

ANALISIS AVAILABILITY DAN RSSI TERHADAP TINGGINYA DROP RATE DI JARINGAN 3G UMTS (STUDI KASUS PT.XL Axiata Jakarta)

ANALYSIS OF AVAILABILITY AND RSSI AS CAUSE OF HIGH DROP RATE ON 3G UMTS NETWORK (CASE STUDY PT.XL Axiata Jakarta)

Hernice Hasni^[1], Hafidudin, ST., MT.^[2], Anton Perwira Putra, ST.^[3]

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hernice26@gmail.com, ²hfd@telkomuniversity.ac.id, ³APPutra@xl.co.id

Abstrak

Kualitas jaringan 3G pada suatu daerah tiap saat dapat berubah, hal ini disebabkan karena beberapa faktor seperti adanya perubahan lingkungan operasi jaringan, peningkatan user, dan interferensi dari site lain yang ada di dekat site tersebut yang menyebabkan kegagalan panggilan. Kegagalan panggilan yang dianalisis dalam tugas akhir ini adalah drop call.

Drop Call adalah suatu kondisi dimana pembicaraan yang sedang berlangsung terputus sebelum pembicaraan tersebut selesai. *Availability* merupakan jumlah total waktu suatu sistem yang tersedia bagi para pengguna. RSSI sebagai indeks yang menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima pada antarmuka antenna, dapat digunakan untuk menganalisis sinyal yang diterima dari Node B.

Dari data statistik yang diperoleh dari OMC, nilai *drop rate* berada diatas 2 % dengan Nilai *availability* berada dibawah 99% atau nilai RSSI berada diatas -100 dBm. penyebab turunnya nilai *availability* pada sel 341JK3G225664 yaitu suhu tinggi pada *hardware*, sedangkan penyebab tingginya RSSI pada sel JK3G22962 adalah interferensi dari site operator lain yang berdekatan. Solusi untuk issue *availability* adalah mengontrol suhu pada Node B secara berkala, sedangkan untuk issue RSSI adalah memasang filter pada sel tersebut. Setelah melakukan perbaikan maka didapatkan nilai *availability* 100% dan nilai RSSI -90 dBm. Sehingga nilai *drop rate* kembali berada dibawah 2%.

Kata kunci : *drop call, drop rate, availability, RSSI*

Abstract

3G network quality in an area each time can be changed, it is due to some factors such as any changes in network operating environment, the increases of user, and interference from the other site which is near the site that can causes call failure. Call failure that analyzed in this last task is drop call.

Drop call is condition where the ongoing talks disconnected before the talks finished. Availability is total time of system that available for user. RSSI as an index that shows signal strength received at antenna interface, can used to analyzed received signal from Node B.

From statistics data that obtained, the value of drop rate above 2% with availability value below 99% or RSSI value above -100 dBm. The cause of availability value decrease at cell 341JK3G225664 that is high temperature on hardware, while the causes of high RSSI at cell JK3G22962 that is interference from the another site. Solution for availability issue is periodically controlling the temperature at Node B, while for RSSI issue is set the narrowband filter at the cell. After improvement availability value that obtained is 100% and RSSI value is -90 dBm. So, drop rate value is below 2%.

Keywords : *drop call, drop rate, availability, RSSI*

1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi telekomunikasi saat ini terlebih khusus untuk komunikasi seluler, mengakibatkan semakin banyaknya operator yang berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas pelayanan mereka bagi pelanggan, dalam hal ini peningkatan kualitas jaringan disamping itu mereka juga harus memikirkan tentang pengeluaran biaya yang paling minimum tetapi dengan hasil yang efektif. Kualitas jaringan pada suatu daerah tiap saat dapat berubah-ubah dari kualitas baik menjadi buruk yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti adanya perubahan lingkungan operasi jaringan, peningkatan user, dan juga dipengaruhi oleh kerusakan hardware pada Node B.

Pada proses analisis ini, sangat dibutuhkan informasi mengenai konfigurasi hardware, masalah pada hardware, konfigurasi antenna (ketinggian, azimuth, tilting), topologi jaringan, dan definisi KPI (*Key Performance Indicator*) yang dikumpulkan sebagai sebuah kesatuan informasi untuk melakukan analisa pada sebuah jaringan seluler. Beberapa proses analisa dimulai dengan mengambil secara keseluruhan jaringan sebuah

operator kemudian mengklasifikasikannya ke klasifikasi *problem* tersendiri. Secara umum ada dua macam pengambilan data yang diperlukan untuk proses analisa yaitu data dari OMC (statistic) dan data dari *drive testing*. Namun pada peneleitian kali ini, peneliti hanya menganalisis data yang diperoleh dari OMC.

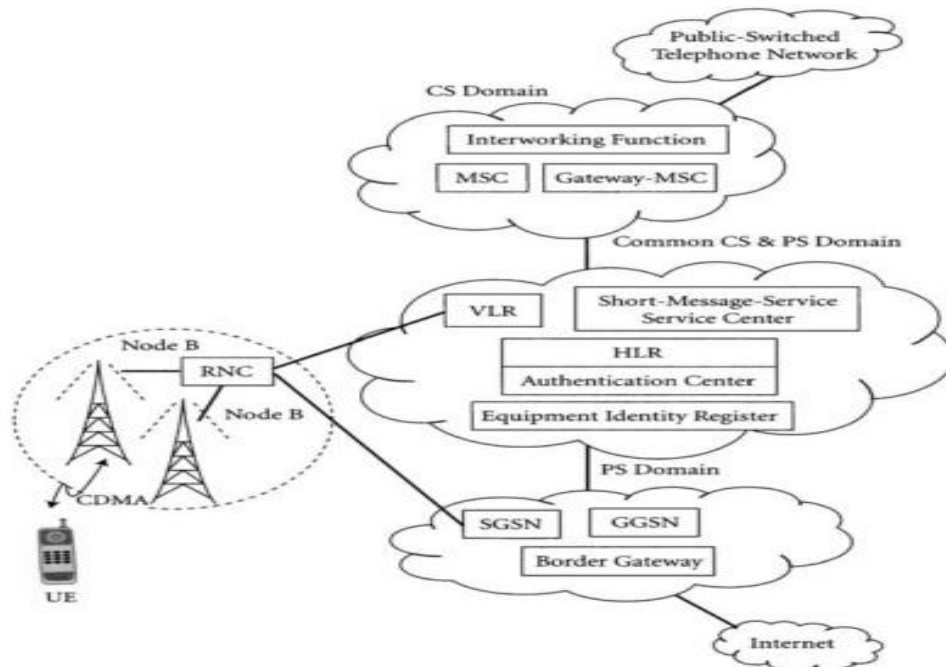
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter yang berpengaruh pada tingginya drop rate dalam suatu sel, sehingga dapat menganalisis penyebab buruknya performansi parameter yang berpengaruh pada tingginya drop rate tersebut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengusulkan perbaikan pada kegagalan panggilan tersebut kepada pihak operator terkait.

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini terbatas pada jaringan 3G, hanya memanfaatkan data statistic yang diperoleh dari OMC dan juga kegagalan panggilan hanya dibatasi pada masalah drop call. Adapun parameter yang menjadi acuan adalah drop rate, availability dan RSSI.

Metode penelitian yang digunakan pada penulisan Tugas Akhir ini adalah Pengambilan data di lapangan berupa data statistik yang diperoleh dari OMC, studi literature berupa studi kepustakaan dan kajian daribuku-buku dan jurnal-jurnal pendukung baik dalam bentuk hardcopy maupun softcopy dan metode diskusi dengan mengadakan Tanya jawab langsung dengan dosen pembimbing akademik maupun pembimbing lapangan.

2. Dasar Teori

2.1. Arsitektur jaringan UMTS



Gambar 1. Arsitektur UMTS [1]

Perangkat bergerak UMTS disebut *User Equipment* (UE) dan terdiri dari *UMTS Subscriber Identity Module* dan *Mobile Equipment*. Jaringan yang berbasis UMTS terdiri dari jaringan akses (*access network*) dan jaringan inti (*core network*). Jaringan akses secara resmi dinamakan *Universal Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN), yang terdiri dari satu atau lebih *Radio Network Subsystem* (RNS). RNS menyediakan sebuah *interface* udara yang baru *wideband-CDMA* ke UE. RNS melingkupi beberapa Node B dan satu *Radio Network Controller* (RNC). Jaringan inti terdiri dari domain *circuit-switched* (CS) dan *packet switched* (PS) [1].

2.2. Alokasi spektrum frekuensi sistem 3G/UMTS

1. Sistem *Time division Duplex* (TDD)
TDD atau *Time Division Duplex* hanya menggunakan satu kanal frekuensi, dimana trafik untuk uplink dan downlink dipisahkan dengan cara mengirimnya pada waktu yang berbeda. Range frekuensi adalah 1900 – 1920 Mhz dan 2010 – 2025 Mhz yang digunakan untuk transmisi *uplink* dan *downlink* secara bersamaan.
2. Sistem *Frequency Division Duplex* (FDD)
FDD merupakan kepanjangan dari *Frequency Division Duplex*, seperti pada GSM, digunakan untuk memisahkan trafik pada *uplink* dan *downlink* dengan menempatkannya pada kanal-kanal frekuensi yang berbeda. Range frekuensi adalah 1920 – 1980 Mhz untuk transmisi *downlink* dan 2110 – 2170 Mhz untuk

transmisi *uplink*. Alokasi minimum sebuah operator membutuhkan dua pasang kanal 5 MHz, masing-masing untuk *uplink* dan *downlink*, dengan jarak 190 MHz.

2.3. Drop Call

Definisi dari *dropped call* adalah setelah panggilan terbentuk tetapi sebelum panggilan tersebut diakhiri dengan benar [3]. Definisi dari "*the call is established* (panggilan terbentuk)" adalah bahwa panggilan tersebut telah di *setup* dengan sempurna oleh kanal [3]. *Drop Call* adalah suatu kondisi dimana pembicaraan yang sedang berlangsung terputus sebelum pembicaraan tersebut selesai (panggilan yang jatuh setelah kanal bicara digunakan). Penyebab drop rate tinggi yang akan dianalisa pada penelitian ini adalah Availability yang rendah dan RSSI/RTWP yang tinggi.

2.4. Availability

Availability merupakan jumlah total waktu suatu sistem yang tersedia bagi para pengguna. Jaringan yang baik mampu memberikan kanal kapanpun pelanggan hendak melakukan panggilan. Nilai availability dibawah 100% berarti bahwa ada suatu waktu dimana pelanggan tidak mendapatkan kanal untuk melakukan panggilan.

2.5. RSSI

RSSI merupakan singkatan dari Received Signal Strength Indicator sebagai indeks yang menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima pada antarmuka antena, dapat digunakan untuk menganalisis sinyal yang diterima dari Node B. RSSI/UL RSSI ini juga biasa disebut sebagai RTWP (Received Total Wideband Power). RSSI ini berhubungan dengan interferensi pada uplink. Pada UMTS, interferensi pada uplink bisa beragam tergantung beberapa faktor, seperti jumlah user dalam sebuah cell, layanan, tipe koneksi dan kondisi radio. Ketika sinyal terlalu kuat atau terlalu lemah, RSSI tinggi atau rendah maka alarm RSSI akan muncul. Rentang RSSI yang normal bervariasi dalam kasus yang berbeda-beda. Pada jaringan yang normal, range RTWP yang diterima pada umumnya sekitar -104,5 dan 105,5 dBm.

2.6. Drop Call vs Availability

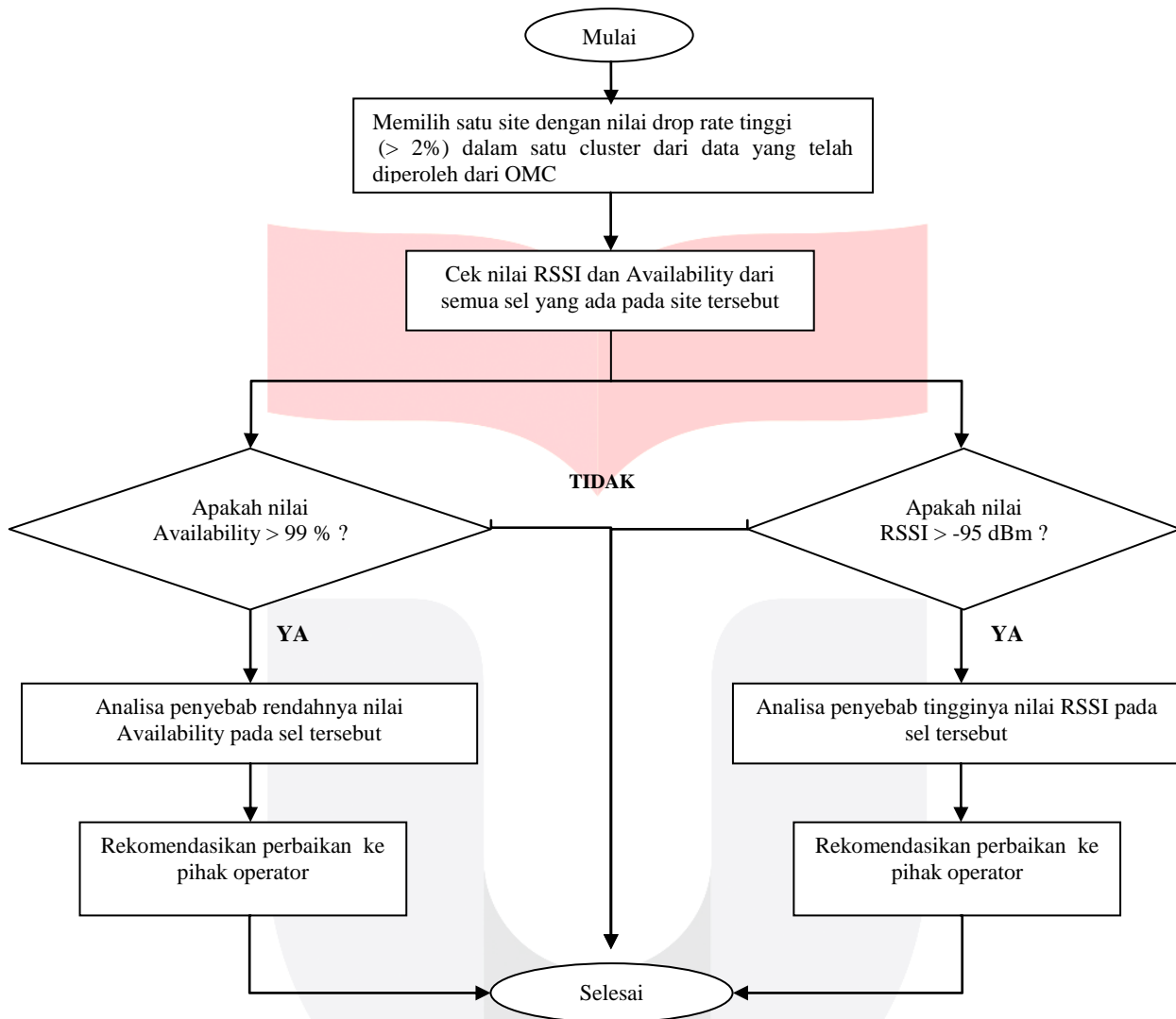
Suatu sel dengan nilai availability yang rendah akan menyebabkan performansi sel tersebut menjadi buruk termasuk drop call yang tinggi pada sel tersebut. Availability 99 % dalam satu hari (24 jam) berarti ada 14,4 menit sistem tersebut off atau dalam hal ini sel tersebut off selama 14,4 menit dalam satu hari. Pelayanan sebuah sel yang tiba-tiba mati akan mengakibatkan panggilan user tiba-tiba terputus jika pada saat itu sedang melakukan panggilan. Oleh karena itu, semakin rendah persentase availability dari sebuah sel maka semakin tinggi pula persentase drop rate pada sel tersebut.

2.7. Drop Call vs RSSI

RSSI/RTWP yang tinggi memiliki dampak yang besar pada persepsi pengguna tentang kualitas suatu layanan dan korelasi dengan KPIs UTRAN seperti blocking rates dan call drop rates.

3. Pembahasan

3.1. diagram alir proses evaluasi



Gambar 2. Flowchart evaluasi

3.2. Worst Performance Cell J1-BKS2

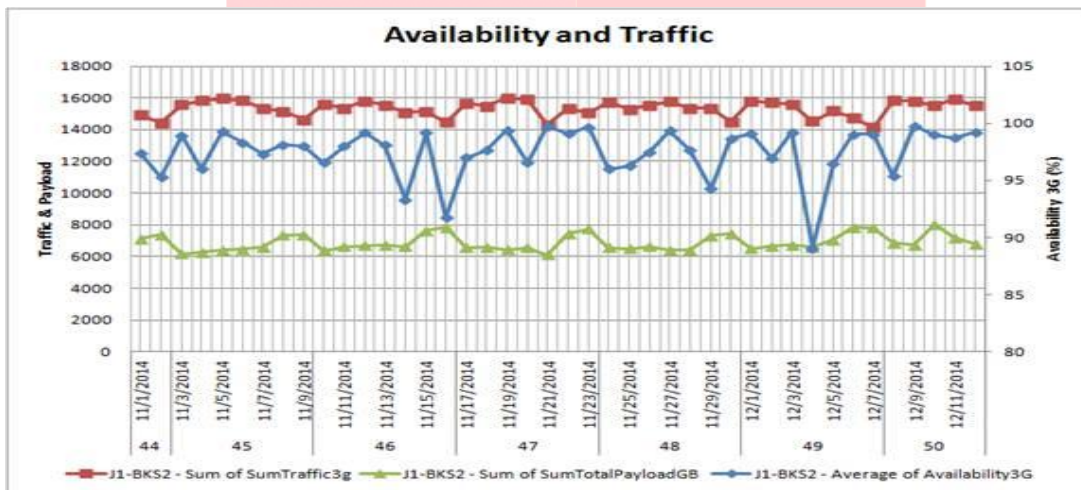
Worst Performance Cel menunjukkan performansi sel yang buruk dari sebuah kluster, dimana dalam satu kluster tersebut terdapat beberapa sel. Performansi sel yang buruk ditandai dengan speech drop rate yang tinggi dengan availability yang rendah. Pada table 3.1 menunjukkan performansi jaringan yang buruk dari kluster J1-BKS2. Dari 1040 total sel yang terdapat pada cluster tersebut, sebanyak 138 sel yang perlu ditinjau ulang berdasarkan kelompok permasalahannya tersendiri.

Tabel 1 Worst Performance cells cluster J1-BKS2

Performance Category	Count of Cell
Maintain	902
Need optimization review	18
Need review availability/alarm history	74
Need review availability/alarm history & congestion (Power)	6
Need review congestion (CE & Power)	2
Need review congestion (CE)	29
Need review congestion (Power & Code)	1
Need review congestion (Power)	8
Grand Total	1040

3.3. Availability pada cluster J1-BKS2

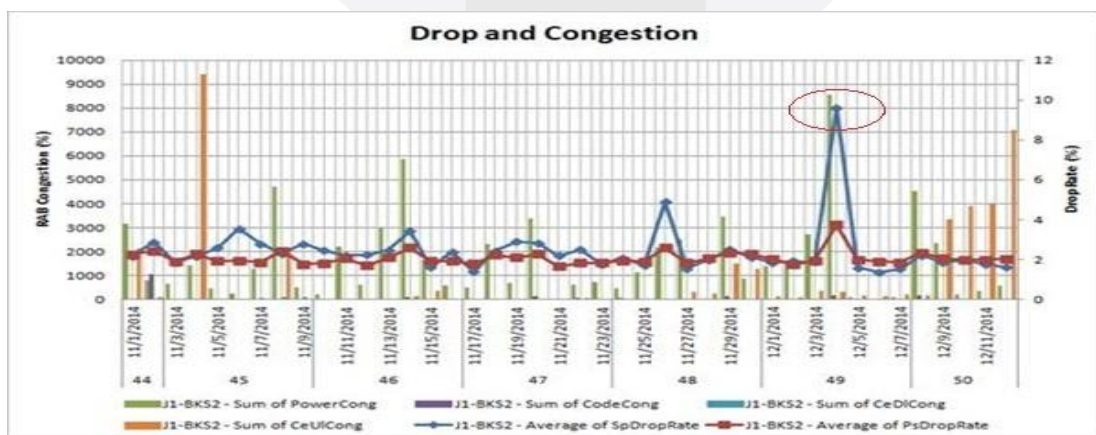
Availability merupakan jumlah total waktu suatu sistem yang tersedia bagi para pengguna. Dari gambar 3.2 dibawah terlihat bahwa persentase availability masih banyak yang berada dibawah 100%. CSSR merupakan nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat availability jaringan dalam memberikan pelayanan baik berupa panggilan voice maupun untuk trafik sms dan video call. Jaringan yang baik mampu memberikan kanal kapanpun pelanggan hendak melakukan panggilan. Nilai availability dibawah 100% berarti bahwa ada suatu waktu dimana pelanggan tidak mendapatkan kanal untuk melakukan panggilan.



Gambar 3. Grafik availability, payload dan trafik pada cluster J1-BKS2

3.4. Drop rate pada cluster J1-BKS2

Drop rate adalah perbandingan jumlah *dropped calls* dengan total jumlah panggilan yang sukses di *release* oleh *user* itu sendiri^[1]. Pada gambar 3.3, speech drop rate pada tanggal 4 Desember minggu ke-49 sangat tinggi yakni diatas 9 % sementara speech drop rate yang diizinkan oleh operator harus berada dibawah 2 %.



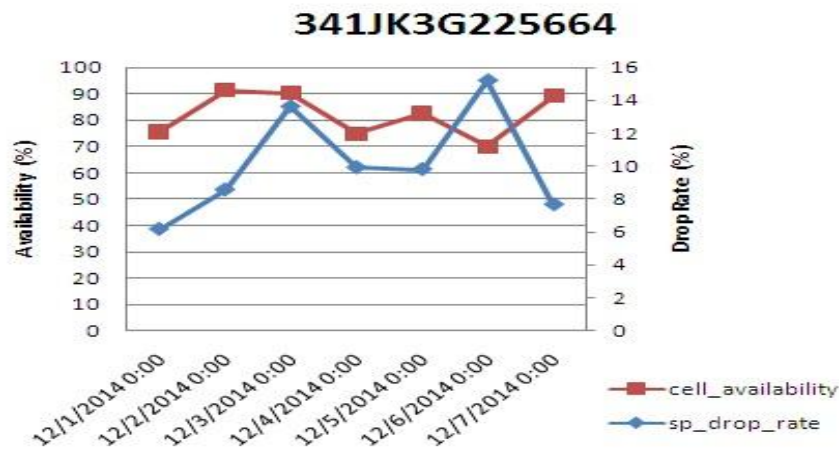
Gambar 4. Grafik Drop rate pada cluster J1-BKS2

3.5. Site dengan drop rate tinggi

Pada penelitian ini, sebenarnya ada banyak site yang memiliki Drop Rate yang tinggi namun peneliti hanya memilih satu site yang dijadikan sampel. Site tersebut adalah site dengan Node B ID: 3412296G. Tipe Node B yang digunakan adalah RBS 6201 yang merupakan produk dari ERICSSON. Site/Node B ini mempunyai tiga sektor dengan jumlah carrier tiap sektor ada dua. Sehingga dari satu site ini kita dapat mendapatkan enam sampel sel yang memiliki performansi yang berbeda-beda. Alasan pemilihan site ini bisa dilihat pada data statistik yang akan dijelaskan pada pembahasan selanjutnya yaitu karena memiliki Drop Rate yang tinggi yaitu diatas 2 %. Parameter yang akan dianalisis dibatasi hanya pada speech drop rate, availability dan RSSI dari tiap sel. Berikut pada tabel 3.2 dibawah ini data statistik ke enam sel dari site 3412296G.

3.6. Drop rate vs availability

Ada enam cell dari site 3412296G yang telah dianalisa nilai Availability-nya dan keenam cell tersebut memiliki availability dibawah threshold. Keenam cell tersebut adalah Cell JK3G22961, Cell JK3G22962, Cell JK3G22963, Cell 341JK3G225664, Cell 341JK3G225665 dan Cell 341JK3G225666. Dari keenam cell tersebut akan dipilih lagi satu sampel cell yang akan dianalisa untuk memberikan solusi pada penyebab turunnya availability pada cell tersebut. Penelitian hanya difokuskan pada satu cell karena kemungkinan penyebab turunnya availability untuk semua cell adalah sama. Cell tersebut adalah cell 341JK3G225664.



Gambar 5. Availability vs drop rate dari cell 341JK3G225664

Dari gambar diatas terlihat bahwa drop rate tertinggi adalah 15,22% dengan Availability terendah adalah 69,93% ada pada tanggal 6 Desember 2014. Persentase availability yang paling tinggi dalam minggu tersebut adalah 91,22%. Yang berarti nilai availability dalam minggu tersebut berada dibawah 91,22% sedangkan nilai availability yang direkomendasikan PT. XL Axiata sendiri adalah > 99%. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap rendahnya availability pada cell tersebut.

1. Analisa Availability

- Penyebab : Daya listrik pada shelter Node B tiba-tiba mati sedangkan baterai cadangan yang ada memiliki daya tahan yang sudah menurun. Tetapi karena history dari daya listrik ini tidak dapat dibuktikan, sehingga tidak dapat disimpulkan bahwa hal tersebut merupakan penyebab dari turunnya nilai availability pada sel tersebut.
- Penyebab : Suhu tinggi pada hardware.
Suhu yang tinggi pada shelter Node B akan mengakibatkan perangkat yang aktif didalamnya menjadi nonaktif, sehingga menyebabkan Node B tersebut tidak dapat melayani pelanggan yang berada disekitar Node B tersebut. Suhu yang termasuk kedalam kategori tinggi oleh pihak operator adalah diatas 65°C sedangkan suhu operasi yang disarankan oleh produk RBS 6201 adalah +5°C sampai +50°C. Sedangkan pada gambar dibawah ini, dapat dilihat bahwa temperature/suhu pada tanggal 6 Desember 2014 adalah 73°C yang termasuk kedalam kategori suhu yang tinggi sehingga dapat disinkronkan dengan nilai availability pada tanggal tersebut yang merupakan nilai availability terendah pada minggu tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebab turunnya nilai availability pada sel tersebut adalah suhu yang tinggi pada perangkat.

```

150604-09:08:06 10.164.40.158 11.0b stopfile=/tmp/28252
Please enter Node Password:
Checking MOM version...RBS_NODE_MODEL_T_1_201
Parsing MOM (cached): /var/opt/ericsson/amos/jarxml/RBS_NODE_MODEL_T_1_201.xml.cache.gz .....Done.
Using paramfile /opt/ericsson/amos/moshell/commonjars/pm/PARAM_RBS_T_1_0.txt
Parsing file /opt/ericsson/amos/moshell/commonjars/pm/PARAM_RBS_T_1_0.txt .....Done.
.....
Node type: RBS6201V2W
=====
SMN APN BOARD FAULT OPER MAINT STAT PRODUCTNUMBER REV SERIAL DATE TEMP COREMGR
=====
0 1 DUW4101 OFF ON OFF OFF KDU127174/4 R2D TU8XG57612 20141206 73C Active*
0 2 DUW4101 OFF ON OFF KDU127174/4 R2D TU8XG57612 20141207 62C StandbyReady
=====

```

Gambar 6. Capture suhu pada DUW4101

Solusi : Suhu yang tinggi pada hardware (DUW) RBS 6201 disebabkan oleh tingginya suhu pada shelter tersebut. Ini terjadi karena suhu yang di set pada AC yang ada pada shelter tersebut adalah berada pada suhu ruangan yaitu 25°C. Oleh karena itu, sangat penting untuk selalu mengontrol suhu pada Node B tersebut sehingga suhu shelter berada pada batas normal yang dapat diterima oleh hardware tersebut.

2. Analisa availability untuk kelima sel lainnya

Dari analisa availability pada sel 341JK3G225664 diatas, terlihat bahwa rendahnya persentase availability disebabkan karena suhu tinggi pada DUW di Node B tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingginya suhu pada DUW tersebut juga mempengaruhi rendahnya persentase availability pada sel lainnya. Tabel dibawah ini memperlihatkan perbandingan suhu dan persentase availability dari keenam sel pada site 3412296G pada tanggal 6 Desember 2014.

Tabel 2 Perbandingan persentase availability dengan suhu DUW pada site 3412296G

DUW	Nama Sel	Availability	Suhu
DUW4101	JK3G22961	89,24%	73°C
DUW4101	JK3G22962	85,54%	73°C
DUW4101	JK3G22963	96,21%	73°C
DUW4101	341JK3G225664	69,93%	73°C
DUW4101	341JK3G225665	94,37%	73°C
DUW4101	341JK3G225666	96%	73°C

Solusi untuk mengembalikan suhu pada keadaan normal adalah dengan membersihkan climate system pada RBS tersebut sehingga fan dapat bekerja dengan optimal.

3.7. RSSI vs drop rate

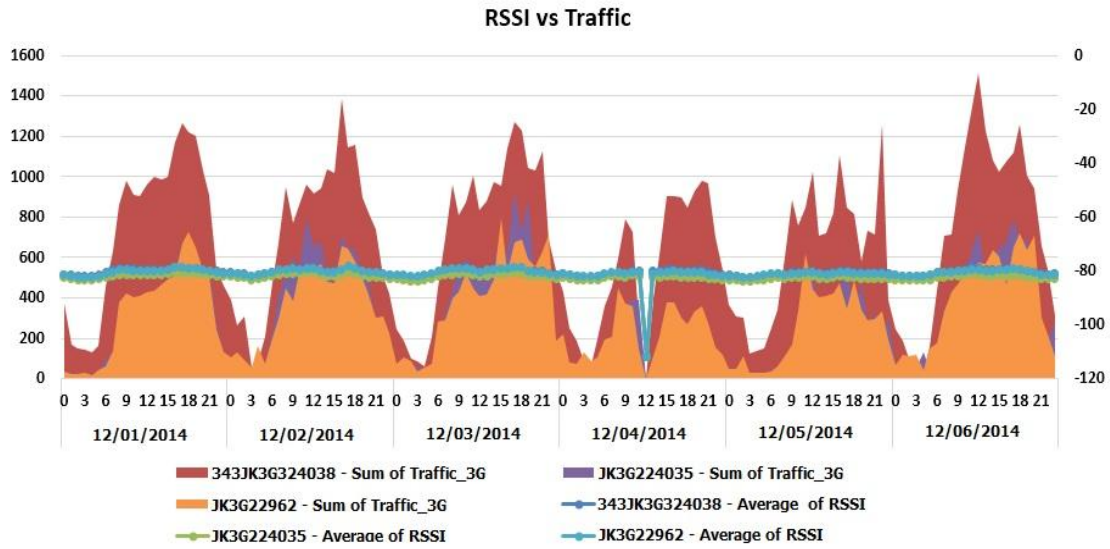
Cell yang dijadikan sampel untuk issue RSSI ini adalah cell JK3G22962.



Gambar 7. Grafik RSSI vs drop rate cell JK3G22962

Dari gambar tersebut diatas, drop rate tertinggi adalah 13,97% pada tanggal 3 Desember sedangkan, RSSI tertinggi -81,37 dBm pada tanggal 1 Desember. Hal tersebut menunjukkan bahwa sebenarnya penyebab drop rate tinggi bukan hanya karena RSSI yang tinggi, tetapi karena nilai RSSI pada cell tersebut rata-rata berada dibawah angka -85 dBm dan drop rate juga tinggi yakni berada diatas 4%. Maka sangat penting untuk menganalisa penyebab dari tingginya RSSI pada cell tersebut.

1. Analisa RSSI/RTWP
 - Penyebab : Trafik yang tinggi.



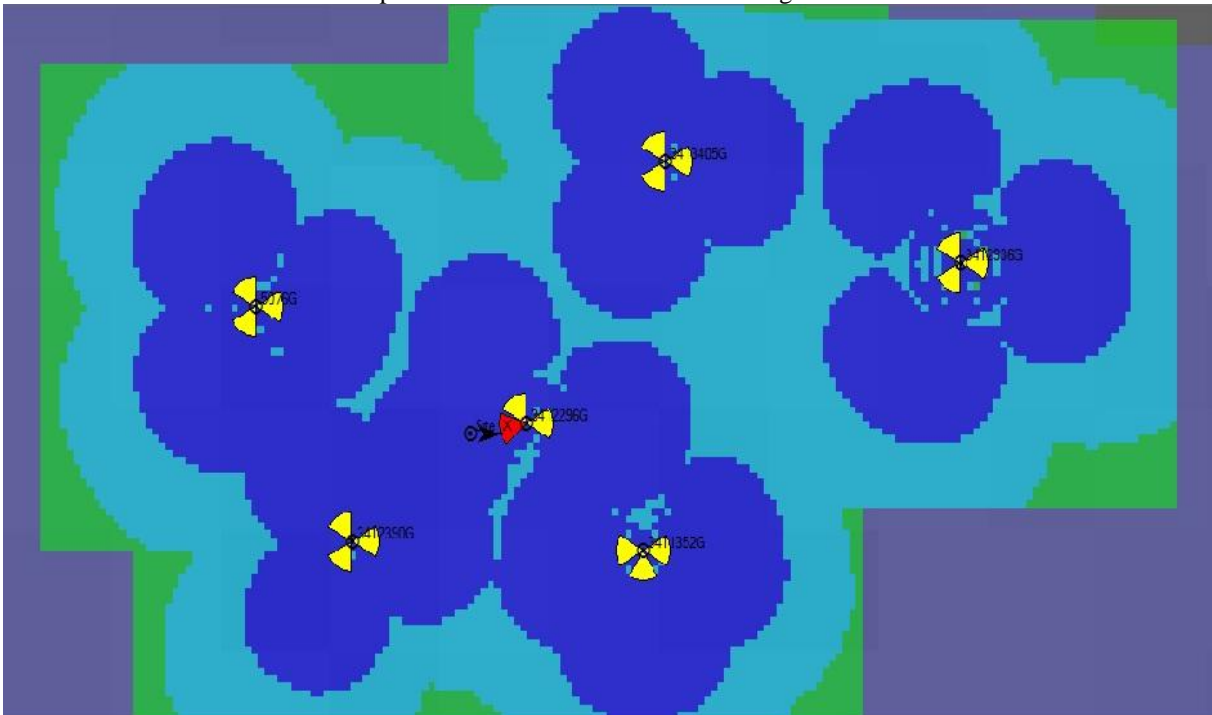
Gambar 8. Grafik nilai RSSI (dBm) dan Trafik (Erlang)

Dari gambar 8 diatas, terlihat bahwa nilai RSSI berada dibawah -85 dBm dan trafik yang pada waktu-waktu tertentu berada diatas 400 Erlang dan sampel yang diambil dari tanggal 1 sampai 6 Desember 2014. Trafik pada sel JK3G22962 adalah yang berwarna orange. Trafik tersebut masih tergolong normal oleh pihak XL karena sebagian besar masih berada dibawah 400 Erlang. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tingginya RSSI pada sel tersebut tidak disebabkan oleh trafik.

- Penyebab : Interferensi dari site lain (operator lainnya) yang mempunyai frekuensi yang berdekatan dengan frekuensi XL. Interferensi dari site lain yaitu interferensi dari operator X sistem CDMA yang berada di dekat site tersebut. Operator X yang bekerja pada frekuensi 1900 MHz mengganggu frekuensi XL pada 2100 MHz.

Solusi :

- Mengubah arah antenna sektoral pada sel tersebut.
Azimuth antenna sektoral pada site 3412296G sebelum sectoring adalah 90/260/330



Gambar 9. Capture coverage site 3412296G dan site tetangga sebelum sectoring

Sedangkan azimuth antenna sektoral pada site 3412296G setelah sectoring adalah 90/270/330.



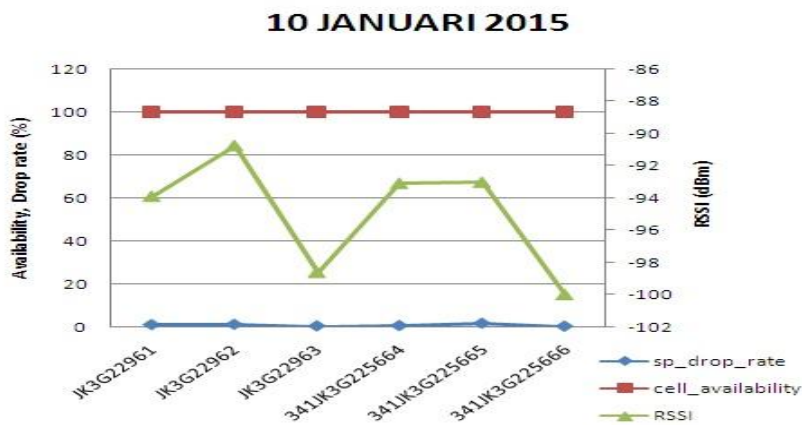
Gambar 10. Capture coverage site 3412296G dan site tetangga sesudah sectoring

2. Analisa RSSI/RTWP untuk kelima sel lainnya

Dari hasil analisa RSSI/RTWP sel JK3G22962, RSSI yang tinggi pada sel tersebut disebabkan karena interferensi dari site lain yang berada pada coverage sel JK3G22962. Coverage untuk setiap sel berbeda, sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebab tingginya RSSI pada kelima sel lainnya tidak dapat diketahui jika tidak ada informasi coverage dari kelima sel tersebut.

3.8. Drop rate, Availability dan RSSI setelah dilakukan perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan terhadap penyebab tingginya RSSI dan rendahnya nilai availability pada site 3412296G khususnya untuk sel JK3G22962 dan sel 341JK3G225664, maka didapatkan grafik Drop rate yang sudah berada dibawah 2 %, Availability yang kembali normal menjadi 100 % tetapi nilai RSSI masih berada diatas -95 dBm. Yang berarti solusi tersebut diatas belum dapat menyelesaikan permasalahan tingginya RSSI pada site tersebut. Berikut ini dipaparkan grafik Drop rate, Availability dan RSSI pada tanggal 10 Januari 2015.



Gambar 11. Grafik Drop rate, Availability dan RSSI setelah perbaikan

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa penyebab kegagalan panggilan (drop call) dan solusinya yang telah dilaksanakan, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan :

1. Dari data statistik yang telah diperoleh dari operator XL memperlihatkan parameter yang menyebabkan tingginya drop rate pada site 3412296G adalah rendahnya nilai Availability dan tingginya nilai RSSI.
2. Setelah didapatkan capture kondisi hardware dari OMC, maka dapat terlihat penyebab turunnya nilai Availability pada site tersebut yaitu karena suhu pada DUW sangat tinggi yakni 73°C yang mengakibatkan DUW tersebut off. Sedangkan penyebab tingginya nilai RSSI pada site tersebut adalah karena interferensi dari operator X .
3. Solusi untuk suhu tinggi pada shelter Node B tersebut adalah selalu mengontrol suhu dalam Node B tersebut sehingga suhu tetap berada pada suhu normal yang dapat diterima oleh perangkat DUW. Sedangkan untuk interferensi dengan operator X diatasi dengan cara memasang filter yang memiliki band yang sempit pada setiap sel dalam site tersebut dan berkoordinasi dengan pihak operator X untuk membatasi power transmisinya.
4. Dari proses perbaikan tersebut nilai availability kembali menjadi normal (100%), sedangkan nilai RSSI juga sudah improve namun masih berada pada range -90 dBm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa solusi tersebut tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai RSSI.

Daftar Pustaka :

- [1] Tripathi, Nishith D. & Reed, Jeffrey H. 2014. *Cellular Communications : A Comprehensive and Practical Guide*. Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Dahlman, Erik dkk. 2007. *3G Evolution : HSPA and LTE for Mobile Broadband*. USA. Elseiver.Ltd.
- [3] Lee, William C.Y. 2006. *Wireless and Cellular Telecommunication*. United States of America. McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] Wardhana, Lingga. 2011. *2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant*. Jakarta Selatan. www.nulisbuku.com.
- [5] Junaedy, Teddy. 2008. *Analisis dan Optimasi jaringan CDMA 20001x berdasarkan parameter KPI OMC BSS Studi kasus operator Indosat starone Bandung*. TA IT Telkom
- [6] Mizar Nst, Iqbal. 2008. *Optimasi jaringan Radio 3G/UMTS di PT.Excelcomindo Pratama Tbk.Medan*. TA IT Telkom.
- [7] Candra Dewana, Andhika. *Analisis kualitas panggilan layanan suara (voice) sistem WCDMA saat terjadi dropcall berdasarkan data statistik dan drivetest*. TA Universitas Diponegoro.
- [8] Kurniawan Usman, Uke. 2008. *Teknologi Jaringan Nirkabel (Kapasitas dan pengertian Trafik pada Cellular)*. Modul Kuliah IT Telkom.
- [9] <http://www.telecomhall.com/what-is-rtwp.aspx>
- [10] <http://wenku.baidu.com/view/b4a9f5c10c22590102029dae.html>
- [11] Kreher, Ralf. 2006. *UMTS Performance Measurement : A Practical Guide to KPIs for the UTRAN*. => RTWP/RSSI
- [12] <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm#a6>
- [13] Naning Hertiana, Sofia. *Konsep Dasar Trafik*. Diktat Rekayasa Trafik STT Telkom.

