

ANALISIS *QUALITY OF SERVICE* (QOS) JARINGAN 4G DENGAN METODE *DRIVE TEST* PADA KONDISI *OUTDOOR* MENGGUNAKAN APLIKASI G-NETTRACK PRO

Menpo Vascodegama Panjaitan^{*)}, Sukiswo and Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: menpovasco@gmail.com

Abstrak

Drive test merupakan salah satu bagian pekerjaan dalam optimasi jaringan radio. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara *real* dilapangan. *Drive test* semakin mudah diterapkan dan dapat diterapkan didalam sebuah materi baru untuk dunia perkuliahan khususnya yang menekuni bidang telekomunikasi. Sejalan kemajuannya teknologi, *drive test* dapat diterapkan dengan lebih mudah yaitu menggunakan *software* G-NetTrack Pro. Pada penelitian ini, akan menggunakan tahapan yaitu dimulai dengan melakukan pengukuran kekuatan sinyal (RSRP) dan kualitas sinyal (RSRQ), pendeteksian *Cell Reselection* dan *Handover* berdasarkan rute lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan *software* G-NetTrack Pro. Hasil pengukuran kekuatan dan kualitas sinyal kemudian dicari letak *eNodeB* terbaik untuk dilakukan pengukuran kecepatan *download*, kecepatan *upload*, *latency* dan *jitter* menggunakan *software* nPerf Speedtest. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdeteksi 9 *eNodeB* dan 17 *Cell* dengan rata-rata RSRP sebesar -78,2 dBm pada lokasi Kampus, sedangkan pada lokasi Tembalang terdeteksi 15 *eNodeB* dan 32 *Cell* dengan rata-rata RSRP sebesar -77,27 dBm. Rata-rata pengukuran RSRP masih jauh dari hasil perhitungan yang diharapkan. Rata-rata *latency* pengukuran sebesar 48,04 ms, sedangkan rata-rata pengukuran *jitter* sebesar 46,64 ms. Rata-rata pengukuran kecepatan *download* adalah 39,22 Mbps, sementara rata-rata pengukuran kecepatan *upload* sebesar 29,89 Mbps.

Kata kunci : LTE, RSRP, RSRQ, cell reselection, handover, download, upload, latency, jitter

Abstract

Drive test is one part of the work in radio network optimization. *Drive test* aims to collect network information in real field. *Drive test* more easily applied and can be applied in a new material for the world of lectures, especially those who pursue the field of telecommunications. As technology advances, *drive test* can be implemented more easily using G-NetTrack Pro software. In this study, we will use the stages to start by measuring signal strength (RSRP) and signal quality (RSRQ), Cell Reselection and Handover detection based on predetermined location route using G-NetTrack Pro software. The measurement of signal strength and quality is then searched for the best *eNodeB* location to measure download speed, upload speed, latency and jitter using nPerf Speedtest software. The results showed that 9 *eNodeB* and 17 Cells were detected with an average RSRP of -78.2 dBm at Campus location, whereas at Tembalang location 15 *eNodeB* and 32 Cells were detected with an average RSRP of -77.27 dBm. The average RSRP measurement is still far from the expected result. The average measurement latency is 48.04 ms, while the average jitter measurement is 46.64 ms. The average download speed measurement is 39.22 Mbps, while the average upload speed measurement is 29.89 Mbps.

Keywords: LTE, RSRP, RSRQ, cell reselection, handover, download, upload, latency, jitter

1. Pendahuluan

Jaringan telekomunikasi nirkabel (*wireless*) saat ini sudah berkembang sangat pesat. Dimulai dari generasi pertama (1G), kemudian generasi kedua (2G), sampai yang sekarang sudah terealisasi di Indonesia yaitu generasi keempat (4G) yang disebut dengan LTE (*Long Term Evolution*). LTE merupakan teknologi yang

terstandarisasi oleh teknologi 3rd *Generation Partnership Project* (3GPP). LTE dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, biaya operasional yang lebih murah bagi operator, serta layanan mobile broadband dengan kualitas tinggi untuk pengguna. LTE sendiri dikembangkan dari teknologi *Global System for Mobile* (GSM) dan *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), dengan

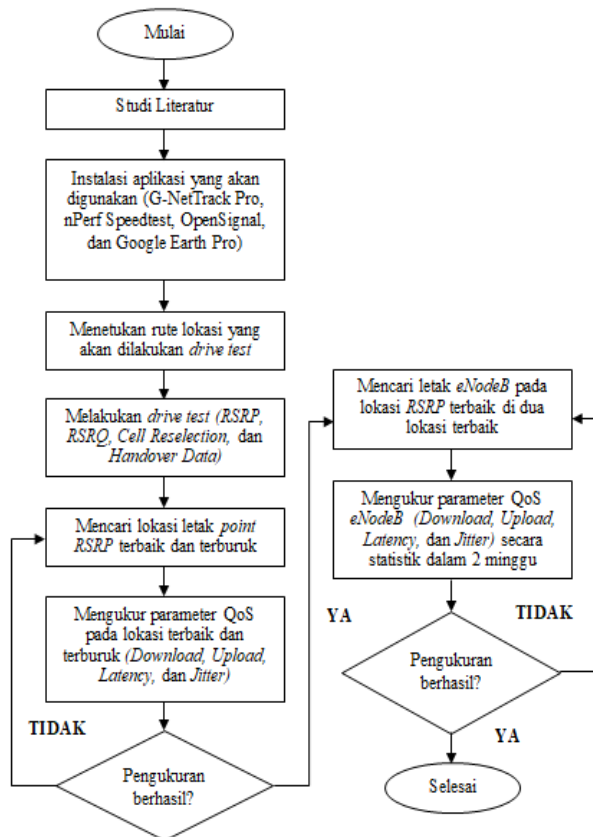
teknologi ini kecepatan *data rate* yang dikirimkan meningkat. Perkembangan teknologi generasi keempat (4G) ini diharapkan dapat dinikmati oleh semua kalangan masyarakat tidak hanya masyarakat perkotaan melainkan hingga ke pedesaan.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini akan melakukan analisis parameter jaringan 4G, yaitu: RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), *Cell Reselection* dan *Handover*, pada jaringan 4G dengan menggunakan metode *drive test* menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro, pengukuran kecepatan *download*, kecepatan *upload*, *latency*, dan *jitter* dengan menggunakan aplikasi nPerf dan pendeteksian *eNodeB* yang terhubung menggunakan aplikasi OpenSignal.

Dalam penelitian sebelumnya, telah dibahas mengenai penggunaan software G-Net Track Pro oleh Pande Putu Wahyu Pramanda [1]. Kemudian juga terdapat penelitian tentang jaringan 4G LTE oleh Fauzi Hidayat [2], Fadhli Fauzi, Gevin Sepria Harly, dan Hanrais HS [3], dan I Putu Dedy Krisna Pramulia [4]. Selain itu, terdapat penelitian mengenai metode *drive test* oleh Luluk Arifatul Chalida [5] dan Febrian Al-Kautsar [6].

2. Metode

2.1. Flowchart Drive Test



Gambar 1. Flowchart drive test.

Metode penelitian ini menjelaskan mengenai proses analisis *Quality of Service* (QoS) Jaringan 4G dengan metode *drive test* dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro, Google Earth, nPerf Speedtest, dan OpenSignal. Keseluruhan alur *drive test* penelitian ini dibuat berdasarkan *flowchart* seperti pada gambar 1.

2.2. Parameter Quality of Service Jaringan 4G

2.2.1. eNodeB

eNodeB adalah bagian radio akses dari LTE. Setiap *eNodeB* setidaknya terdapat sebuah radio pemancar, penerima, bagian *control*, dan *power supply*. Selain radio pemancar dan penerima, *eNodeB* juga mempunyai *resource management* dan fungsi pengontrolan yang pada mulanya terdapat pada *Base Station Controller* (BSC) atau *Radio Network Controller* (RNC). Maka dari itu *eNodeB* mempunyai kapabilitas untuk dapat berkomunikasi satu sama lain, yang pada akhirnya dapat mengeliminasi adanya *Mobile Switching Center* (MSC) dan BSC/RNC [4].

2.2.2. RSRP (Reference Signal Received Power)

Reference Signal Received Power (RSRP) didefinisikan sebagai rata-rata linier daya yang dibagikan pada *resource elements* yang membawa informasi *reference signal* dalam rentang frekuensi *bandwidth* yang digunakan. *Reference signal* dibawa oleh simbol tertentu pada satu *subcarrier* dalam *resource block*, maka pengukuran hanya dilakukan pada beberapa *resource element* yang membawa *cell-specific reference signal*. Sehingga UE tidak mengukur setiap *reference signal* pada semua *sub-carriers* [11].

2.2.3. RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ didefinisikan sebagai rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI (*Received Signal Strength Indication*). Satuan RSRQ adalah dB dan nilainya selalu negatif (karena nilai RSSI selalu lebih besar dibandingkan dengan $N \times \text{RSRP}$) RSRQ membantu sistem dalam proses *handover* di mana RSRQ dapat meranking performansi kandidat sel dalam proses *cell selection-reselection* dan *handover* berdasarkan kualitas sinyal yang diterima [2].

2.2.4. Cell Reselection dan Handover Data

eNodeB/BS (*Base Station*) memiliki daerah jangkauan yang terbatas, sehingga diperlukan suatu algoritma yang mampu menjaga kelangsungan komunikasi ketika pengguna bergerak dari daerah jangkauan BS satu ke BS lain. Algoritma serah-terima ini disebut *handover* untuk dedicated mode dan *cell reselection* untuk *idle mode*. Algoritma ini dijadikan tolak ukur kualitas dari layanan suatu operator telekomunikasi selular [5].

Ketika MS bergerak dalam kondisi *idle mode*, kemungkinan terdapat sel lain lebih tepat untuk melayani MS. Oleh karena itu, *cell reselection* dapat dilakukan,

dengan syarat MS berada di sebuah sel yang disebut *-serving cell*. Perpindahan ini terjadi jika kriteria rugi-rugi redaman lintasan (C1) bernilai negatif (C1 < 0) atau terdeteksi nilai kriteria *cell reselection* (C2) sel lain yang lebih bagus selama 5 detik [7].

Handover [7] adalah proses pengalihan kanal *traffic* secara otomatis pada MS yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan. *Handover* terjadi jika MS menjauhi *-serving cell* (*dedicated mode*), sehingga daya terima dan kualitas terima makin buruk.

2.2.5. Downlink dan Uplink

1. Downlink

Downlink (DL atau D/L) adalah bagian dari *link feeder* yang digunakan untuk transmisi sinyal dari stasiun radio luar angkasa, sistem radio luar angkasa atau stasiun *platform* ketinggian ke stasiun bumi. Dalam konteks komunikasi satelit, *downlink* (DL) adalah penghubung dari satelit ke stasiun darat. Berkaitan dengan jaringan seluler, *radio downlink* adalah jalur transmisi dari situs seluler ke ponsel. Aliran lalu lintas dan sinyal dalam *base station subsystem* (BSS) dan *network switching subsystem* (NSS) juga dapat diidentifikasi sebagai *uplink* dan *downlink*. Berkaitan dengan jaringan komputer, *downlink* adalah koneksi dari peralatan komunikasi data ke peralatan terminal data. Ini juga dikenal sebagai koneksi hilir. Tingkat data *up to* 1 Gbps [8].

2. Uplink

Uplink (UL atau U/L) adalah bagian dari *link feeder* yang digunakan untuk transmisi sinyal dari stasiun bumi ke stasiun radio luar angkasa, sistem radio luar angkasa atau stasiun *platform* ketinggian. Berkaitan dengan jaringan komputer, sebuah *uplink* adalah koneksi dari peralatan komunikasi data menuju inti jaringan. Ini juga dikenal sebagai koneksi hulu. Tingkat data *up to* 500 Mbps [8].

2.2.6. Latency dan Jitter

Latency [12] merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Latency* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Pada tabel 1 diperlihatkan kategori *latency* dengan standarisasi ITU-T [9].

Tabel 1. Kategori Latency

Kategori	Besar Latency (ms)
Sangat Bagus	< 150
Bagus	150 s/d 300
Sedang	300 s/d 450
Jelek	> 450

Jitter [12] diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhir perjalanan *jitter*. *Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada

transmisi data dalam jaringan. Pada tabel 2 diperlihatkan kategori *jitter* dengan standarisasi ITU-T [9].

Tabel 2. Kategori Jitter

Kategori	Besar Jitter (ms)
Bagus	0 s/d 20
Cukup	20 s/d 50
Buruk	> 50

2.3. Link Budget dan Path Loss

Link Budget [10] adalah suatu perhitungan yang digunakan dalam perencanaan jaringan. Parameter yang harus diperhitungkan seperti kekuatan sinyal yang diterima *User Equipment* (UE), *loss* dari peralatan, *path loss*, *gain antena*, dan daya keluaran *eNodeB*.

Path Loss adalah *loss* yang terjadi ketika data/sinyal melewati media udara dari antenna ke penerima dalam jarak tertentu. *Path loss* dapat timbul disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berbeda, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antena pemancar dengan penerima, lokasi dan tinggi antena. Perhitungan *path loss* dengan menggunakan rumus Okumura-Hata model untuk *urban area* dapat dituliskan [14]:

$$L_{Hata}[dB] = 69,55 + 26,16 \log(f) - 13,82 \log(hb) + [44,9 - 6,55 \log(hb)] \log(d) - A(hm) \quad (1)$$

$$A(hm)[dB] = 3,2 \times [\log(f \times hm)]^2 - 4,97 \quad (2)$$

Dengan:

- Lhata : *Path loss* (dB)
- f : frekuensi (MHz)
- hb : tinggi antena *eNodeB* (m)
- d : jarak (km)
- A (hm) : factor koreksi *antenna mobile*
- hm : tinggi *mobile* (m)

Persamaan mencari kuat sinyal dapat dituliskan [14]:

$$RSRP[dBm] = EIRP - wall\ loss - body\ loss - path\ loss - \sum(handover + fading\ margin) \quad (3)$$

2.4. Effective Isotropic Radiated Power

Rumus EIRP dapat dituliskan:

$$EIRP(dBm) = Tx\ Power\ (dBm) + Gain\ antenna\ (dBi) - cable\ loss\ (dB) \quad (4)$$

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) [14] atau *Equivalent Isotropic Radiated Power* adalah nilai daya yang dipancarkan antena directional untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antena.

2.5. Standar Deviasi (Simpangan Baku)

Simpangan baku didefinisikan sebagai rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut. Simpangan baku didefinisikan sebagai akar kuadrat varians. Simpangan baku merupakan bilangan tak-negatif, dan memiliki satuan yang sama dengan data. Rumus simpangan baku dapat dilihat seperti dibawah [13].

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (5)$$

$$s = \sqrt{s^2} \quad (6)$$

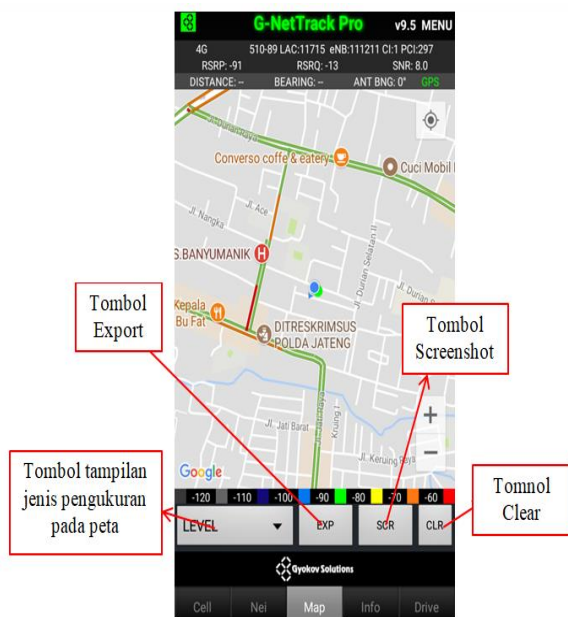
s: standar deviasi, s^2 : varians, x_i : data ke i, \bar{x} : rata-rata data, n: jumlah data

2.6. Drive Test

Drive test merupakan salah satu bagian pekerjaan dalam optimasi jaringan radio. Drive test bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara real dilapangan. Informasi yang dikumpulkan merupakan kondisi aktual Radio Frequency (RF) disuatu eNodeB [4].

2.6.1. G-NetTrack Pro

G-NetTrack Pro adalah aplikasi untuk memonitor jaringan dan drive test pada perangkat yang beroperasi OS Android. Aplikasi ini memonitor servis dari CELLID, LEVEL, QUAL, MCC, MNC, LAC, waktu sel servis, cell yang berdekatan dan levelnya [11].



Gambar 2. Tampilan G-NetTrack Pro

3. Analisis Hasil Drive Test

3.1. eNodeB

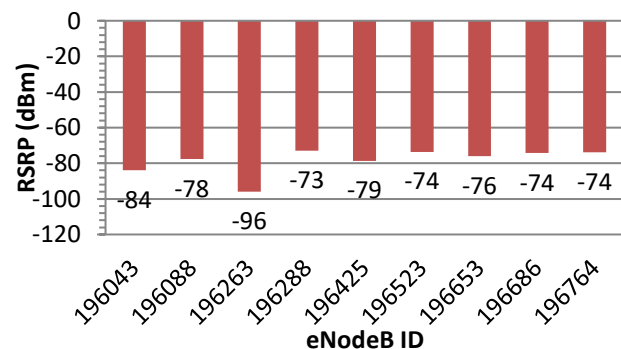
Lokasi Kampus Universitas Diponegoro dilaksanakan drive test saat siang hari dan terdeteksi 9 eNodeB. Hasil drive test rata-rata sesuai dengan jumlah eNodeB dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata performansi sesuai eNodeB

eNodeB ID	Jumlah Titik	Level (dBm)	Qual (dB)
196043	9	-84.00	-9.56
196088	324	-77.70	-8.12
196263	1	-96.00	-16.00
196288	92	-72.95	-7.93
196425	113	-78.65	-10.10
196523	39	-73.62	-8.09
196653	59	-76.05	-10.32
196686	32	-74.25	-9.97
196764	94	-73.90	-9.74

3.2. Analisis RSRP (Reference Signal Received Power)

Pada gambar 3 dapat dilihat grafik terdapat satu eNodeB yang berbeda cukup jauh dengan eNodeB yang lainnya yaitu eNodeB 196263. Pada eNodeB tersebut memang terdeteksi hanya memiliki satu point saja yang berarti bahwa lingkup jangkauan eNodeB tersebut kecil sehingga saat dilakukan drive test hanya menangkap satu titik saja. Level atau Power yang dimiliki eNodeB 196263 lebih rendah dari eNodeB yang lainnya dan terbukti dengan point yang terdeteksi saat drive test.



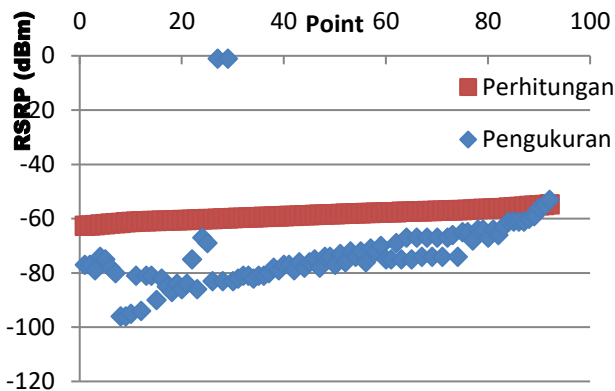
Gambar 3. Grafik rata-rata nilai RSRP antar eNodeB.

Nilai RSRP terbesar terdapat pada eNodeB 196288 dengan besar -72,9 dBm. Pada eNodeB tersebut juga terdapat jumlah point yang relatif banyak yaitu 92 titik. Sesuai hubungan dengan Qual yang berbanding lurus, eNodeB 196288 juga memiliki RSRQ yang terbaik yaitu -7,9 dB. Nilai yang menjadi pengaruh terhadap besar kecilnya nilai RSRP dapat dipengaruhi oleh kondisi

lapangan yang memiliki banyak bangunan atau banyak pepohonan, dan kecepatan dari MS (*mobile station*) saat melakukan *drive test*.

3.3. Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Reference Signal Received Power

Pada lokasi Undip RSRP terbaik berada pada *eNodeB* 196288. Semua *point* yang terhubung dengan *eNodeB* tersebut diukur jaraknya untuk dilakukan perhitungan. Terdapat total 92 *point* yang terhubung dengan *eNodeB* 196288. Sesuai dengan standarisasi PT.Telkomsel [14], maka didapat Tx power = 41 dBm, Body Loss = 0 dB, frekuensi = 1800 Mhz, fading margin = 10 dB, tinggi antenna *eNodeB* = 30 m, antenna gain = 18 dBi, wall loss = 18 dB, cable loss = 3 dB, dan tinggi UE (*User Equipment*) = 1,5 m.



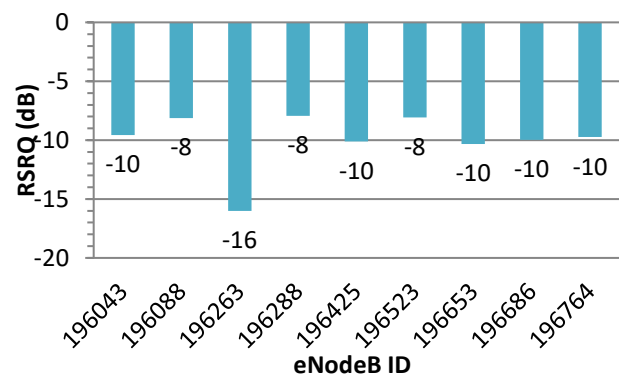
Gambar 4. Grafik perbandingan pengukuran dan perhitungan RSRP

Hasil perthitungan didapat dengan memasukkan jarak masing-masing *point* RSRP yang terdeteksi, maka didapatkan grafik perbandingan pengukuran dengan perhitungan seperti pada gambar 4.

Pada grafik perbandingan lokasi Undip dapat dilihat nilai pengukuran RSRP termasuk dalam kategori nilai yang buruk karena tidak sesuai dan jauh dari nilai yang diharapkan dari perhitungan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti besarnya rugi-rugi yang terdapat pada kondisi lapangan yang pada perhitungan diasumsikan *line of sight* sehingga mengurangi kekuatan sinyal dari antenna *eNodeB* pada proses penyaluran sinyal, jarak dari *eNodeB* ke lokasi pengukuran, adanya gedung-gedung tinggi disekitar lokasi pengukuran, adanya pohon-pohon tinggi yang berada disekitar pengukuran, dan kondisi *coverage area* yang kurang baik. Namun jika diamati grafik secara umum, grafik pengukuran mengalami kenaikan sama seperti grafik perhitungan yang ideal. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh jarak berperan dalam kualitas sinyal, semakin jauh jarak maka kualitasnya semakin lemah.

3.4. Analisis RSRQ (Reference Signal Received Quality)

Pada gambar 5 dapat dilihat grafik perbandingan RSRQ antar *eNodeB*. Terlihat pada grafik bahwa rata-rata tiap *eNodeB* memiliki RSRQ diatas ≥ -10 dB. Terdapat satu *eNodeB* terburuk yang memiliki RSRQ bernilai -16 dB yaitu *eNodeB* 196263. Pada *eNodeB* tersebut memang terdeteksi hanya memiliki satu *point* saja yang berarti bahwa lingkup jangkauan *eNodeB* tersebut kecil sehingga saat dilakukan *drive test* hanya menangkap satu titik saja. Level atau Power yang dimiliki *eNodeB* 196263 lebih rendah dari *eNodeB* yang lainnya dan terbukti dengan *point* yang terdeteksi saat *drive test*.



Gambar 5. Grafik rata-rata nilai RSRQ antar *eNodeB*.

Nilai RSRQ terbaik terdapat pada *eNodeB* 196288 dengan besar -7,9 dB. Pada *eNodeB* tersebut juga terdapat jumlah *point* yang relatif banyak yaitu 92 titik. Sesuai hubungan dengan Power yang berbanding lurus, *eNodeB* 196288 juga memiliki RSRQ yang terbaik yaitu -72,9 dBm. Nilai yang menjadi pengaruh terhadap besar kecilnya nilai RSRQ dapat dipengaruhi oleh kondisi lapangan yang memiliki banyak bangunan atau banyak pepohonan dan kecepatan dari MS (*mobile station*) saat melakukan *drive test*.

3.5. Analisis Cell Reselection dan Handover



Gambar 6. Drive test Cell Reselection dan Handover di lokasi kampus Undip.

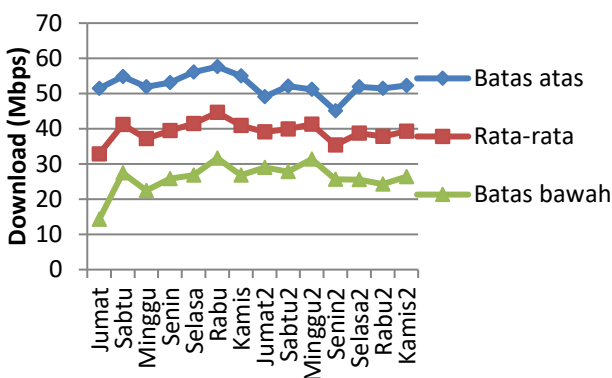
Pada gambar 6 dapat diamati *map Cell Reselection* dan *Handover*, terlihat tempat terjadi proses *Cell Reselection* total sebanyak 66 kali yang diberi tanda [ikon] dan proses *Handover* total sebanyak 18 kali yang diberi tanda simbol [ikon]. Dapat dilihat dengan teliti bahwa jarak *handover* memiliki jarak yang berjauhan satu sama lain dan relatif konstan. Hal ini menandakan bahwa kondisi *handover* terjadi pada saat *dedicated mode* yaitu kondisi saat MS (*mobile station*) bergerak menjauhi *-serving cell* atau sel terdeteksi sehingga memerlukan pemindahan sel terhadap lokasi MS bergerak.

Pada kondisi *idle mode* atau diam terjadi pemindahan sel terhadap MS ini disebut *Cell Reselection*. Kondisi ini terjadi saat MS berada pada *-serving cell* namun MS mendeteksi adanya sel lainnya yang memiliki kualitas lebih baik dan lebih tepat untuk melayani MS sehingga terjadinya proses *cell reselection*. Proses *Cell Reselection* terjadi pada jarak yang berdekatan bahkan saling berhimpitan. Hal ini terjadi karena proses *cell reselection* terjadi pada kondisi *idle* dan terjadi pada wilayah *-serving cell*.

3.6. Analisis Quality of Service

3.6.1. Analisis Kecepatan Download

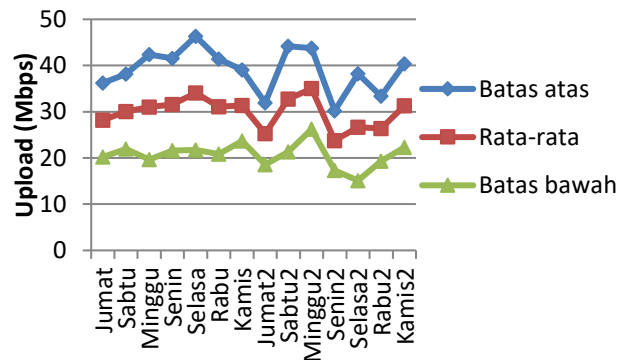
Pada gambar 7 dapat dilihat grafik perbandingan rata-rata dengan simpangan baku (standar deviasi) hasil pengukuran kecepatan *download* dalam 2 minggu. Pada grafik terlihat seluruh rata-rata kecepatan *download* stabil berada antara 30-50 Mbps, namun setelah dibandingkan dengan standar deviasi masing-masing, terlihat kualitas terburuk berada saat hari jumat pertama, selain memiliki rata-rata yang paling rendah juga memiliki rentang standar deviasi yang lebih besar.



Gambar 7. Grafik perbandingan rata-rata kecepatan *download* dengan rentang standar deviasi dalam 2 minggu.

Hal ini membuktikan pada hari jumat pertama memiliki hasil pengukuran dengan variasi yang tinggi sehingga memiliki standar deviasi yang paling besar.

3.6.2. Analisis Kecepatan Upload

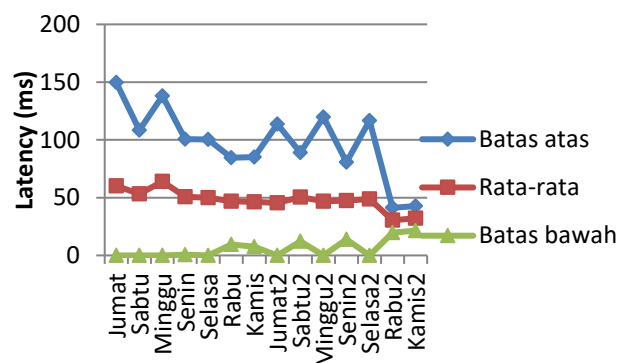


Gambar 8. Grafik perbandingan rata-rata kecepatan *upload* dengan rentang standar deviasi dalam 2 minggu.

Pada gambar 8 dapat dilihat grafik penurunan drastis rata-rata kecepatan *upload* pada hari kamis pertama ke hari jumat kedua dan pada hari minggu kedua ke hari senin kedua. Jika dilihat dari rentang standar deviasi masing-masing memiliki rentang yang kecil dan memiliki variasi data yang rendah atau relatif stabil, sehingga pada hari tersebut memang memiliki penurunan kecepatan *upload* yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan juga kepadatan trafik yang naik sehingga kecepatan *upload* semakin rendah.

Pada hari jumat kedua ke hari sabtu kedua mengalami kenaikan drastis rata-rata kecepatan *upload*. Pada kasus tersebut juga memiliki standar deviasi yang besar. Hal ini membuktikan bahwa pada hari jumat kedua ke hari sabtu kedua memiliki sebaran nilai data yang bervariasi besar atau memiliki kualitas *upload* yang tidak stabil.

3.6.3. Analisis Latency



Gambar 9. Grafik perbandingan rata-rata *latency* dengan rentang standar deviasi dalam 2 minggu.

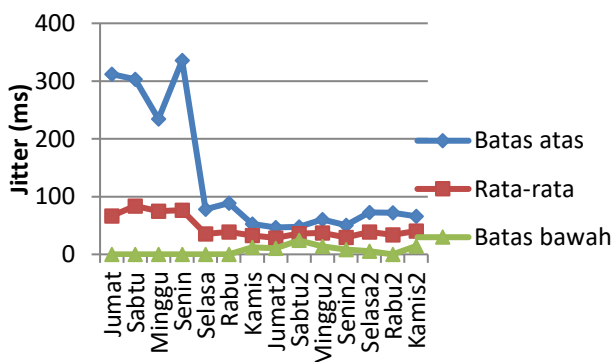
Pada gambar 9 dapat grafik hari pertama hingga hari duabelas memiliki rentang standar deviasi yang sangat besar, namun seluruh hari tersebut memiliki persentase data didalam *range* standar deviasi diatas 90 %. Hari ketigabelas dan keempatbelas memiliki rentang standar deviasi yang lebih dekat terhadap rata-rata, namun kedua

hari tersebut hanya memiliki persentase data didalam *range* standar deviasi diatas 60 %. Hal ini menyimpulkan bahwa pada hari pertama hingga keduabelas hanya memiliki beberapa data *latency* mencapai nilai ratusan yang disebabkan saat pengukuran aplikasi nPerf Speedtest secara otomatis menghubungkan terhadap server yang berada diluar Indonesia sehingga menghasilkan *latency* yang besar.

Pada dua hari terakhir memiliki persentase yang rendah, namun tidak memiliki satu data pun yang mencapai nilai ratusan dan tidak ada yang terhubung ke server luar Indonesia. Hasil pengukuran *latency* pada dua hari terakhir memiliki variasi yang menyebar dekat didalam dan luar *range* standar deviasi.

3.6.4. Analisis Jitter

Keseluruhan data pengukuran yang dihasilkan terdapat beberapa *jitter* yang termasuk hingga kategori jelek. Besar *jitter* yang berada pada kategori jelek tersebut terjadi karena server yang terhubung ke luar Indonesia sehingga memerlukan variasi *delay* atau *jitter* yang banyak dan memerlukan waktu lama, namun semua rata-rata besar *jitter* pada keempat belas hari berada pada kategori yang bagus.



Gambar 10. Grafik perbandingan rata-rata *jitter* dengan rentang standar deviasi dalam 2 minggu.

Pada gambar 10 dapat dilihat grafik perbandingan rata-rata dengan simpangan baku (standar deviasi) hasil pengukuran besar *jitter* dalam 2 minggu. Pada grafik terlihat hari pertama hingga hari keempat memiliki rentang standar deviasi yang sangat besar, namun seluruh hari tersebut memiliki persentase data didalam *range* standar deviasi diatas 90 %. Hari kelima hingga hari keempatbelas memiliki rentang standar deviasi yang lebih dekat terhadap rata-rata, namun sepuluh hari tersebut memiliki persentase data didalam *range* standar deviasi yang berbeda-beda dari 60-100%. Hal ini menyimpulkan bahwa pada hari pertama hingga keempat hanya memiliki beberapa data *jitter* mencapai nilai ratusan yang disebabkan saat pengukuran aplikasi nPerf Speedtest secara otomatis menghubungkan terhadap server yang berada diluar Indonesia sehingga menghasilkan *jitter* yang besar.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari analisis QoS jaringan 4G dalam penelitian ini rata-rata nilai *Latency* pada semua hari berada pada kondisi yang sangat bagus yaitu 48,04 ms, sedangkan besar rata-rata nilai *jitter* pada semua hari berada pada kondisi yang normal yaitu 46,64 ms. Rata-rata kecepatan *download* adalah 39,22 Mbps, namun setelah dibandingkan dengan standar deviasi masing-masing, terlihat kualitas terburuk berada saat hari jumat minggu pertama, selain memiliki rata-rata yang paling rendah juga memiliki rentang standar deviasi yang lebih besar. Hal ini membuktikan pada hari jumat pertama memiliki hasil pengukuran dengan variasi yang tinggi. Rata-rata kecepatan *upload* adalah 29,89 Mbps. Kecepatan *upload* mengalami turun drastis pada hari kamis pertama ke hari jumat kedua dan pada hari minggu kedua ke hari senin kedua. Hal ini dapat disebabkan kepadatan trafik yang tinggi karena standar deviasi masing-masing memiliki rentang yang kecil sehingga memiliki variasi data yang rendah. Pada grafik perbandingan pengukuran dengan perhitungan RSRP sangat jauh. Rata-rata pengukuran RSRP sebesar -73,78 dBm sedangkan rata-rata perhitungan RSRP sebesar -56,39 dBm. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti besarnya rugi-rugi yang terdapat pada kondisi lapangan yang pada perhitungan diasumsikan *line of sight* sehingga mengurangi kekuatan sinyal dari antenna *eNodeB* pada proses penyaluran sinyal, jarak dari *eNodeB* ke lokasi pengukuran, adanya gedung-gedung tinggi disekitar lokasi pengukuran, adanya pohon-pohon tinggi yang berada disekitar pengukuran, dan kondisi *coverage area* yang kurang baik.. Beberapa saran yang bisa menjadi masukan untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan analisis terhadap QoS lainnya seperti *throughput*, *fairness* jaringan, *bandwidth*, *goodput* dan lainnya.

Referensi

- [1]. P. P. W. Pramanda, P. K. Sudiarta, and N. I. Er, "Analisis Jaringan UMTS Pada Menara Rooftop Dengan Menggunakan Software Tems Investigation Dan G-Nettrack Pro," vol. 3, no. 1, 2016.
- [2]. F. Hidayat, L. Meylani, F. Teknik, and U. Telkom, "Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan Long Term Evolution (LTE) Di Daerah Bandung," vol. 3, no. 2, 2016.
- [3]. F. Fauzi, G. S. Harly, and H. Hs, "Analisis Penerapan Teknologi Jaringan LTE 4G di Indonesia," vol. 10, no. 2, pp. 281–290, 2013.
- [4]. I. P. D. K. Pramulia, P. K. Sudiarta, and G. Sukadarmika, "Analisis Pengaruh Jarak Antara User Equipment Dengan eNodeB Terhadap Nilai RSRP (Reference Signal Received Power) Pada Teknologi LTE 900 MHz," vol. 2, no. 3, 2015.
- [5]. L. A. Chalida, I. Santoso, and Y. Christyono, "Analisis Perpindahan Kanal Komunikasi dalam Satu BSC pada Sistem GSM Berdasarkan Data Drive Test Menggunakan TEMS Investigation 4.1.1," vol. 11, no. 4, 2009.

- [6]. F. Al-Kautsar, "Optimasi Pelayanan Jaringan Berdasarkan Drive Test," Universitas Indonesia, 2009.
- [7]. J. Eberspächer, H. J. Vögel, C. Bettstetter, and C. Hartmann, *GSM - Architecture, Protocols and Services: Third Edition*. 2008.
- [8]. A. ElNashar, M. A. El-saidny, and M. R. Sherif, *Design, Deployment and Performance of 4G LTE Networks*. 2014.
- [9]. I. Melyana and T. Indriyani, "Analisa Quality Of Service Dan Implementasi Voice Over Internet Protocol Dengan Menggunakan IPSEC VPN," vol. 1, no. 2, 2016.
- [10]. A. R. Mishra, *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G... Evolution to 4G*. 2007.
- [11]. G. Solutions, *G-NetTrack Pro Manual*. 2014.
- [12]. R. Wulandari, "Analisis QoS (Quality of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon - LIPI)," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [13]. R. H. Myers and S. L. Myers, *Probability & Statistics for Engineers Scientists*, vol. 6. 2007.
- [14]. I. Surjati, Y. K. Ningsih, and H. Septiana, "Analisis Perhitungan Link Budget Indoor Enetration Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) Dan High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) Pada Area Pondok Indah," *JETri*, vol. 7, no. 2, 2008.