302_2	3302_3
16-May-08	2.15	2.85	2.94	83.27	86.19	81.45	90.48	0	89.53	1.76	50	1.39
17-May-08	2.29	2.87	3.16	94.9	85.52	79.8	90.54	0	84.67	2.01	100	2.3
18-May-08	2.4	2.22	3.33	96.45	85.47	87.09	91.9	0	93.84	2.39	100	0.94
19-May-08	2.6	2.62	2.88	84	80.72	76	92.95	0	90.01	1.67	100	1.58

Tabel 4. Data statistik Node-B E982\_PasarRaya

Date	Call_drop_rate			call_su_rate			int_ho_su_rate			int_ho_fail_rate		
	59824	59825	59826	59824	59825	59826	59824	59825	59826	59824	59825	59826
16-May-08	8.23	7.16	2.77	99.84	99.72	99.72	99.39	99.77	97.47	0.61	0.23	2.53
17-May-08	8.79	7.02	2.67	99.54	99.73	99.48	99.38	99.32	96.56	0.62	0.68	3.44
18-May-08	8.21	8.07	3.73	100	99.89	99.2	98.66	99.61	98.08	1.34	0.39	1.92
19-May-08	4.48	7.27	3.78	99.87	99.5	99.62	97.52	99.54	96.81	2.48	0.46	3.19

Dari hasil pengumpulan data, diperoleh rata-rata prosentase keberhasilan *call* pada BTS 3301\_PasarRaya sebesar 92.93%, pada BTS 3302\_UjungGurun hanya mencapai 85.07%, sedangkan pada Node-B E982\_PasarRaya hampir sukses 99.68%. Keberhasilan *call* ini lebih dipengaruhi oleh kondisi MS dalam keadaan baik atau cukup *power* dan sedikitnya *obstacle* sehingga

penerimaan sinyal ke MS bisa maksimal untuk mendukung proses panggilan. Juga dipengaruhi oleh kondisi perangkat di BTS tersebut. Dari hasil pengumpulan *alarm histories*, dapat dilihat bahwa di BTS 3302\_UjungGurun selama periode 16 – 19 Mei 2008 banyak sekali alarm dibandingkan dengan BTS 3301\_PasarRaya.

Perceived Severity	Ack. Status	Friendly Name	Alarm Type	Specific Problems	Event Date & Time
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	Loss of Packet Service	2008.05/19 22:04:57
MINOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	165333 ; CELL [43] LOSS-OF-TCH [2]	2008.05/19 22:04:57
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun rack1 shelf5 taghe 7	EQUIPMENT	165331 ; RX-TX [10] TRE-VSWR [10]	2008.05/19 22:04:18
MINOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	162951 ; CELL [43] LOSS-OF-TCH [2]	2008.05/17 22:37:19
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	162946 ; CELL [43] LOSS-OF-ALL-CHAN	2008.05/17 22:34:10
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	Loss of Packet Service	2008.05/17 22:34:10
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun rack1 shelf5 taghe 7	EQUIPMENT	162945 ; RX-TX [10] TRE-VSWR [10]	2008.05/17 22:33:42
INDETERM	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun rack1 shelf5 taghe 7	PROCESSING ERROR	450004 ; RX-TX [10] RESTART [248]	2008.05/17 22:29:21
MINOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	161782 ; CELL [43] LOSS-OF-TCH [2]	2008.05/16 23:11:23
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun (tre 1)	PROCESSING ERROR	161779 ; SW-AN [3] SW-PROBLEM [11]	2008.05/16 23:08:20
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	Loss of Packet Service	2008.05/16 23:08:15
MAJOR	ACK	BPDG2_1 3302_UjungGurun 3302_UjungGurun-2	QUALITY OF SERVICE	161778 ; CELL [43] LOSS-OF-ALL-CHAN	2008.05/16 23:08:14

Gambar 6. Alarm History BTS 3302\_UjungGurun Periode 16-19 Mei 2008

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa pada tanggal 16 Mei 2008 ada alarm di 3302\_UjungGurun-2 (sektor 2) LOSS-OF-ALL-CHANNEL yang artinya bahwa sel tersebut mati, tidak ada kanal yang bisa

diduduki oleh panggilan. Sedangkan LOSS-OF-TCH artinya sel tersebut tetap memancarkan sinyal namun tidak ada kanal yang bisa diduduki.

Perceived Severity	Ack. Status	Friendly Name	Alarm Type	Specific Problems	Event Date & Time
MINOR	ACK	BPDG2_1 CC63L1_PasarRaya2 rack1 shelf2 suma 7	EQUIPMENT	168829 ; CLK [1] HW-DEGRADED [237]	2008.05/22 20:09:5
MINOR	ACK	BPDG2_1 3301_PasarRaya rack1 shelf2 suma 7	EQUIPMENT	168814 ; CLK [1] HW-DEGRADED [237]	2008.05/22 20:09:5
CRITICAL	ACK	BPDG2_1 3301_PasarRaya	ENVIRONMENTAL	168994 ; BTS-EXTERNAL [9] DOOR OPE	2008.05/22 10:00:5
CRITICAL	ACK	BPDG2_1 3301_PasarRaya	ENVIRONMENTAL	167931 ; BTS-EXTERNAL [9] DOOR OPE	2008.05/21 13:55:5
CRITICAL	ACK	BPDG2_1 3301_PasarRaya	ENVIRONMENTAL	167915 ; BTS-EXTERNAL [9] DOOR OPE	2008.05/21 13:39:4
MAJOR	ACK	BPDG2_1 CC63L1_PasarRaya2 rack1 shelf1 tadhe 1	EQUIPMENT	167752 ; RX-TX [10] HW-FAILURE [239]	2008.05/21 11:15:2
INDETERMINATE	ACK	BPDG2_1 3301_PasarRaya rack1 shelf3 taghe 4	PROCESSING ERROR	450011 ; RX-TX [10] RESTART [248]	2008.05/17 00:05:5

Gambar 7. Alarm History BTS 3301\_PasarRaya Periode 16-21 Mei 2008

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa di BTS 3301\_PasarRaya antara tanggal 16-19 Mei 2008 tidak ada alarm yang menyebabkan tidak tersedianya kanal untuk panggilan. Hanya ada alarm di modul TAGHE 4, itupun hanya bersifat *indeterminate* (tidak tentu).

Rata-rata prosentase keberhasilan *inter-system handover* pada BTS 3301\_PasarRaya adalah 97.64%, pada Node-B E982\_PasarRaya adalah 98.51%, dan rata-rata prosentase keberhasilan *inter-system handover* pada BTS 3302\_UjungGurun adalah 60.33%. Data tersebut belum mencapai standar KPI yang ditetapkan yaitu sebesar 99%, hal ini disebabkan oleh terjadinya *congestion* pada tiap sel sebagai akibat dari masih berlakunya tarif promo dari operator tersebut yang menetapkan tarif percakapan Rp. 0.1/detik. Akibatnya banyak sekali konsumen yang tertarik untuk terus menerus melakukan panggilan, sedangkan kanal yang tersedia terbatas. Salah satu cara untuk menambah kapasitas kanal

yaitu dengan aktifasi *half rate* tetapi konsekuensinya adalah kualitas panggilan menjadi menurun. Ketersediaan kanal ini dipengaruhi pula oleh kondisi perangkat *network* yang dipakai, yang dapat diketahui statusnya dari data alarm yang telah dibahas sebelumnya.

Rata-rata prosentase kegagalan *inter-system handover* pada BTS 3301\_PasarRaya adalah 1.728%, pada Node-B E982\_PasarRaya adalah 1.491%, dan rata-rata prosentase kegagalan *inter-system handover* pada BTS 3302\_UjungGurun adalah 30.34%. Jika dibandingkan dari ketiganya, kegagalan lebih besar terjadi di BTS 3302\_UjungGurun, hal ini salah satunya disebabkan oleh alarm diatas. Namun bisa pula disebabkan oleh faktor diluar sistem tersebut, misalnya power MS yang lemah, banyaknya *obstacles*, dan mobilitas pelanggan yang cukup luas sehingga kemungkinan belum adanya hubungan *handover* dengan sel lain didekatnya atau sedikitnya

target sel *handover*. Semakin banyak target sel untuk *handover*, maka daerah cakupan semakin luas namun kekurangannya akan memakan waktu lama pada saat *call set up* dan *paging*.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem secara otomatis mendeteksi *call* yang *handover* dan tidak *handover* sehingga diperoleh masing-masing statistik.
2. Kegagalan *handover* ditentukan oleh banyaknya target sel. Jumlah target sel untuk *handover* semakin banyak, maka daerah cakupan semakin luas sehingga dapat mendukung para pelanggan yang semakin mobile, namun ada pula kelemahannya yaitu butuh waktu lama pada saat *call set up*.
3. Keberhasilan *inter-system handover* pada Node-B (UMTS) lebih besar daripada BTS (GERAN) karena kedudukan kanal pada UMTS lebih sedikit, dimana setiap timeslotnya terdiri dari 15 frame dengan panjang framenya 10ms, sedangkan pada GERAN setiap timeslotnya terdiri dari 26 frame dengan panjang 120ms, sehingga *inter-system handover* dari UMTS ke GERAN lebih mudah dan lebih berhasil.
4. Dari *alarm history* pada analisa tersebut dapat diketahui bahwa salah satu penyebab kegagalan *intersystem handover* adalah kondisi perangkat penyedia jaringan.
5. Secara umum penyebab terjadinya kegagalan *inter-system handover* yaitu:
  - Kondisi perangkat masing-masing sistem baik itu perangkat *user* maupun penyedia jaringan.
  - Tidak adanya sel tetangga yang dapat memberikan kualitas sinyal yang sesuai atau melewati *threshold* dan tidak tersedianya kanal trafik pada sel tetangga bahkan belum terbentuknya hubungan *handover* dengan sel tetangga.
  - MS bergerak ke daerah *blankspot*.

### DAFTAR ACUAN :

- [1] Agung Nugroho, Anton, "Evaluasi Performansi Multiband Handover Pada Jaringan GSM", Bandung 2002
- [2] C.Y. Lee William, "Mobile Cellular Telecommunication System", second edition, 1990
- [3] Elektro Indonesia, "Telepon Seluler Menuju Generasi Ketiga", Edisi ke Tiga Belas, Juni 1998

- [4] "Fixed Wireless Access CDMA 2000", PT.TELKOM. DIV.RISTI, Bandung
- [5] K. Garg, Vijay, "Wireless Network Evolution 2G to 3G"
- [6] McGraw-Hill Telecom, 2004. 3G Wireless Networks ; Client Smith & Daniel Collins
- [7] "UMTS Introduction", Siemens
- [8] "Performance Measurement", Siemens
- [9] Smith, Client and Collins, Daniel, "3G Wireless Networks", McGraw-Hill Telecom, 2002
- [10] "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects Handover Requirements between UTRAN and GERAN or other Radio Systems (Release 6)", 3GPP TS 22.129 V6.1.0 Siemens