

# Unjuk Kerja Strategi Global *Layering* Pada Jaringan GSM 900/1800

Nur Azis Salim<sup>1</sup>

**Abstract**— Recently, the development of telecommunication is getting faster following the high amount of its users and the high-grade quality of telecommunication networks need. Due to this reason, it is highly needed an optimizing activity to keep and improve the performance telecommunication network. The optimizing is done for maintaining and improving the performance of 2G GSM network. In this paper, the performances that will be analyzed are accessibility, retainability, and integrity which will be represented by 5 KPIs (Key Performance Indicator). In this paper, author is aiming to discover the extend of the influence of global layering strategy implementation on 2G GSM 900 and GSM 1800 to the GSM network performance. The optimizing strategy being used in this research is global layering strategy; the implementation is by engage all cells in the same range and by prioritizing the traffic network of GSM 1800 to GSM 900 network either in the idle or dedicated condition. The result of strategy global layering show that all KPI improved except KPI TBF establishment success rate. This degradation caused by unbalance traffic between GSM 900 and GSM 1800.

**Intisari**— Perkembangan dunia telekomunikasi belakangan ini semakin pesat diikuti dengan semakin tingginya jumlah pengguna dan tingkat persaingan operator, oleh karena itu dibutuhkan suatu upaya optimasi untuk menjaga dan meningkatkan performa pada jaringan telekomunikasi. Optimasi dilakukan dengan tujuan menjaga dan meningkatkan performa jaringan, dalam *paper* ini performa yang akan dianalisis adalah *accessibility*, *retainability* dan *integrity* yang diwakili dalam 5 KPI (*key performance Indicator*). *Paper* ini membahas seberapa jauh pengaruh implementasi strategi global *layering* pada jaringan 2G GSM 900 dan GSM 1800 terhadap performa jaringan GSM. Strategi optimasi yang dibahas dalam *paper* ini adalah strategi *global layering*. Implementasi dari strategi *global layering* melibatkan semua *cell* yang ada dalam suatu wilayah dengan memprioritaskan trafik ke jaringan GSM 1800 daripada ke jaringan GSM 900 baik dalam kondisi *idle* maupun *dedicated*. Hasil Strategi *global layering* menunjukkan pada lima KPI yang dijadikan ukuran, 4 KPI mengalami kenaikan performa yang signifikan dan hanya KPI DL TBF *establishment success rate* yang mengalami degradasi, hal ini disebabkan penanganan trafik data yang tidak seimbang antara GSM 900 dan GSM 1800.

**Kata Kunci**— 2G GSM, optimasi, global layering

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia telekomunikasi belakangan ini semakin pesat, diikuti dengan meningkatnya jumlah pengguna dan tuntutan akan jaringan telekomunikasi yang berkualitas, oleh karena itu dibutuhkan suatu upaya untuk menjaga dan meningkatkan performa pada jaringan telekomunikasi.

Saat ini pada jaringan 2G GSM trafik yang ada dilayani oleh dua jenis jaringan, yaitu GSM 900 dan GSM 1800. Pelayanan trafik saat ini lebih diprioritaskan untuk dilayani oleh GSM 1800, baik dalam kondisi *idle* (kondisi sebelum pengguna melakukan panggilan) maupun *dedicated* (kondisi ketika pengguna sedang melakukan panggilan).

Performa jaringan 2G GSM dijaga dan ditingkatkan dengan kegiatan optimasi pada masing-masing operator seluler, tolok ukur performa jaringan atau *key performance indicator* (KPI) ini diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu *Accessibility*, *Retainability* dan *Integrity*. *Accessibility*.

Kegiatan optimasi yang sudah dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan performa jaringan saat ini meliputi optimasi secara fisik, perubahan pengaturan parameter dari *planning* awal, atau perpaduan dari keduanya. Optimasi perubahan parameter yang sudah dilakukan berdasarkan data keluhan pelanggan, analisis data *drive test*, dan performa *cell* yang paling buruk. Optimasi dilakukan dengan cara mengubah beberapa parameter dan frekuensi *cell*, merekomendasikan *cell* baru, dan merekomendasikan perubahan arah dan derajat kemiringan antena. Fokus optimasi meningkatkan KPI *call success rate* [1]. Kendala yang dihadapi adalah KPI yang dijadikan patokan hanya 1 saja, dan menjadi mahal dan lama apabila sampai terjadi rekomendasi *cell* baru dan mengubah posisi antenna [1][2].

Sedangkan optimasi kombinasi perubahan parameter dan fisik yang sudah dilakukan, diantaranya dengan mengoptimasi *cell-cell* berdasarkan dengan performa per KPI paling buruk dalam suatu wilayah, keluhan pelanggan, dan detail data statistik performa *cell* dan *drive test*. Optimasi dilakukan dengan cara mengaudit semua *parameter* terkait dengan *cell*, audit tersebut mencakup *neighbour list audit*, BCCH dan *frequency hopping audit*, *radio performance audit*, *sites physical parameter* dan *RF parameter audit* [3][4]. Kendala yang dihadapi dalam optimasi ini adalah dibutuhkan waktu yang lebih lama, dikarenakan langkah-langkah optimasi yang sangat banyak dan informasi data pada awal optimasi melibatkan tiga variable [3][4].

Berdasarkan kekurangan-kekurangan pada kegiatan optimasi sebelumnya, maka diperlukan suatu teknik optimasi baru yang bersifat global, memperhatikan peningkatan atau penurunan semua KPI yang ada. Salah satu strategi optimasi yang dapat memperbaiki kekurangan-kekurangan optimasi sebelumnya adalah strategi *global layering*.

Strategi ini dipilih karena penerapan *layering* tidak memerlukan tambahan biaya, penambahan perangkat keras atau perangkat lunak dan hanya mengandalkan sumberdaya yang telah ada. Selain itu eksekusi perubahan parameter juga dapat dilakukan dalam waktu yang relatif singkat, dan jika terjadi degradasi performa di suatu *cell* maka perubahan pengaturan parameter ke pengaturan sebelumnya dapat dilakukan dalam waktu yang cepat.

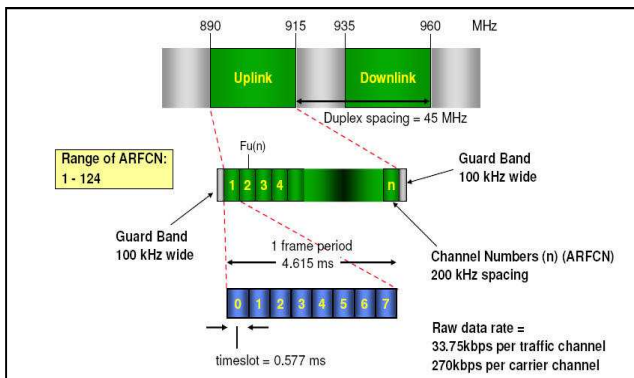
<sup>1</sup>Karyawan, PT. Nexwave, Jalan Raya Sekaran no 11 Gunungpati Semarang (tlp: 08112784215); e-mail: azeria@gmail.com

*Paper* ini membahas tentang suatu strategi baru dalam mengoptimasi jaringan 2G GSM pada PT Telkomsel area Outer JABODETABEK dengan cara merubah pengaturan parameter dan tanpa melakukan aktifitas fisik, pembahasan dilakukan karena strategi optimasi yang ditawarkan relatif baru dan terbukti dapat meningkatkan performa jaringan 2G GSM 900 dan GSM 1800.

Strategi global *layering* hanya dapat diterapkan pada jaringan GSM suatu operator yang memiliki 2 *band*, yaitu GSM 900 dan GSM 1800.

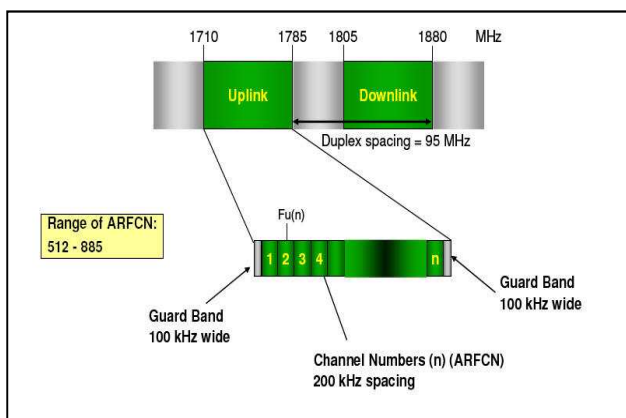
## II. ALOKASI SPEKTRUM GSM

GSM beroperasi pada frekuensi 900 MHz, dan menggunakan teknologi seluler digital. Teknologi seluler digital lain adalah DCS 1800 yang beroperasi pada frekuensi 1,8 GHz. Perbedaan GSM 900 dan 1800 berdasarkan frekuensi ditunjukkan pada Gbr. 1 dan Gbr. 2.



Gbr. 1 GSM 900 physical channel [8]

Pada GSM 900 frekuensi yang digunakan untuk komunikasi *uplink* adalah 890 MHz – 915MHz, sedangkan frekuensi yang digunakan untuk komunikasi *downlink* adalah 935 MHz – 960 MHz.



Gbr. 2 GSM 1800 physical channel [8]

Pada GSM 1800 frekuensi yang digunakan untuk komunikasi *uplink* adalah 1710 MHz – 1785 MHz, sedangkan

frekuensi yang digunakan untuk komunikasi *downlink* adalah 1805 MHz – 1880 MHz.

### A. KPI (Key Performance Indicator)

Menurut rekomendasi dari ITU (*International Telecommunication Union*) terdapat 3 kategori pengklasifikasian *Key Performance Indicator* (KPI) untuk evaluasi sebuah jaringan yaitu *Accessibility*, *Retainability* dan *Integrity*

- Accessibility* adalah kemampuan *user* untuk memperoleh servis sesuai dengan layanan yang disediakan oleh pihak penyedia jaringan. KPI yang termasuk dalam kategori *accessibility* adalah *SDCCH Success Rate*, *TBF Establishment Success Rate* dan *TCH Blocking Rate*.
- Retainability* adalah kemampuan *user* dan sistem jaringan untuk mempertahankan layanan setelah layanan tersebut berhasil diperoleh sampai batas waktu layanan tersebut dihentikan oleh *user*. KPI yang termasuk dalam kategori *retainability* adalah *TCH Drop Rate*
- Integrity* adalah derajat pengukuran disaat layanan berhasil diperoleh oleh *user*. KPI yang termasuk dalam kategori *integrity* adalah *handover success rate*.

Dalam *paper* ini sendiri KPI yang dijadikan ukuran ada 5 KPI, KPI tersebut adalah *SDSR*, *TDR*, *HOSR*, *TBF Establishment Success Rate*, dan *TCH Blocking Rate*.

### B. Layering

Secara konsep *layering* adalah suatu optimasi yang memprioritaskan trafik dari semua *cell* yang ada dalam suatu wilayah ke jaringan GSM 1800 daripada ke jaringan GSM 900 baik dalam kondisi *idle* (kondisi sebelum pengguna melakukan panggilan) maupun *dedicated* (kondisi ketika pengguna sedang melakukan panggilan) sehingga trafik dilayani oleh jaringan yang lebih baik dan secara umum akan berdampak pada meningkatnya performa jaringan dalam melayani trafik.

Implementasi *layering* akan memberikan pengaruh *cell* GSM 1800 lebih agresif dalam menangani trafik *idle* dan menempatkan *cell* GSM 1800 pada *layer* tertinggi dalam proses *handover*. Hal ini dilakukan dengan tujuan GSM 1800 lebih banyak menangani trafik, selanjutnya trafik yang telah berada dalam layanan GSM 1800 akan tetap dipertahankan dilayani oleh GSM 1800. Trafik yang berada dalam layanan GSM 900, pada proses *handover* akan didorong untuk pindah ke *cell* GSM 1800.

Pada pelaksanaannya, *layering* akan mengubah beberapa parameter BTS, HOC, dan ADCE yang mengakibatkan trafik ketika *idle* maupun *dedicated* diprioritaskan untuk berada di jaringan GSM 1800. Pada saat kondisi *idle* sinyal level dengan kekuatan -90dB atau lebih, akan diprioritaskan untuk ditangani oleh GSM 1800. Sedangkan pada saat kondisi *dedicated*, *cell* dengan *layer* yang lebih tinggi diprioritaskan sebagai target *handover*. Detail perbedaan parameter sebelum dan sesudah *layering* dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I  
SETTING SAAT INI DAN RENCANA PARAMETER YANG AKAN DIUBAH

Pengaturan saat ini	Percobaan 1	Percobaan 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Idle/ Cell Rselection</b></li> <li>▪ <b>RxLev AccessMin</b></li> <li>✦ GSM 900 : -102</li> <li>✦ GSM 1800 : -90 -93</li> <li>▪ <b>C2</b></li> <li>✦ C2 = C1</li> <li>✦ GSM 1800 = C1 + 6 dB</li> <li>○ 6 dB untuk kompensasi perbedaan path loss diantara 900 dan 1800.</li> <li>○ MS memiliki kemungkinan yang sama untuk masuk ke GSM 900 and GSM 1800 tanpa memperhatikan berapapun level yang diterimanya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Idle/ Cell Rselection</b></li> <li>▪ <b>RxLev AccessMin</b></li> <li>✦ GSM 900 : -102</li> <li>✦ GSM 1800 : -90</li> <li>▪ <b>C2</b></li> <li>✦ C2 = C1</li> <li>✦ GSM 1800 = C1 + 48 dB</li> <li>○ 48 dB untuk kompensasi perbedaan path loss diantara 900 dan 1800.</li> <li>○ MS secara eksklusif dilayani oleh GSM 1800 pada level -90 dB atau di atasnya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Idle/ Cell Rselection</b></li> <li>▪ <b>RxLev AccessMin</b></li> <li>✦ GSM 900 : -102</li> <li>✦ GSM 1800 : -90</li> <li>▪ <b>C2</b></li> <li>✦ C2 = C1</li> <li>✦ GSM 1800 = C1 + 24 dB</li> <li>○ 24 dB untuk kompensasi perbedaan path loss diantara 900 dan 1800.</li> <li>○ MS secara eksklusif dilayani oleh GSM 1800 pada level -90 dB atau di atasnya.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>HO Control</b></li> <li>▪ <b>HO Threshold Downlink</b></li> <li>✦ GSM 900 = -105 -85</li> <li>✦ GSM 1800 = -105 -85</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>HO Control</b></li> <li>▪ <b>HO Threshold Downlink</b></li> <li>✦ GSM 900 = -100</li> <li>✦ GSM 1800 = -95</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>HO Control</b></li> <li>▪ <b>HO Threshold Downlink</b></li> <li>✦ GSM 900 = -100</li> <li>✦ GSM 1800 = -95</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>ADCE</b></li> <li>▪ <b>AUCL</b></li> <li>✦ GSM 900 -&gt; GSM 1800 = -95 -47</li> <li>▪ <b>HO Priority Level</b></li> <li>✦ Semua sel diatur prioritas 3 (tidak ada prioritas HO).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>ADCE</b></li> <li>▪ <b>AUCL</b></li> <li>✦ GSM 900 -&gt; GSM 1800 = -85</li> <li>▪ <b>HO Priority Level</b></li> <li>✦ Prioritas tertinggi pada 1 lapisan di atas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>ADCE</b></li> <li>▪ <b>AUCL</b></li> <li>✦ GSM 900 -&gt; GSM 1800 = -85</li> <li>▪ <b>HO Priority Level</b></li> <li>✦ Prioritas tertinggi pada 1 lapisan di atas.</li> </ul>

C. Jalan Strategi Global Layering

1. Pengumpulan data awal dan observasi.

Pengumpulan dan pengamatan data KPI sebelum implementasi *global layering* dilakukan untuk mengetahui *trend* dari performa yang ada di suatu wilayah dan menganalisisnya. Hal lain yang dilakukan adalah pengujian kondisi perangkat keras.

2. Perhitungan atau penentuan *baseline*

Pada penelitian ini *baseline* yang digunakan adalah nilai rata-rata KPI pada minggu ke 26, nilai *baseline* dipilih karena eksekusi terakhir perubahan parameter di *cluster* CIBINONG CIKARANG pada hari terakhir minggu ke 26. Berikut nilai *baseline* yang diambil dari minggu ke 26 ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II  
NILAI *BASELINE* CLUSTER CIBINONG CIKARANG

KPI	Nilai Baseline (%)
SDSR	94.72352838
TDR	0.932200897
HOSR	96.99146929
TBF Establishment Success Rate	99.42025616
TCH Blocking	0.498238536

3. Penentuan parameter yang diubah

Pada tahap ini menentukan detail parameter yang akan di ubah, parameter tersebut meliputi BTS parameter yang mengatur masalah *idle/cell reselection*, HOC parameter yang mengatur kontrol *handover*, dan ADCE parameter yang mengatur masalah *neighbor parameter*.

4. Pengajuan *change request*

Pada tahap ini dilakukan pengajuan *change request* atau permohonan perubahan parameter kepada pihak operator, *change request* berisi obyek dan detail nilai parameter yang akan diubah. Jika pihak operator memberikan persetujuan maka akan dilanjutkan ke langkah berikutnya yaitu pembuatan skrip, sedangkan jika ada revisi atau penolakan maka harus memperbaiki isi dari *change request* sesuai dengan permintaan operator.

5. Pembuatan skrip perubahan parameter

Setelah proposal *change request* mendapat persetujuan dari pihak operator, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan pembuatan skrip untuk proses eksekusi perubahan parameter dan *fallback* skrip. Skrip eksekusi perubahan parameter dibuat dalam dua alternatif karena strategi ini direncanakan akan diuji coba dalam dua jenis pengaturan parameter yang berbeda.

6. Eksekusi strategi *global layering*

Waktu implementasi dimulai pada tanggal 26 juni 2011 atau akhir minggu ke 26 dan berakhir pada tanggal 1 agustus 2011. Total *cell* berjumlah 1098 *cell*, dengan komposisi 680 (62%) *cell* yang menggunakan sistem GSM 900 dan 418 (38%) *cell* yang menggunakan sistem GSM 1800. Detail distribusi *cell* per BSC ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III  
DATA DISTRIBUSI *CELL* PER BSC

BSC	Total Cell	GSM 900	GSM 1800	IG (indoor GSM 900)	IG (indoor GSM 1800)	IG (outdoor GSM 1800)
CARIU	151	114	36			
CIKARANG3	163	87	75	1		
CKRNG_HC	216	120	87	1	6	2
STA_DEPOK	148	93	54		1	
TGCIBINONG	151	84	66		1	
TGCIBINONG2	108	69	39			
TGCIBINONG3	162	111	48		3	

7. Analisis dan Optimasi

Setelah implementasi selesai dieksekusi oleh tim OSS, maka dari KPI akan terlihat *trend* peningkatan atau penurunan performa di level *cluster* atau BSC pada suatu jenis KPI tertentu.

Proses optimasi setelah implementasi dilakukan melalui tahapan-tahapan di bawah ini:

a. Menentukan Kontributor degradasi

Penentuan kontributor degradasi dimulai dari BSC level, kemudian dilanjutkan dengan mencari kontributor level *cell*.

b. Analisis degradasi

Pada tahap ini yang harus dilakukan pertama kali adalah memeriksa kondisi perangkat keras, jika tidak ada masalah maka dilanjutkan pemeriksaan dari sisi parameter dengan menggunakan data pendukung analisis. Hal lain yang perlu dilakukan dalam analisis degradasi adalah memeriksa *trend* trafik sebelum dan sesudah implementasi, pemeriksaan ini dilakukan karena di beberapa *cell trend* trafik berubah sangat signifikan setelah implementasi.

c. *Propose tune* parameter

Jika dari sisi perangkat sudah tidak ada masalah, maka akan dilanjutkan dengan investigasi perubahan parameter ketika implementasi *global layering*. Dari hasil investigasi tersebut dan membandingkan nilai parameter terbaru dengan parameter sebelumnya. Secara umum masalah yang terjadi adalah pembagian trafik yang kurang merata pada suatu *cell* tertentu sehingga mengakibatkan terjadinya *blocking*, untuk mengantisipasi hal ini maka dilakukan langkah pengurangan keagresifan *cell* yang memiliki trafik berlebih atau dengan melakukan suatu pembagian trafik.

d. Eksekusi parameter baru

Langkah terakhir adalah mengeksekusi usulan *setting* parameter yang baru dan mengamati hasilnya. Jika hasilnya belum maksimal maka kembali lagi ke langkah analisis degradasi.

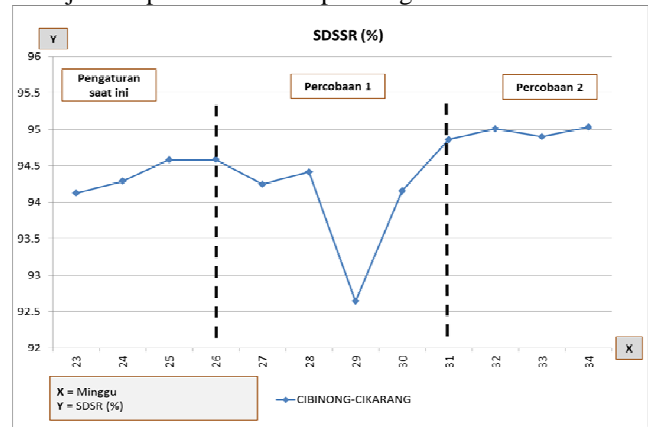
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil Implementasi *global layering* penentuan nilai *baseline* adalah rata-rata nilai KPI pada minggu ke 26 seperti tercantum pada table 3.8. Sedangkan minggu untuk penentuan hasil akhir dipilih pada minggu ke 31, hal ini di karenakan pada minggu-minggu sebelum itu terdapat masalah kerusakan perangkat ataupun masalah transmisi jaringan. Selain itu dalam rentang waktu minggu ke 27 sampai minggu ke 31 juga dimanfaatkan untuk optimasi *cell level*, dan pada minggu ke 31 semua kegiatan optimasi *cell level* sudah selesai. Berikut detail KPI setelah implementasi ditunjukkan pada Tabel IV.

TABLE IV  
PERBANDINGAN PERFORMA PADA *CLUSTER* SEBELUM DAN SESUDAH IMPLEMENTASI

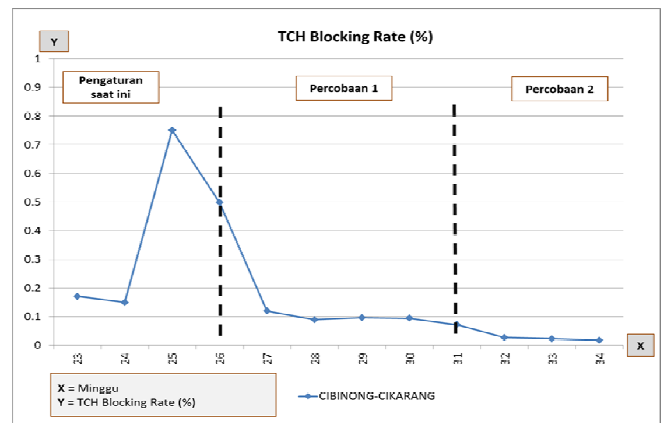
KPI	minggu 26	minggu 31	Remark
SDSR	94.72	94.98	Meningkat
TDR	0.93	0.83	Meningkat
HOSR	96.99	97.87	Meningkat
DL TBF Establishment SR	99.42	99.32	Menurun
TCH Blocking rate	0.50	0.07	Meningkat

Berdasarkan data pada Tabel IV ditunjukkan nilai dari hasil implementasi strategi *global layering*, dari Tabel IV dapat dilihat bahwa dari 5 KPI yang dijadikan patokan 4 KPI mengalami peningkatan dan hanya 1 KPI yang mengalami penurunan yaitu KPI TBF *Establishment Success Rate*. *Trend* KPI sebelum dan sesudah implementasi dilakukan ditunjukkan pada Gbr. 4 sampai dengan Gbr. 8.



Gbr. 3 Grafik *Accessibility* KPI (SDSR)

Pada Gbr. 3 menunjukkan *trend accessibility* KPI, SDRS mengalami kenaikan dari 94.72% menjadi 94.98%,

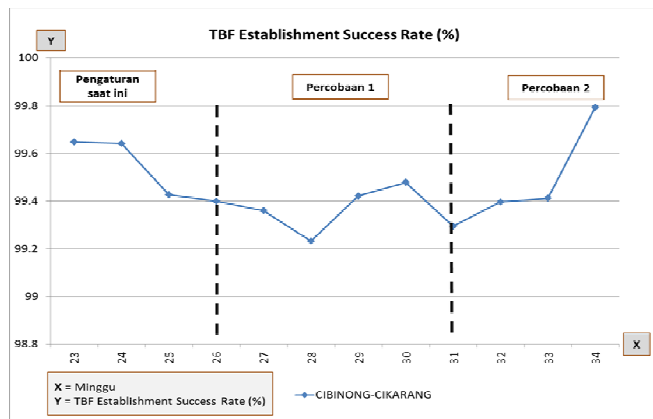


Gbr. 4 Grafik *Accessibility* KPI (TCH Blocking Rate)

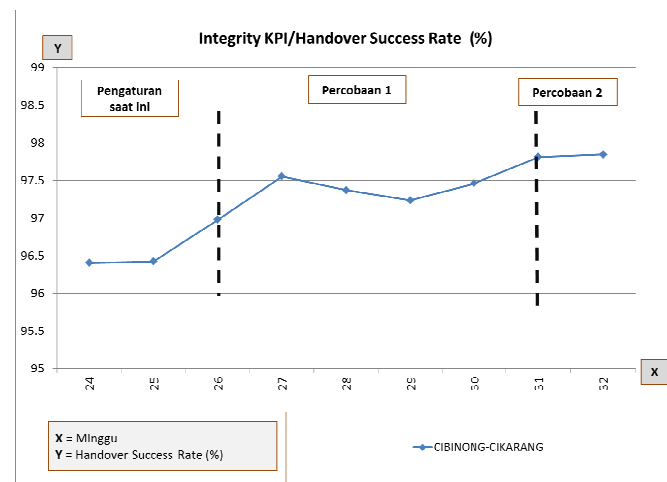
Pada Gbr. 4 menunjukkan *trend accessibility* KPI, TCH *Blocking Rate* mengalami kenaikan dari 0.50% menjadi 0.07%.

Pada gambar selanjutnya yaitu Gbr. 5 menunjukkan *trend accessibility* KPI, TBF *Establishment Success Rate* mengalami penurunan dari 99.42% menjadi 99.32%.

Penurunan pada KPI TBF *Establishment Success Rate* terjadi disebabkan oleh perubahan trafik yang sangat signifikan di beberapa *cell* setelah implementasi, beberapa *cell* yang mengalami kenaikan trafik secara drastis sudah memiliki konfigurasi maksimal. Untuk mengatasi penurunan ini, maka perlu dilakukan pembagian trafik yang lebih merata pada masing-masing *cell*.

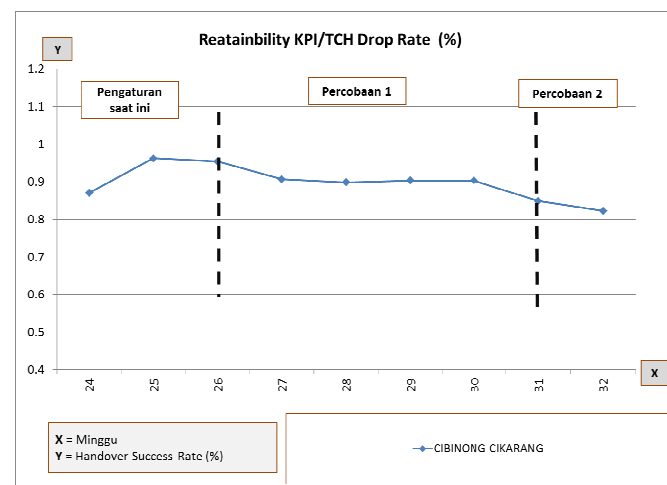


Gbr. 5 Grafik Accessibility KPI (TBF Establishment Success Rate)



Gbr. 6 Grafik Integrity KPI (HOSR)

Pada Gbr. 6 menunjukkan *trend Integrity KPI*, HOSR mengalami peningkatan yang cukup signifikan, yaitu dari 96.99% menjadi 97.87%



Gbr. 7 Grafik Reatability KPI (TDR)

Pada Gbr. 7 menunjukkan *trend Reatability KPI*, TCH Drop Rate mengalami peningkatan yang cukup signifikan setelah implementasi dilakukan, yaitu dari 0.93% menjadi 0.83%.

IV. KESIMPULAN

- a. Secara umum performa jaringan pada daerah *Outer JABODETABEK* mengalami peningkatan, dari 5 KPI yang menjadi patokan hanya 1 KPI yang mengalami penurunan. KPI yang mengalami penurunan adalah DL TBF *establishment success rate*.
- b. Penurunan performa pada *cell* kontributor disebabkan oleh beberapa faktor berikut, kerusakan pada perangkat khususnya TRX, perubahan *trend traffic* yang sangat signifikan, dan *cell* yang melayani trafik di luar dari area yang dilayani semestinya (*overshooting*).

REFERENSI

- [1] VenkataSai Sireesha, Dr.S.Varadarajan, Vivek and Naresh, "Increasing of Call Success Rate in GSM Service Area Using RF Optimization", *International Journal of Engineering Research and Application (IJERA) vol. 1 issue.4, pp. 1479-1485, 2011.*
- [2] Syed Imran Basha, Idrish Shaik, "Reducing Handover Failure Rate by RF Optimization", *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJET) vol 2, issue 11, May 2013.*
- [3] Mudassar Ali dkk, Asim Shehzad, and Adeel Akram, "Radio Access Network Audit & Optimization in GSM", *International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS vol. 10 no. 01, 2010.*
- [4] Bilal haider, M.Zafrullah, M.K. Islam, "Radio Frequency Optimization and QOS Evaluation in Operational GSM Network", *World Congress on Engineering and Computer Science Vol 1, 2009.*
- [5] Silvia Bertozzi & Asli Tokgoz, "NOKIA Base Station Subsystem Parameters", Nokia, 2007.
- [6] L. Wardhana, "2G/3G RF Planning & Optimization", Nulisbuku, Jakarta, 2011.
- [7] Murat Topcu, "General Nokia BSS Parameter", NOKIA, 2003.
- [8] AIRCOM International, "GSM System Overview", England, 2002