

ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN *OUTDOOR* 4G LTE DI KAMPUS UMY ANTARA *PROVIDER* INDOSAT DAN *THREE*

Ferry Fauzan

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

e-mail: fauzanferry123@gmail.com

Abstract

This research discusses about 4G LTE network performance analysis is useful for user mobility support in daily activities. The analysis is performed in two different places in the Muhammadiyah University of Yogyakarta at star field and rock garden D building UMY use G-net Pro Track and Cell Tower Locator application between two provider Indosat and Three. The method used is comparing between the results of measurements and calculations on drivetest locations data retrieval. The parameters of this research include RSRP (Reference signal received power), RSRQ (Reference signal received quality) dan RSSI (Receive Signal Strength Indicator).

The study obtained data on average yield RSRP and RSRQ on two providers and two places we make research has a low value according to KPI standard and values with quality levels good-middle in several point. The average value of the RSRP measurements in the star field and rock stone garden building D UMY i.e. -96,55 dB and -99,8 dB (Indosat) ; -91,55 dB and -90,4 dB (Three) while the value of RSRQ in both places i.e -10,4 dBm and -12,6 dBm (Indosat); -11,7 dBm and -13 dBm (Three). The factors that cause the low value of the measurement results is the distance between the BASE STATIONS and user, objects that obstruct the signal such as buildings and trees and others. As a suggestion to do repairs signal quality on both sides from the provider at UMY in layout or building that is in its own internal. Although in practice the results obtained the majority of low value but in practice the use of the service provider in two places in terms of chat and streaming video have no problem.

Keywords: RSRP, RSRQ, 4G LTE, Indosat, Three.

I. PENDAHULUAN

Pada jaman sekarang seiring berkembangnya teknologi menjadi sebuah keniscayaan bahwa pertukaran informasi yang mudah, murah dan cepat menjadi prioritas. Terkadang menjadi tuntutan wajib bagi sebagian orang untuk mobilitas pekerjaan, pribadi maupun alasan lainnya. Hampir mayoritas penduduk dunia pada umumnya dan Indonesia pada khususnya memiliki alat telekomunikasi modern baik itu berupa handphone maupun komputer. Dengan tuntutan jaman modern, maka para pakar dunia khususnya di bidang IT berupaya berpikir keras untuk memenuhi tuntutan-tuntutan ini dan menjadikannya menjadi sebuah terobosan universal yang bisa dinikmati dan digunakan pada setiap orang di dunia tanpa terkecuali baik dari lintas agama, negara maupun ras. Seperti halnya salah satu hikmah diciptakan manusia sebagai khalifah dan pengelola dimuka bumi "Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi." (Q.S 1; 30)

Jaringan telekomunikasi seluler saat ini telah mencapai generasi keempat, yang biasa kita sebut dengan 4G LTE (Fourth Generation Technology Long Term Evolution). Dengan jaringan LTE kecepatan transfer data yang diperoleh bisa mencapai 1Gbps (Giga byte per second) ketika berada pada kondisi diam di dalam sebuah ruangan atau tempat

terbuka dan mencapai 100Mbps ketika berada pada kondisi tidak diam atau berjalan.(Suko,2017)

Dalam perkembangannya hingga sekarang sekitar 50 tahun internet telah sangat banyak membantu perkembangan diberbagai bidang seperti hanya bidang telekomunikasi, teknologi, ekonomi bahkan politik dilintas daerah maupun dunia. Akan tetapi dalam pengimplementasiannya internet belum digunakan secara universal dan bahkan cenderung ada perlakuan diskriminatif antar golongan untuk menikmati fasilitas ini. Hal tersebut bisa terjadi disebabkan oleh beberapa faktor seperti halnya faktor ekonomi dari suatu daerah, topografi, kualitas SDM atau bahkan karena faktor adanya kepentingan politik yang menyebabkan beberapa daerah rawan konflik peperangan seperti halnya Suriah sampai Palestina. Pada kenyataannya fasilitas internet belum merata pada penduduk dunia pada umumnya dan Indonesia secara khusus.

Tapi adalah sebuah hal yang wajar apabila sebuah terobosan teknologi memiliki berbagai kekurangan dan kelebihan baik dari segi spesifikasinya ataupun dalam pengimplementasiannya, dan bukan menjadikan alasan penilaian baik buruknya sebuah teknologi hanya dikarenakan belum meratanya orang-orang menikmati fasilitas ini. Bahkan hal ini menjadi pekerjaan rumah tersendiri bagi para ahli

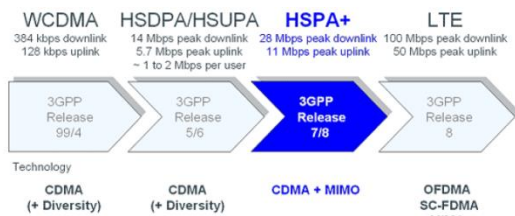
dibidang teknologi untuk menyempurnakan apa yang sebelumnya kurang. Seperti halnya pada teknologi selular yaitu 4G LTE yang menjadi alternatif teknologi yang mampu memberikan pelayan internet secara luas dengan kualitas yang baik.

Khususnya di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang menuntut performa dan kualitas yang baik untuk akses internet untuk keperluan pendidikan. Adanya tuntutan dukungan akses internet yang tinggi dalam aktivitas pendidikan baik itu dalam kegiatan formal dalam kelas tapi juga aktivitas diluar kelas yang dilakukan elemen-elemen masyarakat yang ada di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini menganalisa data hasil pengukuran / drive test teknologi jaringan selular 4G LTE pada 2 provider yaitu Indosat dan Three di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Kedua provider ini dipilih karena sangat terkenal dan banyak digunakan civitas akademika UMY. Selain itu penelitian lain telah membahas provider yang berbeda yaitu provider Telkomsel (Aziz,2018). Bahkan dalam riset yang dilakukan aplikasi nPerf yang berjudul artikel ini telah tayang di Kompas.com dengan judul "Adu Internet 6 Operator Telekomunikasi di Indonesia, Siapa Juaranya?" menyebutkan bahwa kedua provider menempati urutan bawah dalam kategori kecepatan internet dan koneksi jaringan 4G LTE.

II. TEORI PENUNJANG

2.1 Pengertian 4G LTE

Long Term Evolution (LTE) adalah generasi teknologi telekomunikasi selular. Menurut standar, LTE memberikan kecepatan uplink sampai 50 Mbps dan kecepatan downlink sampai 100 Mbps. Tidak diragukan lagi, LTE membawa banyak manfaat dan perubahan jaringan selular. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP (third generation partnership project) terlihat seperti gambar :



Gambar 2.1 Standar 3GPP

2.2 Teknik Multiplexing 4G LTE

Akses LTE berbeda dengan yang WCDMA. Dalam LTE, akses downlink didasarkan pada Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) dan akses uplink didasarkan pada Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA). Prinsip Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDMA), dimana masing-masing frekuensi

sub-carrier ini memiliki perbedaan dalam domain frekuensi, kemudian sub-carrier yang berdekatan memiliki nilai nol saat itulah dilakukan sampling dari sub-carrier yang diinginkan.

Multiple Access Single carrier (SC) mengartikan bahwa informasi dimodulasi hanya untuk satu carrier, menyesuaikan fase atau amplitudo pembawa atau keduanya. Frekuensi juga bisa disesuaikan, tetapi dalam LTE ini tidak terpengaruh. Semakin tinggi kecepatan data, semakin tinggi tingkat symbol dalam sistem digital dan dengan demikian bandwidth juga lebih tinggi.

2.3 Antena MIMO

Sistem multiple-input multiple-output (MIMO) adalah sistem yang menggunakan multi antena baik pada transmitter maupun receiver untuk mengatasi kelemahan pada sistem komunikasi wireless konvensional diantaranya adalah large scale fading, small scale fading termasuk dildalamnya multipath fading serta interferensi dari sinyal lain.

2.4 Standar KPI

Pengukuran performa pada 4G LTE memiliki aspek penilaian Key Performanced Indicator (KPI) yaitu indikator kinerja jaringan yang sudah ditargetkan mengenai traffic growth, accessibility dan mobility.

Tabel 2.1 Standard KPI *Gnet Track Pro* sesuai warna (RSRP)

Warna	RSRP (dBm)
Merah (Sangat Baik)	< -60 dBm
Orange	-60 dBm s/d -70 dBm
Kuning	-70 dBm s/d -80 dBm
Hijau (Normal)	-80 dBm s/d -90 dBm
Biru	-90 dBm s/d -100 dBm
Biru Tua	-101 dBm s/d -110 dBm
Abu-abu	-111 dBm s/d -120 dBm
Hitam (Rendah)	>-120 dBm

Signal Strength Indication). Dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$RSRQ = 10 \log (NRb) + RSRP - RSSI \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan: NRb= Jumlah Resource Block
RSR=Reference Signal Received Power
RSSI= Receive Signal Strength Indicator

Tabel 2.2 Standard KPI *Gnet Track Pro* sesuai warna (RSRQ)

Warna	RSRQ (dB)
Biru Tua (Sangat Baik)	>5 Db
Biru	5 dB s/d 2 Db
Biru Muda	2 dB s/d -1 Db
Hijau	-1 dB s/d -7 dB
Kuning	-7 dB s/d -10 dB
Orange (Normal)	-10 dB s/d -14 dB
Merah	-14 dB s/d -20 dB
Hitam (Sangat Buruk)	>-20 dB

2.6 Parameter Drive Test Performansi 4G LTE

Secara umum drive test teknologi 4G LTE dapat dilakukan dari aspek mana saja dimuali dari uplink, downlink, teknologi antena yang dipakai , teknik multiplexing yang digunakan dan masih banyaka lagi. Akan tetapi dalam perjalanan penelitian dan pengembangan dari teknologi ini para peneliti lebih banyak meneliti tentang RSRP dan RSRQ yang dimana menyangkut atau membahas tentang signal yang diterima oleh receiver daripada transmitter.

a.RSRP (Reference Signal Received Power)

Suatu Tipe Pengukuran Sinyal LTE yang mana sebagai indicator Power rata-rata pada suatu resource element yang membawa reference signal dalam subcarrier dinamakan RSRP. Dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$RSRP = RSSI - 10 \log (12 N) \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan: RSSI= Indikator kekuatan sinyal (dBm).
N= Jumlah RB (Resource Blok)

b.RSRQ (Reference Signal Received Quality)

Suatu tipe pengukuran sinyal LTE yang mana sebagai parameter yang mana untuk menentukan kualitas dari sinyal yang diterima dinamakan RSRQ. Selain itu RSRQ sebagai rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI (Received

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan pada penelitian ini adalah langkah pertama dimana peneliti melakukan studi dan pengamatan tentang analisis performansi 4G LTE antara provider Indosat dan *Three* di lapangan bintang dan taman batu gedung D UMY.

3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah dilakukan proses studi pendahuluan, penulis menentukan masalah yang ada pada Lapangan bintang dan taman batu gedung D UMY untuk diidentifikasi. Dalam penelitian ini, permasalahan yang diangkat menjadi pokok bahasan adalah analisis performansi 4G LTE antara provider Indosat dan *Three* di lapangan bintang dan taman batu gedung D UMY.

3.3 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah tahap pengumpulan refrensi yang berhubungan dengan pembahasan pada penelitian ini. Informasi yang dibutuhkan adalah berhubungan dengan teori performansi 4G LTE, RSSI, RSRP dan RSRQ

3.4 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengambilan data secara langsung di lapangan bintang dan gedung D UMY. Pengambilan data ini bertujuan untuk memperoleh data-data yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir yang akan menganalisis performa 4G LTE di area ini. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Nilai pengukuran RSRP.
- Nilai pengukuran RSRQ.
- Jarak BTS dengan *user provider* Indosat dan *Three*.

3.5 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data-data yang perlukan, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai RSRP dan RSRQ.

3.6 Analisis Data

Berdasarkan dari hasil perhitungan RSRP dan RSRQ, maka akan dilakukan perbandingan dengan standar KPI *Gnet Track pro* yang digunakan untuk mengetahui nilai performansi 4G LTE *provider* Indosat dan *Three*.

3.7 Penulisan Tugas Akhir

Setelah melakukan analisis data, maka langkah selanjutnya adalah menyusun tugas akhir sesuai dengan peraturan yang telah ditentukan.

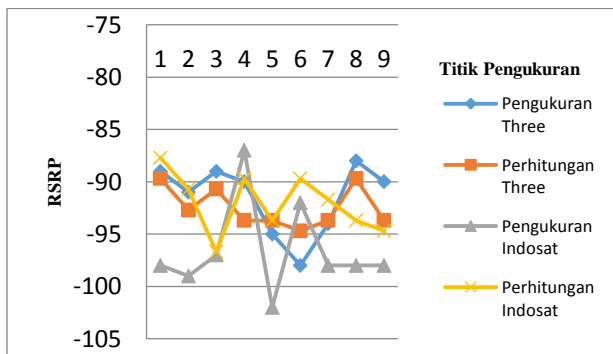
IV. PEMBAHASAN

Aspek/ variabel-variabel yang menjadi pokok bahasan uji penulis yaitu RSRP (Reference Signal Received Power) dan RSRQ (Reference Signal Received Quality). Dimana pada banyak penelitian tentang analisa performa sinyal 4G banyak digunakan parameter ini apakah sebuah sinyal disuatu tempat memenuhi standard atau belum, serta standard yang kita gunakan adalah KPI (Key Performance Indicator) standard Gnet Track Pro untuk mengukur apakah sinyal itu baik, sedang ataupun buruk.

4.1 Pengukuran, Perhitungan dan Analisis RSRP Indosat-Three di Lapangan Bintang UMY.

Tabel 4.5 Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan RSRP Three dan Indosat

NO	PENGUKURAN	PERHITUNGAN	PENGUKURAN	PERHITUNGAN
	Indosat		Three	
1	-98 dBm	-87,7 dBm	-89 dBm	-89,7 dBm
2	-99 dBm	-90,7 dBm	-91 dBm	-92,7 dBm
3	-97 dBm	-96,7 dBm	-89 dBm	-90,7 dBm
4	-87 dBm	-89,7 dBm	-90 dBm	-93,7 dBm
5	-102 dBm	-93,7 dBm	-95 dBm	-93,7 dBm
6	-92 dBm	-89,7 dBm	-98 dBm	-94,7 dBm
7	-98 dBm	-91,7 dBm	-94 dBm	-93,7 dBm
8	-98 dBm	-93,7 dBm	-88 dBm	-89,7 dBm
9	-98 dBm	-94,7 dBm	-90 dBm	-93,7 dBm



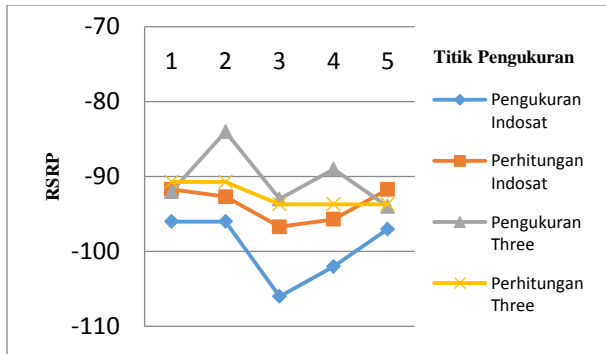
Gambar 4.11 Grafik Nilai RSRP 3 Pada Lapangan Bintang Indosat Dan Three

Pada perbandingan kedua hasil ini dapat penulis lihat secara komprehensif bahwa nilai RSRP yang didapatkan provider 3 memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan Indosat. Hal ini juga dapat penulis lihat dari hasil yang ditunjukkan oleh nilai warna dari software G-Net Track Pro bahwa 3 memiliki nilai yang lebih baik. Dari analisa yang didapatkan jarak BTS yang mensuplai jaringan 4G antara keduanya memiliki jarak yang berbeda juga Indosat lebih jauh bisa mencapai 2 kali lipat jarak BTS yang mensuplai 3. Masing-masing yaitu Indosat 440 meter sedangkan 3 hanya 215 meter seperti yang ditunjukkan pada gambar sehingga hipotesis yang didapatkan bahwa semakin jauh BTS yang mensuplai jaringan 4G maka semakin rendah pula nilai RSRP yaitu jarak berpengaruh pada nilai RSRP. Selain faktor jarak BTS dengan user juga ada faktor nilai RSSI yang mempengaruhi nilai RSRQ. Dari pengukuran ini dapat penulis lihat bahwa semakin besar nilai RSSI maka semakin besar juga nilai RSRP yang didapatkan. Selain faktor di atas dapat penulis lihat juga bahwa ada faktor bandwidth yang mempengaruhi nilai RSRP meskipun pembagian spektrum/bandwidth antara Indosat dan 3 berbeda tapi kenyataannya di lapangan bintang penggunaan bandwidth antara kedua provider ini sama yaitu 5 MHz yang apabila kita konversikan dalam nilai RB yaitu sebesar 25. Dapat penulis ketahui pengaruh dari nilai RB disini bahwa semakin besar nilai RB yang dimiliki maka semakin kecil nilai RSRP-nya.

4.2 Pengukuran, Perhitungan dan Analisis RSRP Indosat-Three di Taman Batu Gedung D UMY.

Tabel 4.10 Perbandingan Nilai RSRP antara provider Indosat dan Three di taman batu gedung D UMY

NO	PENGUKURAN	PERHITUNGAN	PENGUKURAN	PERHITUNGAN
	Indosat		Three	
1	-96 dBm	-91,7 dBm	-92 dBm	-90,7 dBm
2	-96 dBm	-92,7 dBm	-84 dBm	-90,7 dBm
3	-108 dBm	-96,7 dBm	-93 dBm	-93,7 dBm
4	-102 dBm	-95,7 dBm	-89 dBm	-93,7 dBm
5	-97 dBm	-91,7 dBm	-94 dBm	-93,7 dBm



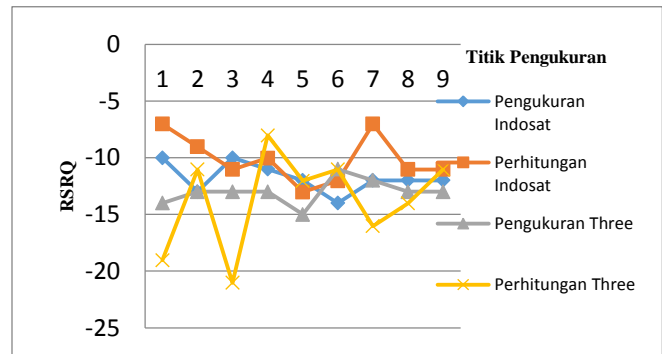
Gambar 2.22 Grafik Nilai RSRP 3 Pada Taman Batu Gedung D UMY Indosat dan Three

Pada tabel ini dapat penulis lihat bahwa tabel ini berisi perbandingan antara nilai RSRP 2 buah provider yang berbeda yaitu Indosat dan 3 di taman batu gedung D UMY. Dari tabel ini dapat kita ketahui bahwa seperti pada tempat sebelumnya provider 3 memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan provider Indosat baik pada hasil pengukuran dan perhitungan. Dibalik hasil yang didapatkan tidak dipungkiri bahwa 3 dibandingkan Indosat memiliki jarak BTS yang relatif lebih dekat yaitu antara 215 meter untuk 3 dan 440 meter untuk Indosat. Sedangkan faktor lain yang mempengaruhi adalah nilai dari RSI yang didapatkan pada pengukuran yang dilakukan. Sebagian besar nilai RSI maka semakin besar nilai RSRP yang didapatkan. Selain RSI ada juga RB yang berpengaruh pada nilai RSRP. Semakin besar nilai RB maka semakin kecil nilai RSRP yang didapat.

4.3 Pengukuran, Perhitungan dan Analisis RSRQ Indosat-Three di Lapangan Bintang UMY.

Tabel 4.15 Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan RSRQ antara Indosat dan Three

N O	PENGUKURAN	PERHITUNGAN	PENGUKURAN	PERHITUNGAN
	URAN	ANGAN	URAN	ANGAN
Indosat		Three		
1	-14 dB	-19,03 dB	- 10 dB	-7,03 dB
2	- 13 dB	- 11,03 dB	- 13 dB	- 9,03 dB
3	- 13 dB	-21,03 dB	- 10 dB	-11,03 dB
4	- 13 dB	-8,03 dB	- 11 dB	-10,03 dB
5	- 15 dB	-12,03 dB	- 12 dB	-13,03 dB
6	-11 dB	-11,03 dB	-14 dB	-12,03 dB
7	-12 dB	-16,03 dB	-12 dB	-7,03 dB
8	-13 dB	-14,03 dB	-12 dB	-11,03 dB
9	-13 dB	-11,03 dB	-12 dB	-11,03 dB



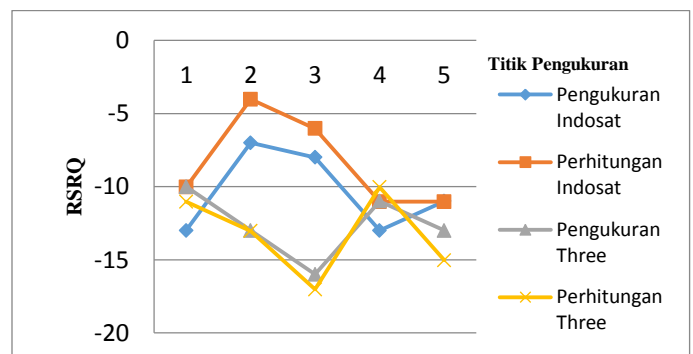
Gambar 4.28 Grafik Nilai RSRQ Three pada Lapangan Bintang Indosat dan Three

Dari tabel ini dapat kita lihat perbandingan nilai RSRQ antara provider Indosat dan 3 di lapangan bintang UMY. Secara keseluruhan dari hasil yang didapat bahwa nilai RSRQ dari provider Three lebih baik dibandingkan dengan Indosat. Hal ini dipengaruhi dari beberapa faktor seperti halnya dengan jarak BTS 3 lebih dekat yaitu 215 meter sedangkan Indosat lebih jauh yaitu 440 meter. Faktor yang lain juga dikarenakan nilai RSRP ,RSSI dan RB yang didapatkan. Dalam hal ini semakin besar nilai RSRP dan RB pada suatu titik pengukuran maka semakin besar nilai RSRQ yang didapat. Sebaliknya juga semakin besar nilai RSSI yang didapatkan maka semakin besar nilai RSRQ yang diperoleh.

4.4 Pengukuran, Perhitungan dan Analisis RSRQ Indosat-Three di Taman Batu Gedung D UMY.

Tabel 4.20 Perbandingan Nilai RSRQ antara provider Indosat dan Three di Taman Batu Gedung D UMY

N O	PENGUKURAN	PERHITUNGAN	PENGUKURAN	PERHITUNGAN
	RAN	GAN	RAN	GAN
1	- 13 dB	-10,03 dB	- 10 dB	-11,03 dB
2	- 7 dB	- 4,03 dB	- 13 dB	- 13,03 dB
3	- 8 dB	-6,03 dB	- 16 dB	-17,03 dB
4	- 13 dB	-11,03 dB	- 11 dB	-10,03 dB
5	- 11 dB	-11,03 dB	- 13 dB	-15,03 dB



Gambar 4.36 Grafik Nilai RSRQ Pada Taman Batu Gedung D UMY Indosat dan Three

Pada tabel ini dapat penulis lihat merepresentasikan hasil antara nilai RSRQ dari 2 provider yang berbeda yaitu Indosat dan Three. Dari kedua hasil ini bisa kita dapatkan bahwa nilai yang didapat dari kedua provider ini tidaklah jauh berbeda antara keduanya akan tetapi jika kita lihat dengan seksama nilai RSRQ provider Three lebih besar dibandingkan Indosat baik pengukuran maupun perhitungan. Dari kedua hal ini dapat penulis kaitkan dengan kedua jarak BTS dengan user antar kedua provider itu juga. Kita ketahui jarak BTS Indosat lebih jauh dibandingkan dengan Three dua kali lipat. Selain faktor jarak nilai RSRP, RSSI dan RB sangat berpengaruh terhadap nilai RSRQ. Dari ketiga elemen ini bisa kita lihat bahwa dalam RSRQ semakin besar nilai RSRP maka semakin kecil juga nilai RSRQ sedangkan dalam RSSI semakin besar nilainya semakin besar juga nilai RSRQnya. Nilai RB sendiri dapat kita ketahui dari bandwidth yang kita gunakan yaitu 5 MHz baik pada provider Indosat maupun Three jadi nilai RB dari keduanya sebesar 25. Kaitannya dengan RSRQ bahwa semakin besar nilai RB maka semakin besar juga nilai RSRQ yang akan diperoleh.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas dapat kita ketahui beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini penulis menggunakan software G-net Track Pro untuk mengukur nilai RSSI, RSRP dan RSRQ pada 2 provider yang berbeda yaitu Indosat dan Three tepat pada 2 tempat outdoor yang memiliki karakteristik yang berbeda yaitu lapangan bintang dan taman batu gedung D UMY. Dari nilai perhitungan RSRP yang kita dapatkan semakin besar nilai RSSI akan semakin besar nilai RSRP sedangkan pada nilai RSRQ semakin besar nilai RSSI maka semakin kecil nilai RSRQ yang didapatkan.
2. Pada penelitian di kedua tempat yaitu lapangan bintang dan taman batu gedung D UMY dapat kita simpulkan bahwa perbandingan antara 2 provider yaitu Indosat dan Three keduanya memiliki kualitas RSRP dan RSRQ yang berbeda dan pada penelitian ini provider Three memiliki kualitas yang lebih baik yaitu lebih besar nilainya dibandingkan Indosat baik pada nilai RSRP maupun nilai RSRQ. Sedangkan perbandingan nilai RSRP dan RSRQ di kedua tempat ini pada kedua provider nilai keduanya hampir sama akan tetapi sedikit lebih baik nilai di lapangan bintang.
3. Provider Three memiliki nilai RSRP dan RSRQ yang lebih baik dibandingkan Indosat memiliki beberapa sebab diantaranya seperti jarak BTS antara user dengan Indosat dan Three berbeda yaitu berjarak 215 m untuk Three dan Indosat berjarak 440 m. Dari perbedaan jarak ini akan

mempengaruhi kuat sinyal yang akan diterima user juga dapat kita lihat diantara kedua tempat yang kita jadikan penelitian dikelilingi gedung-gedung dan pohon yang tinggi utamanya di taman batu gedung D UMY.

DAFTAR PUSTAKA

- Efriyando, Rendi. 2017. Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Parameter *Drive Test* Menggunakan Software *G-NetTrack Pro* Di Area Jalan Protokol Panam. Jom Fteknik
- Chandra. 2015. Analisa Perbandingan Kuat Sinyal Antara Operator Hutchison, Indosat, Telkomsel Dan Xl Axiata Dengan Menggunakan Software Rf Signal Tracker Di Area Jalan Protokol Pekanbaru. Jom FTEKNIK
- Putra, Budi Bayu. 2016. Analisis Unjuk Kerja Sistem Volte Pada Jaringan Seluler Lte. Research Gate
- Bursandy, Azimi. 2017. Analisis Kinerja Perbandingan Jaringan 4g Long Term Evolution Bandwidth 10mhz Dan 15mhz Dengan Metode Global Frequency Retuning. Prosiding Snatif
- Ariyani, Sofia. 2016. Evaluasi Kualitas Layanan (Qos) Jaringan Data Seluler Pada Teknologi 4g Lte. Jurnal Penelitian IPTEK
- Hdayat, Fauzi. 2016. Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan Long Term Evolution (Lte) Di Daerah Bandung. E-proceeding of Engineering
- <https://edvanberliansa.wordpress.com/2016/06/18/4g-lte-drive-test-parameter/> . Diakses tanggal 1 Juni 2018. Pukul 20:00 WIB
- <http://teknologi-4g-lte.blogspot.com/2015/06/pengukuran-performansi-lte.html>. Diakses tanggal 5 Juni 2018. Pukul 14:25 WIB
- <https://www.laroccasolutions.com/78-rsrp-and-rsrq-measurement-in-lte/> Diakses tanggal 5 Juni 2018. Pukul 14:31 WIB
- <http://teknologi-4g-lte.blogspot.com/2015/06/pengukuran-performansi-lte.html/> Diakses tanggal 5 Juni 2018. Pukul 14:45 WIB
- <https://www.laroccasolutions.com/lte-rsrp-rsrq-rssi-calculator/> Diakses tanggal 6 Juni 2018. Pukul 08:15 WIB