

ANALISIS SIGNAL STRENGTH TERHADAP QUALITY OF SERVICE PADA JARINGAN OUTDOOR 4G LTE DI JALAN MALIOBORO YOGYAKARTA

Alfiyan Noor¹, Anna Nur Nazilah Chamim², Widyasmoro³, Yessi Jusman⁴
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Geblangan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183
Email: alfynnoor@gmail.com

INTISARI

Salah satu teknologi komunikasi yang telah ada saat ini untuk meningkatkan efisiensi telekomunikasi adalah teknologi 4G *Long Term Evolution* (LTE). Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas jaringan (*network quality*) antara lain *signal strength* dan *quality of service*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara *signal strength* parameter RSRP (*Reference Signal Received Power*) terhadap *quality of service* parameter *throughput* dan *jitter*. Penelitian dilakukan menggunakan metode *drive test* dengan *software G-Net Track Pro* dan *SpeedTest*, *provider* jaringan yang digunakan adalah *provider* Tri 4G LTE dengan 15 titik *sample* penelitian di Jalan Malioboro Yogyakarta. Hasil penelitian dan pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata nilai RSRP adalah -82 dBm dan RSRQ -13 dB. Rata-rata hasil pengukuran malam minggu *throughput* adalah 1 Mbps, rata-rata pengukuran *jitter* adalah 86,5 ms dan rata-rata *packet loss* adalah 0%. Sedangkan malam biasa rata-rata *throughput* adalah 1,4 Mbps, *Jitter* 33 ms, dan *packet loss* 0 %. Hasil analisis menunjukkan bahwa *signal strength* berpengaruh terhadap *quality of service*. Berdasarkan data hasil penelitian pada kondisi pengunjung normal, *signal strength* linear terhadap *quality of service*. Namun, berdasarkan hasil penelitian pada kondisi pengunjung padat terjadi ketidaksesuaian korelasi. Korelasi antara *signal strength* terhadap *quality of service* terjadi apabila *signal strength* parameter RSRP memiliki nilai yang baik maka *quality of service* parameter *throughput* dan *jitter* juga memiliki nilai yang baik.

Kata Kunci: *Jitter*, Korelasi, RSRP, *Signal Strength*, *Throughput*, *Quality of Service*.

I. Pendahuluan

Telekomunikasi merupakan suatu proses komunikasi yang dilakukan melalui jarak jauh. kebutuhan masyarakat dalam hal telekomunikasi menyebabkan perkembangan teknologi komunikasi di Indonesia semakin berkembang. Salah satu teknologi komunikasi yang telah ada saat ini untuk meningkatkan efisiensi telekomunikasi adalah teknologi 4G *Long Term Evolution* (LTE). Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas jaringan (*network quality*) bagi penyedia ISP (*Internet Service Provider*) adalah *Signal Strength* dan *Quality of Service*.

Jalan Malioboro merupakan salah satu kawasan wisata yang menjadi tempat *refreshing* mahasiswa ketika jenuh dengan perkuliahan. Dari hasil survei yang dilakukan, *provider* Tri sebagian besar menjadi pilihan atau target utama mahasiswa dalam menggunakan layanan internet. Karena

provider tersebut menyediakan layanan internet dalam hal ini kuota dengan harga terjangkau.

Konsumen (*user*) masih mengeluhkan tentang *Quality of Service* jaringan *provider* Tri di Jalan Malioboro yang tidak sinkron terhadap *Signal Strength*. Permasalahan tersebut membuat terganggunya aktifitas *platform* digital mereka, ini juga berdampak terhadap kondisi finansial konsumen, karena dalam hal ini konsumen mengeluarkan biaya untuk membeli kuota internet *provider* tersebut.

II. Landasan Teori

2.1 Teknologi 4G LTE

Teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*) merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu 3G. Sistem 4G menyediakan solusi IP yang komprehensif dimana suara, data dan arus multimedia dapat sampai kepada pengguna kapan saja dan dimana saja lebih tinggi dari generasi

sebelumnya. Secara teoritis, jaringan 4G mempunyai kecepatan transmisi berkisar antara 100 Mbps hingga 1 Gbps.

LTE dibangun dengan tujuan untuk peningkatan efisiensi, peningkatan layanan, pemanfaatan spektrum lain dan integrasi yang lebih baik. LTE (*Long Terms Evolution*) merupakan sebuah standar komunikasi akses data nirkabel keluaran dari 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). Basis jaringan LTE adalah GSM/EDGE dan UMTS/HSPA.

2.2 Arsitektur Jaringan 4G LTE

Arsitektur LTE dikenal dengan sebutan SAE (*System Architecture Evolution*) yang berartikan sebuah evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Terdapat 2 komponen utama dari arsitektur LTE yaitu UE (*User Equipment*) dan E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

1. UE (*User Equipment*)

UE (*User Equipment*) merupakan perangkat komunikasi pengguna (*user*). Perangkat ini dapat berupa *handphone*, tablet, ataupun segala perangkat *mobile* yang dapat terhubung dengan internet.

2. E-UTRAN

E-UTRAN adalah salah satu bagian arsitektur LTE yang berfungsi untuk menangani sisi radio akses dari UE (*User Equipment*) ke jaringan utama. E-UTRAN terdiri dari satu komponen yaitu *evolved Node B* (eNB). eNB berfungsi mengirim transmisi radio ke semua *mobile* pada proses *downlink* dan menerima transmisi dari *mobile* pada proses *uplink* dengan menggunakan proses sinyal analog dan digital dari *air-interface* LTE.

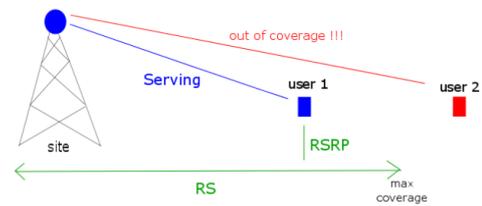
2.3 Signal Strength

Signal strength menentukan handal tidak nya suatu wireless. Semakin kuat signal maka semakin baik dan handal konektivitas nya. Parameter *signal strength* antara lain:

1. RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP merupakan rata-rata *linear* daya yang dibagikan pada *resource elements* yang membawa *reference signal* dalam rentang *bandwidth* yang digunakan. Semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, maka akan semakin kecil nilai RSRP yang diterima oleh

user. Pengguna yang berada di luar jangkauan akan tidak mendapatkan layanan LTE.



Gambar 1. UE Menerima Sinyal RSRP

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai RSRP, antara lain: Lokasi site, Kesalahan pada perangkat keras, *cell* tidak berfungsi, daya pancar, tinggi *antenna*, arah *antenna*, dan kondisi *missing neighbor*.

2. RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ merupakan parameter radio LTE yang menentukan kualitas sinyal yang diterima. RSRQ didefinisikan sebagai rasio antar jumlah *resource block*, antara RSRP. Faktor kondisi lingkungan seperti pohon besar, bangunan tinggi, ketebalan dinding dan kaca adalah beberapa faktor yang mempengaruhi nilai RSRQ.

2.4 Quality of Service

QoS (*Quality of Service*) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis.

a. Throughput

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (*bit per second*). *Throughput* juga bisa disebut dengan *bandwidth* yang sebenarnya (aktual) pada suatu kondisi, waktu tertentu dan jaringan internet tertentu dalam melakukan *download/upload* suatu file dengan ukuran tertentu.

b. Jitter

Jitter merupakan parameter yang mewakili QoS audio, atau ukuran variasi penundaan paket berturut-turut pada suatu

arus lalu lintas. *Jitter* diakibatkan oleh variasi- variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket – paket diakhir perjalanan paket. *Jitter* diakibatkan oleh panjangnya antrian dalam waktu pengolahan data

c. Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang. Paket yang hilang ini dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan. *Packet loss* juga dapat terjadi ketika *node* penuh adanya *drop* paket.

2.5 Standar Signal Strength

Standar performansi jaringan atau yang biasa disebut dengan KPI (*Key Performance Indicator*) merupakan standar yang digunakan sebagai target pencapaian yang digunakan oleh perusahaan ataupun operator jaringan. *Software G-Net Track Pro* memiliki standar pada setiap parameter performansi radio LTE nya.

Tabel 1. Standar KPI RSRP

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

Tabel 2. Standar KPI RSRQ

Warna	RSRQ (dB)
Biru Tua (Sangat Baik)	Lebih dari 5 dB
Biru (Sangat Baik)	5 s/d 2 dB
Tosca (Sangat Baik)	2 s/d -1 dB
Hijau (Sangat Baik)	-1 s/d -7 dB
Kuning (Baik)	-7 s/d -10 dB
Orange (Normal)	-10 s/d -14 dB
Merah (Buruk)	-14 s/d -20 dB
Hitam (Sangat Buruk)	Kurang dari -20 dB

2.6 Standarisasi ETSI TIPHON

ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) adalah sebuah organisasi Eropa yang didirikan pada tahun 1988 dan bertanggung jawab untuk pembentukan standar telekomunikasi teknik. Salah satu standar yang

dikeluarkan oleh ETSI adalah TIPHON (*Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network*), tahun 1999 yang mengeluarkan standar penilaian QoS untuk parameter *Throughput*, *Jitter*, dan *Packet Loss*.

Tabel 3. Standar *Throughput* TIPHON

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
<i>Bad</i>	0 – 338 kbps	0
<i>Poor</i>	338 – 700 kbps	1
<i>Fair</i>	700 – 1200 kbps	2
<i>Good</i>	1200 kbps – 2,1 Mbps	3
<i>Excelent</i>	>2,1 Mbps	4

Tabel 4. Standar *Jitter* TIPHON

Kategori	<i>Jitter</i>	Indeks
<i>Poor</i>	125 – 225 ms	1
<i>Medium</i>	75 – 125 ms	2
<i>Good</i>	0 – 75 ms	3
<i>Perfect</i>	0 ms	4

Tabel 5. Standar *Packet Loss* TIPHON

Kategori	<i>Packet Loss</i>	Indeks
<i>Poor</i>	>25%	1
<i>Medium</i>	12 – 24%	2
<i>Good</i>	3 – 14%	3
<i>Perfect</i>	0 – 2%	4

III. Metode Penelitian

Pengukuran dan pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode *drive test*. Metode *drive test* adalah pengukuran yang dilakukan secara langsung ke lapangan dengan menggunakan sebuah perangkat.

a. Lokasi dan Waktu Penelitian

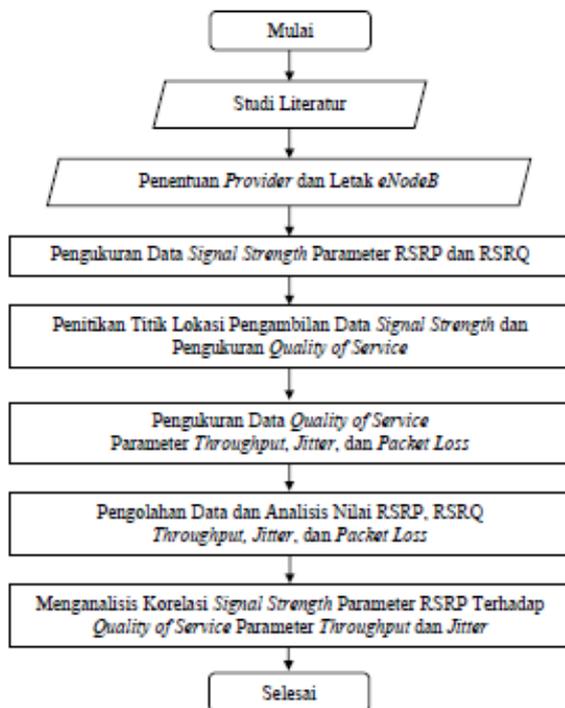
Pengukuran dan pengambilan data dilakukan di Jalan Malioboro Yogyakarta dengan 15 titik *sample* penelitian. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan selama lima hari, yaitu pada malam minggu selama dua hari dengan kondisi pengunjung (*user*) padat dan malam biasa selama tiga hari dengan kondisi jumlah pengunjung (*user*) normal pada range waktu 19:00 – 22:00 WIB.

b. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan alat-alat ukur yang diperlukan dalam melaksanakan suatu penelitian. Bahan penelitian ini menggunakan kartu *provider* jaringan 4G LTE Tri, sedangkan alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Software G-Net Track Pro* versi 17.1
2. *Software SpeedTest by Ookla* versi 4.4.9
3. *Smartphone Android Samsung Galaxy J7+*, dengan spesifikasi prosesor *Octa-core 2.39 GHz, 1.69 GHz, RAM 4 GB*.

c. Tahapan Penelitian



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Letak *eNodeB* *Provider* Tri:

1. Di atas Ruko Sepatu Bata di depan Mall Malioboro
2. Di bagian belakang Gedung Ramayana *Departement Store*
3. Di atas Gedung Ramayana *Departement Store*
4. Di depan Toko Batik Hamzah
5. Di atas Kantor Post Titik 0 km

Titik Lokasi 15 Sample Penelitian:

1. Di utara Jalan Malioboro
2. Di dekat Pohon Besar I

3. Di dekat Pohon Besar II
4. Di dekat Pohon Besar III
5. Di dekat Pohon Besar IV
6. Di depan Malioboro Mall
7. Di depan Kantor Gubernur
8. Di depan Ramayana Mall
9. Di depan Hotel
10. Di depan Toko Batik Hamzah
11. Di depan Pasar Bringharjo
12. Di depan Benteng Van Derburgh
13. Di dekat Pohon sebelum Titik 0
14. Di area sebelum Titik 0 km
15. Di Titik 0 km

IV. Hasil Penelitian dan Analisis

4.1 Hasil *Drive Test* RSRP



Gambar 3. Hasil *Drive Test* RSRP Titik 1-5



Gambar 4. Hasil *Drive Test* RSRP Titik 6-10



Gambar 5. Hasil *Drive Test* RSRP Titik 11-15

4.2 Data Hasil Pengukuran RSRP

Tabel 6. Data Hasil RSRP Malam Minggu

Titik Lokasi Pengukuran	RSRP		Indikator	Keterangan
	Penelitian I	Penelitian II		
Titik 1	-86 dBm	-87 dBm	Hijau	Baik
Titik 2	-91 dBm	-90 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 3	-94 dBm	-93 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 4	-91 dBm	-90 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 5	-95 dBm	-92 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 6	-76 dBm	-77 dBm	Kuning	Baik
Titik 7	-82 dBm	-83 dBm	Hijau	Baik
Titik 8	-81 dBm	-83 dBm	Hijau	Baik
Titik 9	-75 dBm	-76 dBm	Kuning	Baik
Titik 10	-86 dBm	-85 dBm	Hijau	Baik
Titik 11	-69 dBm	-68 dBm	Orange	Sangat Baik
Titik 12	-80 dBm	-82 dBm	Kuning	Baik
Titik 13	-82 dBm	-83 dBm	Hijau	Baik
Titik 14	-70 dBm	-72 dBm	Orange	Sangat Baik
Titik 15	-72 dBm	-74 dBm	Kuning	Baik
Rata-Rata	-82 dBm	-82,33 dBm	Hijau	Baik

Tabel 7. Data Hasil RSRP Malam Biasa

Titik Lokasi Pengukuran	RSRP			Indikator	Keterangan
	Penelitian III	Penelitian IV	Penelitian V		
Titik 1	-87 dBm	-89 dBm	-89 dBm	Hijau	Baik
Titik 2	-92 dBm	-90 dBm	-93 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 3	-92 dBm	-93 dBm	-92 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 4	-92 dBm	-91 dBm	-90 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 5	-93 dBm	-92 dBm	-92 dBm	Biru Muda	Normal
Titik 6	-75 dBm	-74 dBm	-77 dBm	Kuning	Baik
Titik 7	-84 dBm	-82 dBm	-83 dBm	Hijau	Baik
Titik 8	-83 dBm	-83 dBm	-82 dBm	Hijau	Baik
Titik 9	-75 dBm	-76 dBm	-76 dBm	Kuning	Baik
Titik 10	-85 dBm	-84 dBm	-82 dBm	Hijau	Baik
Titik 11	-68 dBm	-66 dBm	-69 dBm	Orange	Sangat Baik
Titik 12	-82 dBm	-83 dBm	-81 dBm	Kuning	Baik
Titik 13	-83 dBm	-84 dBm	-82 dBm	Hijau	Baik
Titik 14	-68 dBm	-70 dBm	-67 dBm	Orange	Sangat Baik
Titik 15	-71 dBm	-73 dBm	-71 dBm	Kuning	Baik
Rata-Rata	-82 dBm	-82 dBm	-81,733 dBm	Hijau	Baik

Hasil penelitian nilai RSRP dapat dilihat bahwa hasil *drive test* pada dua kali penelitian di malam minggu kondisi pengunjung padat dan tiga kali penelitian di malam biasa kondisi pengunjung normal tidak terjadi perbedaan nilai RSRP yang signifikan. Rata-rata nilai RSRP adalah -82 dBm. Kondisi ini disebabkan karena *signal strength* dalam hal ini parameter RSRP sendiri sangat dipengaruhi oleh letak *eNodeB*, jarak dan arah *antenna* terhadap *user*. Letak *eNodeB* tidak akan berubah dan akan tetap di tempat yang sama, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa *traffic user* pengunjung padat maupun normal tidak mempengaruhi nilai dari RSRP itu sendiri.

Di titik-titik *sample* awal Jalan Malioboro kondisi normal pada titik 2, titik 3, titik 4, dan titik 5 dengan nilai RSRP -90 dBm sampai -95 dBm atau 30% dari keseluruhan hasil *drive test* RSRP. Kondisi normal tersebut disebabkan karena faktor jarak antara titik 2, titik 3, titik 4, dan titik 5 terhadap *eNodeB* yang jauh sehingga *user interface* hanya mendapatkan sedikit pancaran sinyal dari *eNodeB* yang terletak di atas Ruko Sepatu Bata

di depan Malioboro Mall. Malioboro Mall terletak di bagian tengah jalan Malioboro sedangkan titik 2, titik 3, titik 4, dan titik 5 terletak di ujung utara jalan Malioboro.

Titik 6 sampai dengan titik 15 rata-rata kondisi baik bahkan sangat baik di beberapa titik, dengan hasil *drive test* RSRP -68 dBm sampai -89 dBm atau 70% dari keseluruhan hasil *drive test* RSRP. Kondisi baik dan sangat baik ini disebabkan karena letak dan jarak *eNodeB* dengan *user* dalam hal ini titik penelitian yang dekat sehingga *user* mendapatkan banyak sinyal dari pancaran *eNodeB*. Letak *eNodeB* provider Tri di jalan Malioboro terletak di bagian tengah jalan Malioboro sampai Titik 0, ada 5 titik *eNodeB*.

4.3 Hasil Drive Test RSRQ



Gambar 6. Hasil Drive Test RSRQ Titik 1-5



Gambar 7. Hasil Drive Test RSRQ Titik 6-10



Gambar 8. Hasil Drive Test RSRQ Titik 11-15

4.4 Data Hasil Pengukuran RSRQ

Tabel 8. Data Hasil RSRQ Malam Minggu

Titik Lokasi Pengukuran	RSRQ		Indikator	Keterangan
	Penelitian I	Penelitian II		
Titik 1	-12 dB	-13 dB	Orange	Normal
Titik 2	-14 dB	-15 dB	Orange	Normal
Titik 3	-17 dB	-16 dB	Merah	Buruk
Titik 4	-16 dB	-15 dB	Merah	Buruk
Titik 5	-16 dB	-15 dB	Merah	Buruk
Titik 6	-13 dB	-12 dB	Orange	Normal
Titik 7	-15 dB	-16 dB	Merah	Buruk
Titik 8	-13 dB	-14 dB	Orange	Normal
Titik 9	-13 dB	-14 dB	Orange	Normal
Titik 10	-15 dB	-15 dB	Merah	Buruk
Titik 11	-12 dB	-13 dB	Orange	Normal
Titik 12	-14 dB	-13 dB	Orange	Normal
Titik 13	-13 dB	-13 dB	Orange	Normal
Titik 14	-10 dB	-10 dB	Kuning	Baik
Titik 15	-7 dB	-9 dB	Hijau	Sangat Baik
Rata-Rata	-13,3 dB	-13,53 dB	Orange	Normal

Tabel 9. Data Hasil RSRQ Malam Biasa

Titik Lokasi Pengukuran	RSRQ			Indikator	Keterangan
	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian III		
Titik 1	-11 dB	-13 dB	-12 dB	Orange	Normal
Titik 2	-12 dB	-14 dB	-14 dB	Orange	Normal
Titik 3	-17 dB	-17 dB	-16 dB	Merah	Buruk
Titik 4	-17 dB	-15 dB	-17 dB	Merah	Buruk
Titik 5	-17 dB	-17 dB	-16 dB	Merah	Buruk
Titik 6	-12 dB	-13 dB	-12 dB	Orange	Normal
Titik 7	-16 dB	-17 dB	-15 dB	Merah	Buruk
Titik 8	-14 dB	-13 dB	-12 dB	Orange	Normal
Titik 9	-14 dB	-13 dB	-14 dB	Orange	Normal
Titik 10	-15 dB	-17 dB	-15 dB	Merah	Buruk
Titik 11	-13 dB	-12 dB	-13 dB	Orange	Normal
Titik 12	-13 dB	-12 dB	-14 dB	Orange	Normal
Titik 13	-14 dB	-11 dB	-12 dB	Orange	Normal
Titik 14	-12 dB	-11 dB	-13 dB	Kuning	Baik
Titik 15	-8 dB	-7 dB	-9 dB	Hijau	Sangat Baik
Rata-Rata	-13,6667 dB	-13,4667 dB	-13,6 dB	Orange	Normal

Hasil penelitian nilai RSRQ dapat dilihat bahwa hasil *drive test* pada dua kali penelitian di malam minggu kondisi pengunjung padat dan tiga kali penelitian di malam biasa kondisi pengunjung normal tidak terjadi perbedaan nilai RSRQ yang signifikan. Rata-rata nilai RSRQ adalah -13 dBm. Kondisi ini disebabkan karena *signal strength* parameter RSRQ sendiri sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar titik lokasi tersebut dalam hal ini penghalang, seperti tinggi bangunan, pohon besar, tebal bangunan dan lain lain. Secara faktual, kondisi suatu lingkungan tersebut tidak akan berubah meskipun dilakukan penelitian pada kondisi pengunjung padat maupun kondisi pengunjung normal, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa *traffic user* pengunjung padat maupun normal tidak mempengaruhi nilai dari RSRQ itu sendiri.

Level sinyal berwarna *orange* dengan *range* nilai -11 dB sampai dengan -14 dB dengan presentase sekitar 50%, berdasarkan standar KPI termasuk ke dalam kondisi normal. Kemudian level sinyal berwarna merah dengan

range nilai -15 dB sampai dengan -17 dB dengan presentase sekitar 30%, berdasarkan standar KPI termasuk ke dalam kondisi buruk. Level sinyal berwarna kuning dengan *range* nilai -11 dB sampai dengan -13 dB dengan presentase sekitar 15%, berdasarkan standar KPI termasuk ke dalam kondisi baik, dan level sinyal berwarna hijau dengan *range* nilai -7 dB sampai dengan -9 dB dengan presentase hanya sekitar 5%, berdasarkan standar KPI termasuk ke dalam kondisi sangat baik. Dari hasil penelitian ini, rata-rata level sinyal RSRQ adalah berwarna *orange* dan merah yang menunjukkan bahwa *signal strength* parameter RSRQ di Jalan Malioboro normal dan buruk.

4.5 Data Hasil Throughput

Tabel 10. Hasil Throughput Malam Minggu

Titik Lokasi Pengukuran	Throughput		Kategori TIPHON	
	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian I	Penelitian II
Titik 1	0.80 Mbps	0.83 Mbps	Fair	Fair
Titik 2	0.96 Mbps	0.97 Mbps	Fair	Fair
Titik 3	0.54 Mbps	0.56 Mbps	Poor	Poor
Titik 4	0.69 Mbps	0.71 Mbps	Poor	Poor
Titik 5	0.89 Mbps	1.1 Mbps	Fair	Fair
Titik 6	1.15 Mbps	1.15 Mbps	Fair	Good
Titik 7	1.18 Mbps	1.19 Mbps	Fair	Good
Titik 8	1.20 Mbps	1.22 Mbps	Fair	Good
Titik 9	1.17 Mbps	1.18 Mbps	Fair	Good
Titik 10	1.14 Mbps	1.16 Mbps	Fair	Good
Titik 11	1.14 Mbps	1.14 Mbps	Fair	Good
Titik 12	1 Mbps	1.16 Mbps	Fair	Good
Titik 13	0.70 Mbps	1.2 Mbps	Poor	Fair
Titik 14	0.54 Mbps	1.15 Mbps	Poor	Fair
Titik 15	0.30 Mbps	0.4 Mbps	Bad	Bad
Rata-Rata	1 Mbps	1,008 Mbps	Fair	Fair

Tabel 11. Hasil Throughput Malam Biasa

Titik Lokasi Pengukuran	Throughput			Standar TIPHON		
	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian III	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian III
Titik 1	1.2 Mbps	1.27 Mbps	1.19 Mbps	Good	Good	Good
Titik 2	1.25 Mbps	1.27 Mbps	1.24 Mbps	Good	Good	Good
Titik 3	1.28 Mbps	1.30 Mbps	1.27 Mbps	Good	Good	Good
Titik 4	1.21 Mbps	1.28 Mbps	1.26 Mbps	Good	Good	Good
Titik 5	1.36 Mbps	1.40 Mbps	1.39 Mbps	Good	Good	Good
Titik 6	1.34 Mbps	1.39 Mbps	1.42 Mbps	Good	Good	Good
Titik 7	1.38 Mbps	1.44 Mbps	1.36 Mbps	Good	Good	Good
Titik 8	1.42 Mbps	1.49 Mbps	1.5 Mbps	Good	Good	Good
Titik 9	1.56 Mbps	1.6 Mbps	1.63 Mbps	Good	Good	Good
Titik 10	1.66 Mbps	1.63 Mbps	1.68 Mbps	Good	Good	Good
Titik 11	1.56 Mbps	1.60 Mbps	1.69 Mbps	Good	Good	Good
Titik 12	1.67 Mbps	1.59 Mbps	1.64 Mbps	Good	Good	Good
Titik 13	1.64 Mbps	1.58 Mbps	1.56 Mbps	Good	Good	Good
Titik 14	1.69 Mbps	1.7 Mbps	1.66 Mbps	Good	Good	Good
Titik 15	1.7 Mbps	1.67 Mbps	1.69 Mbps	Good	Good	Good
Rata-Rata	1,46 Mbps	1,48 Mbps	1,47 Mbps	Good	Good	Good

Hasil data *drive test throughput* malam biasa kondisi pengunjung normal, rata-rata nilai *throughput* pada ketiga hari itu adalah 1,4 Mbps, berdasarkan standar TIPHON *range* tersebut termasuk ke dalam indikator *Good* atau baik. Tidak terjadi perbedaan nilai *throughput* yang signifikan untuk setiap titik pada ketiga hari biasa tersebut, kenaikan dan penurunan nilai tidak terlampaui jauh. Sedangkan Hasil

data *drive test throughput* malam minggu kondisi pengunjung normal, rata-rata nilai *throughput* pada ketiga hari itu adalah 1 Mbps, berdasarkan standar TIPHON *range* tersebut termasuk ke dalam indikator *Fair*. Perbedaan nilai yang signifikan terjadi pada nilai *throughput* malam minggu kondisi pengunjung padat terhadap nilai *throughput* malam biasa kondisi pengunjung normal.

Kondisi tersebut disebabkan karena faktor banyaknya jumlah pengguna (*user*) jaringan menjadi penyebab utama terjadinya perbedaan nilai *throughput* antara malam minggu dan malam biasa. Terjadinya fluktuasi jumlah *user* menyebabkan rendahnya nilai *throughput* pada beberapa titik.

4.6 Data Hasil Jitter

Tabel 12. Hasil Jitter Malam Minggu

Titik Lokasi Pengukuran	Jitter		Kategori TIPHON	
	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian I	Penelitian II
Titik 1	76 ms	75 ms	Medium	Medium
Titik 2	70 ms	73 ms	Medium	Medium
Titik 3	80 ms	82 ms	Medium	Medium
Titik 4	78 ms	77 ms	Medium	Medium
Titik 5	81 ms	83 ms	Medium	Medium
Titik 6	86 ms	82 ms	Medium	Medium
Titik 7	95 ms	90 ms	Medium	Medium
Titik 8	64 ms	63 ms	Medium	Medium
Titik 9	79 ms	77 ms	Medium	Medium
Titik 10	83 ms	80 ms	Medium	Medium
Titik 11	86 ms	84 ms	Medium	Medium
Titik 12	93 ms	91 ms	Medium	Medium
Titik 13	96 ms	93 ms	Medium	Medium
Titik 14	121 ms	118 ms	Medium	Medium
Titik 15	135 ms	130 ms	Poor	Poor
Rata-Rata	88,2 ms	86,5 ms	Medium	Medium

Tabel 13. Hasil Jitter Malam Biasa

Titik Lokasi Pengukuran	Jitter			Standar TIPHON		
	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian III	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian III
Titik 1	30 ms	35 ms	45 ms	Good	Good	Good
Titik 2	36 ms	32 ms	34 ms	Good	Good	Good
Titik 3	33 ms	37 ms	34 ms	Good	Good	Good
Titik 4	36 ms	36 ms	38 ms	Good	Good	Good
Titik 5	38 ms	39 ms	37 ms	Good	Good	Good
Titik 6	40 ms	40 ms	36 ms	Good	Good	Good
Titik 7	36 ms	38 ms	37 ms	Good	Good	Good
Titik 8	35 ms	34 ms	37 ms	Good	Good	Good
Titik 9	31 ms	36 ms	34 ms	Good	Good	Good
Titik 10	35 ms	29 ms	27 ms	Good	Good	Good
Titik 11	32 ms	34 ms	27 ms	Good	Good	Good
Titik 12	29 ms	25 ms	33 ms	Good	Good	Good
Titik 13	23 ms	32 ms	40 ms	Good	Good	Good
Titik 14	31 ms	21 ms	32 ms	Good	Good	Good
Titik 15	29 ms	30 ms	20 ms	Good	Good	Good
Rata-Rata	32 ms	33 ms	34 ms	Good	Good	Good

Hasil pengukuran *drive test jitter* malam biasa kondisi pengunjung normal pada 15 titik di Jalan Malioboro, rata-rata nilai *jitter* pada ketiga hari tersebut adalah 30 ms yang berdasarkan standar TIPHON termasuk ke dalam kategori *Good*. Nilai *jitter* yang baik pada penelitian ini disebabkan karena nilai *throughput* juga baik. Semakin kecil nilai *jitter*

maka semakin bagus suatu jaringan. Tidak terjadi perbedaan nilai yang signifikan pada ketiga kali penelitian tersebut, kenaikan dan penurunan nilai tidak terlampaui jauh.

Perbedaan nilai yang signifikan terjadi antara hasil nilai *jitter* malam minggu kondisi pengunjung padat dengan hasil nilai *jitter* malam biasa kondisi pengunjung normal. Rata-rata nilai *jitter* malam minggu termasuk ke dalam kategori *Medium*, sedangkan rata-rata nilai *jitter* malam biasa termasuk ke dalam kategori *Good*. Kondisi ini terjadi karena adanya korelasi antara *throughput* dan *jitter*, hasil *drive test throughput* yang tidak terlalu bagus pada setiap titik menyebabkan nilai *jitter* juga menjadi besar.

4.7 Data Hasil Packet Loss

Tabel 14. Hasil Packet Loss Malam Minggu

Titik Lokasi Pengukuran	Packet Loss		Kategori TIPHON	
	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian I	Penelitian II
Titik 1	0	0	Perfect	Perfect
Titik 2	0	0	Perfect	Perfect
Titik 3	0	0	Perfect	Perfect
Titik 4	0	0	Perfect	Perfect
Titik 5	0	0	Perfect	Perfect
Titik 6	0	0	Perfect	Perfect
Titik 7	0	0	Perfect	Perfect
Titik 8	0	0	Perfect	Perfect
Titik 9	0	0	Perfect	Perfect
Titik 10	3%	2%	Perfect	Perfect
Titik 11	0	0	Perfect	Perfect
Titik 12	0	0	Perfect	Perfect
Titik 13	2%	3%	Perfect	Perfect
Titik 14	0	0	Perfect	Perfect
Titik 15	0	0	Perfect	Perfect
Rata-Rata	0,004615	0,003333	Perfect	Perfect

Tabel 15. Hasil Packet Loss Malam Biasa

Titik Lokasi Pengukuran	Packet Loss			Standar TIPHON		
	Penelitian III	Penelitian IV	Penelitian V	Penelitian III	Penelitian IV	Penelitian V
Titik 1	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 2	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 3	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 4	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 5	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 6	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 7	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 8	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 9	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 10	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 11	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 12	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 13	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 14	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Titik 15	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect
Rata-Rata	0%	0%	0%	Perfect	Perfect	Perfect

Hasil pengukuran *drive test packet loss* pada malam minggu kondisi pengunjung padat dan malam biasa kondisi pengunjung normal di 15 titik di Jalan Malioboro, ke 15 titik memiliki indikator *packet loss* sangat baik dengan *range* nilai 0% sampai dengan 3% yang berdasarkan

standar TIPHON termasuk ke dalam kategori *perfect*. Hasil *drive test* pengukuran *packet loss* di Jalan Malioboro diperoleh *packet loss* dengan hasil yang *linear*, namun terdapat hasil *drive test* berbeda yaitu pada titik 10 dan titik 13 dengan nilai *packet loss* 2% dan 3%. Hal ini dapat terjadi karena kemungkinan adanya *blocking signal*. Namun, walaupun nilai *packet loss* 2% dan 3%, masih termasuk ke dalam kategori *perfect* menurut standar TIPHON. Jadi, QoS untuk parameter *packet loss* di Jalan Malioboro sudah sangat bagus.

4.8 Korelasi Signal Strength Terhadap Quality of Service

Tabel 16. Korelasi RSRP Terhadap QoS (Throughput dan Jitter) Malam Minggu

Titik Lokasi Pengukuran	Signal Strength			Quality of Service			
	RSRP	Indikator	Ket	Throughput	Kategori TIPHON	Jitter	Kategori TIPHON
Titik 1	-87 dBm	Hijau	Baik	0.83 Mbps	Fair	75 ms	Medium
Titik 2	-90 dBm	Biru Muda	Normal	0.97 Mbps	Fair	73 ms	Medium
Titik 3	-93 dBm	Biru Muda	Normal	0.56 Mbps	Poor	82 ms	Medium
Titik 4	-90 dBm	Biru Muda	Normal	0.71 Mbps	Poor	77 ms	Medium
Titik 5	-92 dBm	Biru Muda	Normal	1.1 Mbps	Fair	83 ms	Medium
Titik 6	-77 dBm	Kuning	Baik	1.15 Mbps	Good	82 ms	Medium
Titik 7	-83 dBm	Hijau	Baik	1.19 Mbps	Good	90 ms	Medium
Titik 8	-83 dBm	Hijau	Baik	1.22 Mbps	Good	63 ms	Medium
Titik 9	-76 dBm	Kuning	Baik	1.18 Mbps	Good	77 ms	Medium
Titik 10	-85 dBm	Hijau	Baik	1.16 Mbps	Good	80 ms	Medium
Titik 11	-68 dBm	Orange	Sangat Baik	1.14 Mbps	Good	84 ms	Medium
Titik 12	-82 dBm	Kuning	Baik	1.16 Mbps	Good	91 ms	Medium
Titik 13	-83 dBm	Hijau	Baik	1.2 Mbps	Fair	93 ms	Medium
Titik 14	-72 dBm	Orange	Sangat Baik	1.15 Mbps	Fair	118 ms	Medium
Titik 15	-74 dBm	Kuning	Baik	0.4 Mbps	Bad	130 ms	Poor
Rata-Rata	-82,33 dBm	Hijau	Baik	1,008 Mbps	Fair	86,5 ms	Medium

Tabel 17. Korelasi RSRP Terhadap QoS (Throughput dan Jitter) Malam Biasa

Titik Lokasi Pengukuran	Signal Strength			Quality of Service			
	RSRP	Indikator	Ket	Throughput	Kategori TIPHON	Jitter	Kategori TIPHON
Titik 1	-87 dBm	Hijau	Baik	1.2 Mbps	Good	30 ms	Good
Titik 2	-92 dBm	Biru Muda	Normal	1.25 Mbps	Good	36 ms	Good
Titik 3	-92 dBm	Biru Muda	Normal	1.28 Mbps	Good	33 ms	Good
Titik 4	-92 dBm	Biru Muda	Normal	1.21 Mbps	Good	36 ms	Good
Titik 5	-93 dBm	Biru Muda	Normal	1.36 Mbps	Good	38 ms	Good
Titik 6	-75 dBm	Kuning	Baik	1.34 Mbps	Good	40 ms	Good
Titik 7	-84 dBm	Hijau	Baik	1.38 Mbps	Good	36 ms	Good
Titik 8	-83 dBm	Hijau	Baik	1.42 Mbps	Good	35 ms	Good
Titik 9	-75 dBm	Kuning	Baik	1.56 Mbps	Good	31 ms	Good
Titik 10	-85 dBm	Hijau	Baik	1.66 Mbps	Good	35 ms	Good
Titik 11	-68 dBm	Orange	Sangat Baik	1.56 Mbps	Good	32 ms	Good
Titik 12	-82 dBm	Kuning	Baik	1.67 Mbps	Good	29 ms	Good
Titik 13	-83 dBm	Hijau	Baik	1.64 Mbps	Good	23 ms	Good
Titik 14	-68 dBm	Orange	Sangat Baik	1.69 Mbps	Good	31 ms	Good
Titik 15	-71 dBm	Kuning	Baik	1.7 Mbps	Good	29 ms	Good
Rata-Rata	-82 dBm	Hijau	Baik	1,46 Mbps	Good	32 ms	Good

Kualitas dari sebuah jaringan suatu provider, pasti dipengaruhi oleh *signal strength*. korelasi yang terjadi adalah nilai QoS untuk setiap parameter sudah *linear* terhadap nilai RSRP. Kuat sinyal yang normal mendekati buruk, menjadi faktor utama dari QoS yang normal mendekati buruk juga. Jadi sudah

terjadi korelasi yang sesuai pada beberapa titik ini.

Ketidaksesuaian korelasi terjadi pada titik 13, titik 14, dan titik 15. Pada ketiga titik tersebut, RSRP baik bahkan sangat baik dengan *range* nilai -72 dBm sampai -83 dBm, namun QoS untuk parameter *throughput* dan *jitter* sangat buruk dengan *range* nilai *throughput* 0,4 Mbps sampai dengan 1,2 Mbps dan *jitter* dengan *range* nilai 93 ms sampai 130 ms. Penyebab dan analisis dari kondisi ini adalah karena faktor jumlah *user* yang mengalami fluktuasi tinggi pada malam minggu tersebut.

Quality of service sendiri sangat dipengaruhi oleh *signal strength* dan jumlah *user* pada suatu titik, dengan fakta dan kondisi terjadinya fluktuasi pengunjung di lokasi penelitian pada malam minggu tersebut menyebabkan nilai QoS menjadi buruk. Kualitas suatu jaringan mendapatkan sumber dari *eNodeB* (RSRP), namun setiap *eNodeB* memiliki jumlah maksimal kapasitas untuk setiap perangkat yang membutuhkan dalam hal ini *smartphone user*. Adanya fluktuasi pengunjung dan otomatis fluktuasi jaringan tersebut menjadi faktor utama sehingga kapasitas pancaran sinyal *eNodeB* kepada setiap *user* menjadi tidak optimal.

Hal ini juga dapat dibuktikan dengan korelasi hasil data penelitian malam biasa kondisi pengunjung normal, atau saat tidak terjadi fluktuasi user. Pada Tabel 17 dapat dilihat bahwa *signal strength* dalam hal ini parameter RSRP *linear* terhadap *quality of service*. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa, korelasi *signal strength* dan *quality of service* terjadi apabila nilai RSRP bernilai baik maka QoS juga bernilai baik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil penelitian *drive test signal strength* untuk parameter RSRP di Jalan Malioboro pada malam minggu kondisi pengunjung padat rata-rata bernilai -82 dBm yang mengacu pada standar KPI di *G-Net Track Pro* termasuk ke dalam kategori indikator berwarna hijau dengan kondisi baik. Sedangkan parameter RSRQ rata-rata bernilai -13 dB yang mengacu pada standar KPI di *G-Net Track Pro* termasuk ke dalam

- kategori indikator berwarna *orange* dengan kondisi normal.
2. Hasil penelitian *Quality of Service* malam minggu untuk parameter *throughput* rata-rata bernilai 1 Mbps, yang mengacu pada standar TIPHON termasuk ke dalam kategori *Fair*. Sedangkan malam biasa sebesar 1,4 Mbps, termasuk ke dalam kategori *Good*. Parameter *jitter* malam minggu dengan rata-rata bernilai 88 ms yang mengacu pada standar TIPHON termasuk ke dalam kategori *medium*, sedangkan malam biasa bernilai 33 ms yang termasuk ke dalam kategori *Good*. Parameter *packet loss* dengan rata-rata bernilai 0% yang mengacu pada standar TIPHON termasuk ke dalam kategori *perfect*.
 3. *Signal strength* berpengaruh terhadap *quality of service*, ini dibuktikan dengan hasil penelitian malam biasa kondisi pengunjung normal dan hasil penelitian malam minggu yang menunjukkan 80% atau 12 titik *sample* penelitian membuktikan bahwa nilai RSRP *linear* terhadap *throughput* dan *jitter*. Ketidaksesuaian korelasi terjadi pada titik 13, titik 14, dan titik 15. Pada ketiga titik tersebut, RSRP baik bahkan sangat baik dengan *range* nilai -72 dBm sampai -83 dBm, namun QoS untuk parameter *throughput* dan *jitter* sangat buruk dengan *range* nilai *throughput* 0,4 Mbps sampai dengan 1,2 Mbps dan *jitter* dengan *range* nilai 93 ms sampai 130 ms.
 4. *Signal strength* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jarak antara *eNodeB* dan *user equipment*, arah *antenna*, tinggi *antenna*. Beberapa titik *sample* penelitian memiliki nilai *signal strength* yang tidak cukup bagus dikarenakan titik tersebut tidak tercover oleh *eNodeB*, sehingga menyebabkan pancaran sinyal yang diterima tidak optimal.
 5. *Quality of Service* dipengaruhi oleh faktor *signal strength* itu sendiri, selain itu piranti jaringan, *traffic user*, dan *resource block* juga menjadi faktor baik buruknya nilai *quality of service*.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jalan Malioboro merupakan salah satu target kawasan wisata yang menjadi pilihan di Yogyakarta dengan konsistensi pengunjung yang selalu ramai. Dengan kondisi tersebut, pengunjung membutuhkan

- kualitas layanan internet yang baik. *Provider* Tri diharapkan melakukan optimalisasi jaringan 4G LTE di kawasan Jalan Malioboro dengan menambahkan *eNodeB* pada area utara Jalan Malioboro.
2. Penelitian ini menggunakan *software* *G-Net Track Pro* dan *SpeedTest*, untuk penulis selanjutnya diharapkan menggunakan aplikasi berbeda.
 3. Penelitian ini menggunakan *provider* Tri, diharapkan untuk penulis selanjutnya menggunakan *provider* yang berbeda atau melakukan perbandingan antara dua *provider*.
 4. Peneliti selanjutnya diharapkan memperbanyak jumlah titik *sample* penelitian dan lama waktu penelitian agar data hasil yang didapatkan lebih bervariasi dan relevan.
 5. Penelitian ini tidak membahas mengenai *eNodeB* secara khusus, diharapkan untuk penulis selanjutnya lebih membahas mengenai *eNodeB* secara mendetail.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugerah, Suko Fajar. 2017. *Analisis Performansi Jaringan 4G LTE di Gedung E6 dan E7 (Twin Tower Building) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Yogyakarta: Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Fadli, Fauzi. 2012. "Analisis Penerapan Teknologi Jaringan 4G di Indonesia". *Jurnal UNIKOM* Vol. 10 No. 2.
- Hidayat, Fauzi. 2016. "Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Di Daerah Bandung". *Jurnal e-Proceeding of Engineering*: Vol. 3 No. 2.
- Kamarullah A, Hafiz. 2009. *Penerapan Metode Quality of Service Pada Jaringan yang Padat*. *Jurnal Jaringan Komputer Universitas Sriwijaya*.
- K., Pramulia I. P. D. 2015. "Analisis Pengaruh Jarak Antara *User Equipment* Dengan *eNodeB* Terhadap Nilai RSRP (*Reference Signal Received Power*)

Pada Teknologi LTE 900 MHz”. E-Journal SPEKTRUM Vol. 2 No. 3.

Mahanani, Gumeta Sari. 2016. *Analisis dan Pengujian di Jaringan 3G dan 4G Dalam Layanan Quality of Service (QoS)*. Yogyakarta: Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Ma'ruf, Rafiqy. 2018. *Analisis Performansi Jaringan Outdoor 4G LTE di Jalan Malioboro Yogyakarta*. Yogyakarta: Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Panjaitan, Menpo Vascodegama, 2018. “Analisis *Quality of Service (QoS)* Jaringan 4G Dengan Metode *Drive Test* Pada Kondisi *Outdoor* Menggunakan aplikasi *G-Net Track Pro*”. Jurnal Transient Vol. 7 No. 2.

Setiawan, Nur Wahyu Ari. 2017. “Optimasi Layanan Data Pada Jaringan LTE Dengan *Genex Assistant* Di Delanggu Klaten”. Jurnal *e-Proceeding of Engineering* Vol. 4 No. 3.

Tiphon. 1998. *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks TIPHON) General Aspects of Quality of Service (QoS)*. E-book DTR/TIPHON-05006.

Wulandari, Rika. 2016. “Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus: UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulo – LIPI)”. Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi. Vol. 2 No. 2.

Wulansari, Mardiana. 2018. *Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan 4G LTE Outdoor Berdasarkan Parameter Throughput, Jitter dan Packet Loss di Jalan Malioboro*. Yogyakarta: Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.