

PENANGANAN BLOCK CALL DAN DROP CALL PADA JARINGAN UMTS BERDASARKAN PENGUKURAN PARAMETER ACCESSIBILITY, COVERAGE AND QUALITY

HANDLING EVENT BLOCK CALL AND DROP CALL IN UMTS NETWORK BASED ON ACCESSIBILITY, COVERAGE AND QUALITY PARAMETER MEASUREMENT

Hasanah Putri¹, Tri Nopiani Damayanti²

^{1,2}Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi,
Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹hasanahputri@telkomuniversity.ac.id, ²damayanti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Rendahnya performansi jaringan disebabkan karena jumlah pengguna yang terus meningkat. Penurunan performansi jaringan sering terjadi karena beberapa faktor, diantaranya *blank spot* yaitu suatu daerah yang tidak mendapatkan sinyal, ketidaktepatan *planning*, dan perangkat yang bermasalah. Pada penelitian ini dilakukan penanganan *block call* dan *drop call* pada jaringan UMTS. Untuk mengetahui kondisi jaringan UMTS menggunakan metode *drive test*. Software yang digunakan dalam mengukur parameter radio jaringan UMTS adalah software TEMS 9.0.3 Data Collection, yang berfungsi untuk pengambilan data kualitas jaringan dan pengolahan data untuk mengukur parameter KPI (*Key Performance Indicator*), RSCP dan *Ec/No*. Dari hasil pengukuran tersebut terlihat kualitas jaringan UMTS dan ditemukan masalah *block call* dan *drop call*, kemudian dilakukan perbaikan kualitas pada jaringan UMTS. Standar KPI yaitu RSCP > 80% dan *Ec/No* > 70%. Setelah dilakukan penanganan terhadap *block call* dan *drop call* pada jaringan UMTS diperoleh nilai RSCP sebesar 98% dan *Ec/No* 74%. Selain itu parameter CCSR juga meningkat menjadi 100% dan RRC establishment fail rate sebesar 0%. Selain parameter-parameter tersebut, juga ditemukan faktor ketidaktepatan *planning* yang menyebabkan *servicing* terlalu jauh atau *overshoot*, dan mengganggu *servicing* dari *site* tetangganya. Berdasarkan data perbandingan antara standar KPI dengan hasil optimasi untuk penanganan *blockcall* dan *dropcall* mencapai nilai performansi yang optimal.

Kata kunci: UMTS, KPI, *Block and Drop Call*, *Accessibility*, *Coverage And Quality Parameter*, TEMS

Abstract

Network performance due to the low number of users continues to increase. A decrease in network performance often occurs due to several factors, including the blank spot that is an area that does not get a signal, incorrectly planning, and problem devices. In this research, the handling block call and drop call on the UMTS network. To obtain the UMTS network condition data using drive test. Software used during the drive test is TEMS 9.0.3 Data Collection that serves for data retrieval and data processing to measure parameters of KPI (Key Performance Indicator), RSCP and *Ec / No*. From the results of these measurements may be done handling block call and drop call on the UMTS network. Standard KPI are RSCP > 80% and *Ec / No* > 70%. After Handling block call and drop call on the UMTS network parameters for RSCP of 98% and *Ec / No* 74%. Additionally, CCSR parameter also increased to 100% and fail establishment PRC has also become a very good rate that

is equal to 0%. In addition to these parameters, also found factors that cause inaccuracies planning serving too much or overshoot, and interrupt serving of site neighbors. Based on data from the comparison between the standard KPI with the results of the optimization for handling blockcall and dropcall achieve optimal performance value.

Keywords: UMTS, KPI, Block and Drop Call, Accessibility,Coverage And Quality Parameter, TEMS

1. PENDAHULUAN

Evolusi perkembangan teknologi telekomunikasi selular pada saat ini sangat pesat, dapat dirasakan dengan adanya kemudahan yang disediakan terutama dalam hal efektifitas mobilitas pada *Mobile Station (MS)*. Setiap penyedia (*provider*) jaringan komunikasi bergerak, termasuk jaringan 3G, berusaha memberikan pelayanan yang terbaik. Akan tetapi, ditemukan berbagai permasalahan pada jaringan tersebut.

Permasalahan yang ditemukan pada jaringan *UMTS* yaitu kualitas *voice* dan data yang tidak bagus. Hal ini merugikan pelanggan dan juga penyedia jaringan. Permasalahan lain yaitu kegagalan koneksi. Layanan *UMTS* diharapkan dengan kemampuannya untuk melakukan akses data berkecepatan tinggi. Dari permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan analisis dan penanganan RF parameter untuk kejadian *block call* dan *drop call* pada jaringan *UMTS* untuk layanan *voice* dan data. Hal yang dilakukan yaitu membahas tentang bagaimana cara mengukur performansi jaringan *UMTS* dengan mengamati parameter-parameter performansi dengan metode *drive test* menggunakan *TEMS investigation 9.1* dan menampilkan hasil pengujian kualitas jaringan *UMTS* pada data hasil *drive test* pada *BTS* tertentu ditampilkan dengan menggunakan MapInfo 10.5. Dilanjutkan dengan metode optimasi RF parameter untuk kejadian *block call* dan *drop call*. Proses ini diawali dengan melakukan *drive test* berupa pengamatan parameter performansi yang menunjukkan kinerja sistem jaringan *UMTS*.

KPI (Key Performance Indicator) merupakan standar yang dapat menunjukkan kinerja sistem jaringan, masing-masing penyedia jaringan telah memiliki *KPI*. Adapun beberapa parameter atau bagian dari *KPI* yang dijadikan referensi dalam melihat performansi dari jaringan *UMTS* yaitu parameter *RSCP* dan *Ec/No*.

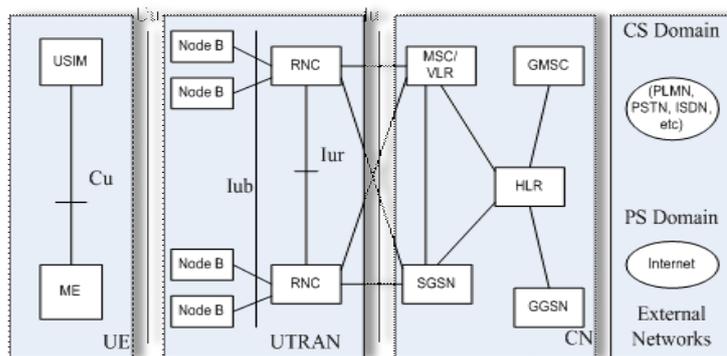
Tujuan dari penelitian ini diantaranya melakukan pengukuran dan analisa nilai parameter *RSCP* dan *Ec/No* jaringan. Selain itu, menganalisa kinerja *KPI* meliputi parameter *Accessibility* yaitu *RRC Establishment Fail Rate* dan *CSSR (Call Setup Success Rate)*. Penelitian ini juga menghasilkan luaran peningkatan performansi jaringan guna menangani kejadian *block call* dan *drop call* pada jaringan *UMTS*.

2. METODOLOGI

2.1 Teknologi UMTS

Pada arsitektur *UMTS* terdiri atas 3 daerah yang saling berinteraksi, yaitu *Core Network (CN)*, *UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)*, dan *User Equipment (UE)* atau *Mobile Station (MS)*.

Teknologi telekomunikasi *UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)* merupakan evolusi dari *GSM*, dimana *interface* radionya adalah *WCDMA*, serta mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk tiap aplikasi dengan *QoS* yang berbeda.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan UMTS [1]

2.2 Handover [2]

Handover adalah suatu peristiwa perpindahan kanal *UE* tanpa terjadinya pemutusan hubungan dan tanpa melalui campur tangan dari *user*. Peristiwa *handover* terjadi karena pergerakan *MS* atau *UE* keluar dari cakupan sel asal dan masuk cakupan sel baru.

Pada sistem *UMTS* menyediakan kemampuan untuk *handover* baik untuk layanan *CS* (*Circuit switch/voice*) dan layanan *PS* (*packet switch/data*), dan juga service yang dihandle oleh sistem *GSM* ke sistem *UMTS* dan sebaliknya dari *UMTS* ke sistem *GSM*. *Handover* bertujuan menyediakan kontinuitas hubungan kepada pelanggan yang bergerak diantara sel-sel dalam infrastruktur seluler. Bagi pelanggan yang terus-menerus berkomunikasi dan melintasi pinggiran sel, hal ini lebih menguntungkan untuk menggunakan *radio resources* dalam sel baru (disebut target sel) karena kuat sinyal yang diterima dari sel lama memburuk selama pelanggan memasuki sel target.

2.3 Parameter Key Performance Indicator [1]

KPI (*Key Performance Indicator*) merupakan sesuatu yang dapat menunjukkan kinerja sistem jaringan yang digunakan untuk mendeteksi kinerja sistem jaringan yang tidak baik, masing-masing penyedia jaringan telah memiliki *KPI*nya masing-masing.

Beberapa parameter atau bagian dari *KPI* yang dijadikan referensi untuk dapat melihat performansi dari jaringan *UMTS* pada layanan *voicenya* adalah seperti: *CSRR* (*Call Set up Success Ratio*), *Call Drop Rate*, *SHO Success Rate*. *CSRR* (*Call Set Up Success Ratio*) adalah perbandingan antara jumlah panggilan yang sukses dengan total upaya panggilan, *CSRR* memiliki standarisasi nilai atau kualitas yaitu saat *Call Setup Success Rate (Exclude Blocking)* (>98%) (*CS*>98%). *Call Drop Rate* adalah prosentase banyaknya panggilan yang jatuh atau putus setelah kanal pembicaraan digunakan. *Call Drop Rate* memiliki standarisasi nilai yaitu saat *Drop Call Rate* (*CS*<2%). *SHO Success Rate* adalah prosentase dari keberhasilan proses panggilan yang dihitung dari *MS* melakukan panggilan sampai dengan panggilan tersebut terjawab oleh penerima. *SHO Success Rate* memiliki standarisasi nilai yaitu saat *SHO Success Rate* (>97%).

Kemudian nilai-nilai parameter yang harus terpenuhi pada *KPI* layanan data yaitu, *PDP Context Activation Success Rate* merupakan perbandingan antara aktivasi *PDP context* dengan jumlah permintaan aktivasi *PDP context*, *PDP context* memiliki standarisasi nilai atau kualitas yaitu (>95%). *PDP Context Drop Rate* merupakan perbandingan antara jumlah *dropped PDP context* dengan jumlah keberhasilan *PDP context*. *PDP Context Drop Rate* memiliki standarisasi nilai atau kualitas yaitu (<2%). *PS Throughput* merupakan persentase kecepatan transfer data sebenarnya pada sisi *user* hingga 384 kbps.

Inter-frequency Hard Handover Success Rate dapat digunakan untuk mengevaluasi *inter-frequency hard handover* dan dapat menghitung rasio keberhasilan dalam satu *RNC*. *Inter-frequency Hard Handover Success Rate* memiliki standarisasi nilai atau kualitas yaitu (>97%). *Intra-Frequency Hard Handover Success Rate* dapat digunakan untuk mengevaluasi *intra-frekuensi handover* tinggi dan dapat menghitung rasio keberhasilan dalam satu *RNC*. *Intra-Frequency Hard Handover Success Rate* memiliki standarisasi nilai atau kualitas yaitu (>97%). *Congested Cell Ratio*, dapat digunakan untuk mengevaluasi penggunaan sumber daya radio jaringan pada jam sibuk disalah satu *RNC*. *Congested Cell Ratio* memiliki standarisasi atau kualitas yaitu (<2%).

2.4 Drive Test Menggunakan Test Mobile System [3]

Drive Test ialah proses pengukuran sistem komunikasi bergerak pada sisi gelombang radio diudara yaitu dari arah *Node B* ke *UE* atau sebaliknya, dengan menggunakan ponsel yang didesain secara khusus untuk pengukuran. Drive test bertujuan untuk mengukur kualitas sinyal secara *real time* sehingga dapat dianalisa kualitas sinyal tersebut untuk dapat diperbaiki segala masalah yang berhubungan dengan sinyal khususnya untuk teknologi selular. Informasi yang ditampilkan pada mode ini didapat dari perangkat *TEMS* secara langsung saat dilakukan *drive test*.

2.5 Perlengkapan Drive Test

Proses *drive test* membutuhkan peralatan-peralatan yang mendukung dalam pengamatan. Dalam modul ini drive test dilakukan menggunakan software *TEMS* dan adapun perlengkapan yang dibutuhkan diantaranya laptop, *software TEMS*, *dongle HASP4*, ponsel *TEMS*, kabel data, *GPS*, aksesoris perangkat yang mendukung dalam pengamatan menggunakan *TEMS*, seperti *USB Hub*, *Inverter*, dan *Charger Ponsel*.

2.6 Jenis Pengamatan Drive Test [3,5]

Jenis-jenis pengukuran *drive test* dibagi menjadi mode pengukuran dan cara pengambilan data. Pada mode pengukuran *drive test* ada tiga jenis, yaitu :

- a. *Drive Test Idle Mode* Pengamatan level sinyal yang diterima *MS* dalam keadaan *idle* (tidak melakukan panggilan apapun). Biasanya mode ini dilakukan hanya untuk mengetahui *signal strength* suatu area yang terindikasi *low signal/no service*.
- b. *Drive Test Dedicated Mode* Pengamatan kualitas sinyal diikuti dengan pendudukan kanal (*long Call/Short Call* ke *destination number* tertentu). Untuk mengamati dan mengidentifikasi kualitas *voice* dan data.
- c. *Drive test QoS Mode* Pengamatan kualitas sinyal diikuti dengan pendudukan kanal dengan metode *call set up* dan *call end* dengan *formula time / command squence* tertentu.

2.7 Jenis Metode Drive Test [3,5]

Ada empat jenis metode *drive test* yaitu:

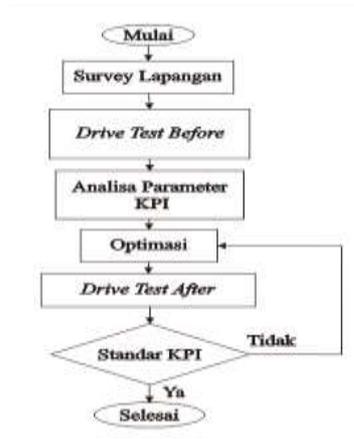
- a. *Single Site Verification (SSV)*, merupakan metode *drive test* untuk memverifikasi setiap *site* bagus atau tidak.
- b. *Cluster*, merupakan *drive test* yang mengamati jaringan setiap *cluster* atau daerah yang terdiri dari beberapa *site* namun hanya untuk satu operator jaringan.
- c. *Benchmark*, merupakan *drive test* yang membandingkan beberapa operator dalam satu *cluster* atau daerah
- d. Optimasi, merupakan bagian analisa gangguan atau kurangnya *service quality* pada *site* yang sudah jadi.

2.8 Map Info [4]

Map Info adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan sebagai sarana untuk menampilkan atau pengimplementasian sistem informasi geografik. Kelebihan perangkat lunak Map info tersebut adalah karena fasilitas yang diberikan cukup mudah untuk dioperasikan dan cukup lengkap untuk keperluan pengembangan sistem informasi geografik. Kemudahan lain, perangkat ini tidak memerlukan dukungan *hardware* yang terlalu rumit. Sehingga hampir semua *personal computer (PC)* dapat digunakan untuk mengoperasikan *software* tersebut.

2.9 Pengukuran Performansi Jaringan UMTS

Pengukuran performansi jaringan *UMTS* dimulai dengan melakukan survey lapangan, diantaranya melihat langsung kondisi lapangan dengan mengambil gambarnya, selain itu bisa juga melalui aplikasi *Google earth*. Setelah melakukan survey lapangan, kemudian dilakukan pengukuran kualitas sinyal dengan metode *drive test* menggunakan *software TEMS*. Dari hasil *drive test* dilakukan analisis dengan mengamati beberapa parameter KPI diantaranya *RSCP*, *Ec/No*, *CDR*, *HOSR*, dan sebagainya. Dari hasil analisis dapat diketahui apakah perlu dilakukan optimasi atau tidak. Jika perlu dilakukan optimasi maka dilakukan optimasi dengan teknik *tilting antenna*. Setelah dilakukan optimasi kemudian dilakukan pengukuran after yaitu *drive test after*. Kegiatan ini bermaksud mengetahui apakah terjadi perbaikan atau peningkatan performansi jaringan. Hasil optimasi ini kemudian dibandingkan dengan standar KPI operator.



ambar 2. Diagram Alir Proses Pengukuran

3. HASIL PENGUKURAN

Pada tahap awal, setelah melakukan *site survey* selanjutnya dilakukan *drive test before* yaitu menggunakan *MS2* dan mengukur nilai dari parameter *RSCP* dan *Ec/No*. Tahap ini bertujuan mengukur beberapa parameter sebagai berikut:

- a. *CSSR* pada posisi : *Dedicated shortcall* dengan lama panggilan 60 detik.
- b. *Handover* pada posisi : *Dedicated shortcall* dengan lama panggilan 60 detik.

Parameter yang diamati saat *drive test* adalah parameter radio meliputi *RSCP* dan *Ec/No*. *Event* yang diamati diantaranya *Call Initiation*, *Call Attempt*, *Call Setup*, *Call Establish*, *Call End*, *Blocked Call*, *Dropped call*, *Handover*, dan *RRC Establishment*. Dari hasil *drive test* tersebut selanjutnya dilakukan analisa hasil *drive test before* dengan mengamati parameter diantaranya *accessibility* dan *coverage and quality*. Jika dari hasil analisis *drive test before* ditemukan masalah, dalam hal ini *block call* dan *drop call*, maka dilakukan optimasi parameter radio. Untuk validasi

hasil optimasi dilakukan pengujian berupa simulasi kondisi dan parameter hasil optimasi menggunakan *software Atoll*. Jika dari hasil pengujian ini sudah sesuai standar *KPI* maka proses penanganan *block call* dan *drop call* dapat dijadikan sebagai salah satu rekomendasi bagi pihak operator dalam melakukan penanganan masalah *block call dan drop call* pada jaringan *UMTS*.

3.1 Drive Test Jaringan UMTS

Kegiatan *drive test before* ini mengamati apakah ada masalah dari sisi *accessibility*, *coverage*, dan *quality*. Jika ya, maka harus dilakukan optimasi agar dapat meningkatkan kekuatan sinyal (*RSCP*) dan kualitas sinyal (*Ec/No*).

Dari hasil pengukuran terlihat terdapat beberapa *spot* yang memiliki cakupan sinyal lemah, bahkan terdapat pula *spot* yang tidak memiliki cakupan sinyal atau yang biasa disebut *blank spot*. Jika kekuatan sinyal baik bukan berarti kualitas jaringan pada *spot* tersebut juga baik. Oleh sebab itu dibutuhkan data *drive test before* parameter *Ec/No* atau kualitas sinyal.

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa terdapat cukup banyak *spot* yang memiliki nilai *Ec/No* yang rendah. Parameter *Ec/No* mengindikasikan kualitas jaringan, semakin kecil nilai *Ec/No* maka kualitas sinyalnya semakin jelek.

Setelah melihat data *coverage* dan *quality* selanjutnya melihat *event* yang terjadi pada saat *drive test before* dengan melakukan *ekspor logfile* ke *excel*.

Tabel 1. *Event* Panggilan

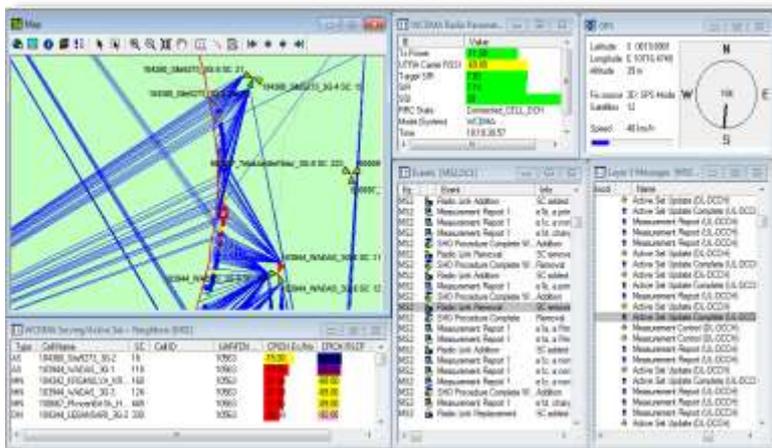
| No | Count of Event | Total |
|----|-------------------------|-------|
| 1 | <i>Call Initiation</i> | 38 |
| 2 | <i>Call Attempt</i> | 38 |
| 3 | <i>RRC Established</i> | 38 |
| 4 | <i>Block Call</i> | 2 |
| 5 | <i>Call Setup</i> | 36 |
| 6 | <i>Call Established</i> | 36 |
| 7 | <i>Dropped Call</i> | 4 |
| 8 | <i>Call End</i> | 32 |

Tabel 1 menjelaskan bahwa terdapat masalah saat *drive test before* yaitu masalah *event blockcall* dan *dropcall*. Hal tersebut perlu diatasi yaitu dengan cara optimasi parameter radio guna menghilangkan masalah *dropcall* dan *blockcall* agar memenuhi standar *KPI*.

3.2 Hasil Drive Test Coverage dan Quality

Berdasarkan hasil pengukuran *coverage* dan *quality*, warna hijau pada *spot* mengindikasikan kondisi *spot* baik, sedangkan warna merah mengindikasikan kondisi *spot* tidak baik. Pada hasil pengukuran *coverage* dapat dilihat parameter *RSCP* sebesar >80% dan *Ec/No* sebesar >70%.

Dari hasil pengukuran *drive test*, terlihat cukup banyak *spot* yang mempunyai kekuatan sinyal yang lemah. Untuk nilai *RSCP* sebesar 89%. Nilai ini melebihi standar *KPI*, tetapi tidak menjadi sebuah kepastian bahwa *Ec/No* juga baik.



Gambar 6. Bad Quality [by logfile 2 TEMS]

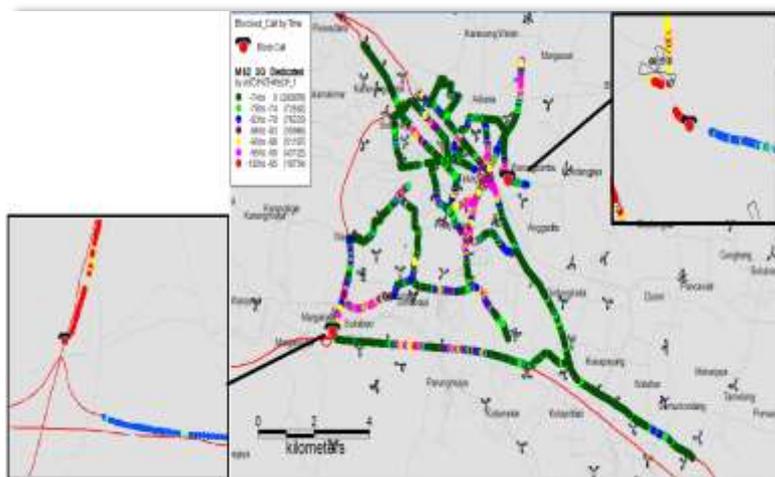
Pada Gambar 6 memperlihatkan *servicing* dari site 104342_KRGMULYA_KRW_3G-1 yang jangkauannya sangat jauh sehingga mengganggu *servicing* site dari site 104380_Site5273_3G-2.

Tabel 2. Analisa Bad Quality Coverage

| Event ID | Deskripsi Masalah | Rekomendasi |
|----------|---|--|
| BQ | - Bad Ec/No untuk spot tersebut disebabkan karena level signal RSCP rendah (Drop) dan disebabkan karena daerah/ spot tersebut padat penduduk. | - Audit site 104342_KRGMULYA_KRW_3G sektor 1 - Audit site 104380_Site5273_3G sektor 1 |

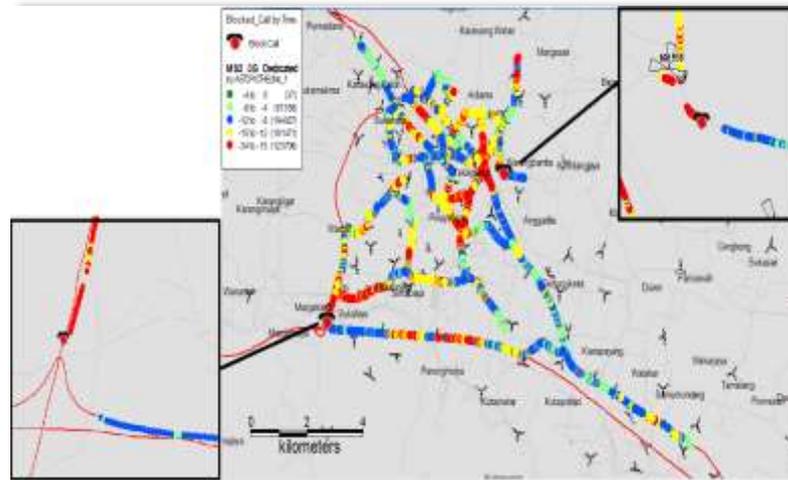
3.3 Hasil Drive Test Accessibility

Pada pengukuran parameter *accessibility* terdapat standar keberhasilan *RRC Establishment Fail Rate* yaitu sebesar $< 1\%$ yang dipengaruhi oleh *event block call* dan *dropcall*. Standar nilai *CSSR* $> 98,5\%$, jika nilai tersebut dibawah standar maka harus dilakukan optimasi. Dari pengukuran *accessibility* terdapat *event blockcall* yang mempengaruhi nilai *RRC Establishment Fail Rate* dan *CSSR*. *Blockcall* adalah ketidakmampuan sistem dalam menerima ataupun melakukan panggilan. Gambar 7 memperlihatkan *blockcall* terhadap *RSCP*.



Gambar 7. Blockcall by RSCP [by Map Info]

Pada Gambar 7 terjadi 2 event blockcall dan sangat mempengaruhi RRC Establishment Fail Rate maupun CSSR. Masalah blockcall menjadikan 2 kali panggilan tidak berhasil sehingga perlu adanya optimasi untuk meningkatkan nilai CSSR dan mengurangi nilai RRC Establishment Fail Rate. Pada gambar 8 menunjukkan event blockcall berdasarkan parameter Ec/No. Pada Gambar 8 berikut terlihat pada spot yang terjadi blockcall kualitas jaringannya buruk.



Gambar 8. Blockcall by Ec/No [by Map Info]

Langkah optimasi yang pertama yaitu menghitung jumlah RRC Establishment Fail Rate before dengan adanya blockcall dan dropcall dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$RRC\ Establishment\ Fail\ Rate = \frac{RRCEstablishedFailure}{RequestRRCEstablished} \times 100\%$$

$$RRC\ Establishment\ Fail\ Rate = \frac{5}{38} \times 100\% = 13,1\%$$

Hasil RRC Establishment Fail Rate = 13,1% yang melebihi standar nilai dari RRC Establishment Fail Rate sebesar 1%, maka harus dilakukan optimasi untuk menghilangkan event blockcall dan dropcall. Untuk menghitung jumlah CSSR before.

$$CSSR = \frac{Call\ Setup}{Call\ Attempt} \times 100\%$$

$$CSSR = \frac{36}{38} \times 100\% = 94,7\%. \text{ Nilai CSSR} = 94,7\% \text{ yang masih dibawah standar nilai dari}$$

CSSR yaitu sebesar 98,5%, maka harus dilakukan optimasi untuk menghilangkan event blockcall.

Setelah dilakukan optimasi, nilai CSSR meningkat menjadi 100%, berdasarkan hasil drive test after dan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$CSSR = \frac{Call\ Setup}{Call\ Attempt} \times 100\%$$

$$CSSR = \frac{38}{38} \times 100\%$$

$$CSSR = 100\%$$

4. KESIMPULAN

- a. Terjadi ketidaktepatan *planning* yang menyebabkan *servicing* terlalu jauh atau *overshoot*, dan mengganggu *servicing* dari *site* tetangganya.
- b. Data *drive test before* Nilai RSCP sebesar 89% artinya nilai RSCP melebihi standar KPI. Hal ini belum memastikan Ec/No juga baik.
- c. Data *drive test before* Nilai Ec/No sebesar 47% artinya nilai Ec/No dibawah standar KPI. Data *drive test after* Nilai RSCP sebesar 98% artinya nilai RSCP sudah memenuhi standar KPI. Data *drive test after* Nilai Ec/No sebesar 74% artinya nilai Ec/No sudah memenuhi standar KPI. Parameter CSSR untuk data *drive test before* sebesar 94,7%, sedangkan CSSR berdasarkan hasil *drive test after* menjadi 100%. Parameter RRC *Establishment Fail Rate* pada data *drive test before* sebesar 13,1%, sedangkan RRC berdasarkan hasil *drive test after* 0%.

Daftar Pustaka:

- [1] Lingga Wardhana. 2011. 2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant. [Online] Available at www.nulisbuku.com.
- [2] Usman, Uke Kurniawan. 2008. Pengantar Ilmu Telekomunikasi. Bandung. Informatika.
- [3] Sukarno, Dedy Kurniawan. 2006. Analisis Proses Pindah Tangan (Handover) Ditinjau Dari Parameter Kualitas Sinyal Pada Frekuensi Dan Daerah Kerja Jaringan Sistem Seluler GSM PT.Exelcomindo. Purwokerto. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.
- [4] Prahasta, Eddy. 2010. Belajar dan Memahami MapInfo. Informatika.
- [5] Amir Hidayat, Alfin Hikmaturokhman, Eka Wahyudi. Analisis Performansi Jaringan 3-G Node B Dengan Metode *Drive Test* di BTS Teluk Purwokerto.