

**ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN INDOOR 4G LTE
DENGAN JARINGAN WIFI DI GEDUNG G5 FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

Dedy Prasetyo (20140120173)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

E-mail: diiprasetyo@gmail.com

ABSTRACT

Analysis of the performance of the LTE network with WiFi networks was carried out in the G5 building of the Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Yogyakarta, which is the building of the Faculty of Engineering Laboratory. This research was conducted by comparing the LTE network with indoor or indoor WiFi networks, measuring these two networks using the Network Analyzer and Wifi Analyzer application to obtain information on signal quality data based on KPI and TIPHON standardization, which shows RSRP, RSRQ, and Throughput values through measurement using the Network Analyzer and Wifi Analyzer application.

From the results of research that has been done shows that the G5 building has a WiFi internet network that is superior to the LTE internet network. The overall condition of the Wifi network is in very good condition and is stable for each floor. While the LTE network even though it has increased conditions on the second floor but overall is in a bad condition to normal.

The LTE network has an RSRP value with an average of -143 dBm, while a WiFi network with an average of -90 dBm. Then the LTE network has an RSRQ value with an average of -13 dBm, while the Wifi network with an average of -15 dBm. For LTE network throughput it has an average max. ping by 50.9 ms and min. ping is 864.5 ms, while WiFi networks have max average. ping by 24.3 ms and min. ping of 144.5 ms. From the results of these data show that the G5 Building has a good WiFi network and is superior to the LTE network.

Keywords: LTE, WiFi, RSRP, RSRQ, and Throughput.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan dalam bidang teknologi komunikasi informasi saat ini telah mengarah pada penggunaan teknologi tanpa kabel atau dikenal dengan istilah teknologi *Wireless*. Dimulai dengan teknologi Radio Panggil (pager), kemudian telepon tanpa kabel atau *Handphone* dan berkembang hingga teknologi *Bluetooth*.

Kehidupan manusia saat ini dipengaruhi oleh teknologi seperti *handphone* untuk berkomunikasi. Manusia dalam berkomunikasi sudah seharusnya memperhatikan etika-etika dengan baik agar komunikasi tersebut bisa berjalan dengan lancar dan efektif. Sebagai agama yang sempurna Islam mengajarkan dengan sangat detail bagaimana manusia dapat berkomunikasi dengan baik dengan sesamanya.

Terdapat etika-etika dalam berkomunikasi yang diajarkan Islam antara lain : dengan perkataan yang jujur, ringan, mulia, lemah lembut, dan mudah dimengerti. Salah satu ayat Al-quran dan hadist yang menjelaskan tentang komunikasi Qaulana Layyina (perkataan yang lemah lembut) yakni:

QS. Thaha ayat 43-44

إِذْهَبَا إِلَىٰ فِرْعَوْنَ إِنَّهُ طَغَىٰ ﴿٢٣﴾
فَقُولَا لَهُ قَوْلًا لَّيِّنًا لَّعَلَّهُ يَتَذَكَّرُ أَوْ يَخْشَىٰ ﴿٢٤﴾

“Pergilah kamu berdua kepada Fir’aun karena benar-benar dia telah melampaui batas. Maka berbicaralah kamu berdua kepadanya dengan katakata yang lemah lembut, mudah-mudahan dia sadar atau takut”

Kualitas jaringan *indoor* ditentukan oleh seberapa baiknya performansi pada jaringan LTE (*Long Term Evolution*) dan jaringan WiFi (*Wireless Fidelity*), dimana kedua jaringan tersebut sama-sama teknologi *Wireless*. Maka untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas pelayanan koneksi internet di dalam gedung tersebut perlu dibangun infrastruktur jaringan WiFi yang memiliki *Loss* kecil. Sehingga kebutuhan kapasitas trafiknya dapat terlayani dengan maksimal.

2. Tinjauan Pustaka

Fazliadi Rahmatillah, Ir. Uke Kurniawan Usman, MT., Tengku Ahmad Riza, ST., MT. (2015), Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom dalam penelitiannya mengenai “Analisis Performansi *Traffic Offload* Data Antara 3G dan Wifi”. Pada penelitian ini dilakukan analisis dan simulasi *Traffic Offload* Data antara 3G dan WiFi dengan menggunakan *Software* MATLAB R2013b. Analisis dilakukan dengan mengamati parameter *Received Signal Strength*, *Handover User*, dan *Drop User*, *Handover Delay*, dan *Throughput*.

Indra Surjati, Henry Candra, Agung Prabowo, dosen-dosen Jurusan Teknik Elektro-FTI Universitas Trisakti (2007), dalam penelitiannya mengenai “ Analisis Sistem Integrasi Jaringan Wifi Dengan Jaringan GSM *Indoor* Pada Lantai Basement Balai Sidang Jakarta Convention Centre”. Penelitian ini membahas tentang jaringan WiFi yang diintegrasikan ke dalam jaringan telepon selular

GSM 1800 MHz, dengan tujuan mencari solusi yang mudah dan murah dalam pembangunan jaringan internet dan telekomunikasi.

Luthfi Mahfuzh, Heroe Wijanto, Uke Kurniawan Usman (2016), dengan penelitiannya mengenai “Analisis Perencanaan Integrasi Jaringan LTE-Advance Dengan Wifi 802.11n *Existing* pada Sisi *Coverage*”. Penelitian ini dilakukan pada gedung perkuliahan umum Universitas Telkom yang terdiri dari 10 lantai. Hal ini dikarenakan terlalu banyaknya mahasiswa, dosen serta civitas Universitas Telkom yang berada di dalam gedung tersebut mendapatkan penerimaan sinyal pada area *indoor* gedung tersebut menjadi kurang baik. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukannya perancangan jaringan *Long Term Evolution-Advance* (LTE-A) serta WiFi 802.11n.

Nila Feby Puspitasari, Reza Pulungan (2014), dengan penelitiannya mengenai “Optimisasi Penempatan Posisi Acces Point pada Jaringan WiFi Menggunakan Metode *Simulated Annealing*”. Pada penelitian ini yakni melakukan pengukuran terhadap kekuatan sinyal dari *access point* terhadap penerima di ruang dosen dan lobi gedung 2 lantai 1 STMIK AMIKOM Yogyakarta yang diukur menggunakan aplikasi insider dan menghasilkan nilai RSSI (*Received Signal Strength Indication*) dari sebuah *transmitter* terhadap *receiver*. Dalam pengukuran juga digunakan propagasi *Line Of sight* (LOS) dan propagasi *Non Line Of Sight* (NLOS).

Wulan Cahyaningtyas, Wiwin Silistyo (2017), dengan penelitiannya mengenai “Analisis

Radio Frequency Wireless Fidelity (WiFi) pada Performa

Jaringan WiFi FTI UKSW (Studi Kasus WiFi FTI UKSW)”. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja jaringan WiFi di Gedung FTI UKSW melalui penempatan channel WiFi kemudian mengukur penerimaan sinyal di beberapa titik secara langsung kemudian dihitung secara teoritis menggunakan *One Slope Model*.

Pipit Wulandari, Sopian Soim, Mujur Rose (2017), penelitian ini membahas mengenai “Monitoring Dan Analisis Qos (*Quality Of Service*) Jaringan Internet Pada Gedung Kpa Politeknik Negeri Sriwijaya Dengan Metode *Drive Test*”. Penelitian mengamati kualitas jaringan internet dengan melakukan pengukuran langsung secara *real time* dengan menggunakan metode *DriveTest* dengan menggunakan salah satu *provider* sebagai bahan unjuk kerja.

Aishah Garnis, Suroso, Sopian Soim (2017), penelitian ini membahas mengenai “Pengkajian Kualitas Sinyal Dan Posisi Wifi Access Point Dengan Metode RSSI di Gedung KPA Politeknik Negeri Sriwijaya”. Pada penelitian ini kekuatan sinyal diukur untuk memperoleh jarak estimasi menggunakan metode *Received Signal Strength Indicator* (RSSI). Pengukuran yang dilakukann melibatkan kalibrasi nilai RSI untuk setiap node referensi.

Wulandari Rika (2016), penelitian ini membahas mengenai “Analisis QoS (*Quality Of Service*) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Upt Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI)”. Penelitian ini menggunakan

metode *QoS Model Monitoring* yang merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu servis. *Model Monitoring QoS* terdiri dari *monitoring application*, *QoS monitoring*, *monitor*, dan *monitored objects*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Teknologi *Global System for Mobile Communication* (GSM)

Sebelum mengenal teknologi LTE maka perlu memahami sedikit tentang teknologi GSM. Teknologi LTE merupakan perkembangan dari GSM dengan kemajuan teknologi cukup pesat. *Global System for Mobile Communication* (GSM) adalah sebuah teknologi komunikasi selular yang bersifat digital. Penerapan teknologi GSM ini yakni pada komunikasi bergerak, khususnya telepon genggam. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai pada tujuan. GSM dijadikan standar global untuk komunikasi selular sekaligus sebagai teknologi selular yang paling banyak digunakan orang di seluruh dunia.

2.2.2 Teknologi *Long Term Evolution* (LTE)

LTE merupakan cabang paling mutakhir dari pohon teknologi mobile network yang sudah kita kenal luas seperti teknologi jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA yang saat ini menjangkau banyak pelanggan komunikasi bergerak. *Long Term Evolution* (LTE) adalah teknologi radio 4G yang masih dalam tahap pengembangan oleh 3GPP dengan kemampuan

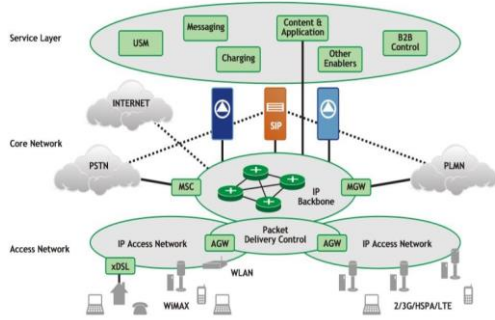
pengiriman data mencapai kecepatan 100 Mbit/s secara teoritis untuk *downlink* dan 50 Mbit/s untuk *uplink*.

LTE didefinisikan dalam standar 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) Release 8 dan juga merupakan evolusi teknologi 1xEV-DO sebagai bagian dari *roadmap standar 3GPP2*. Teknologi ini diklaim dirancang untuk menyediakan efisiensi spectrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, *latency* dan biaya operasional yang rendah bagi operator serta layanan mobile *broadband* kualitas tinggi untuk para pengguna.

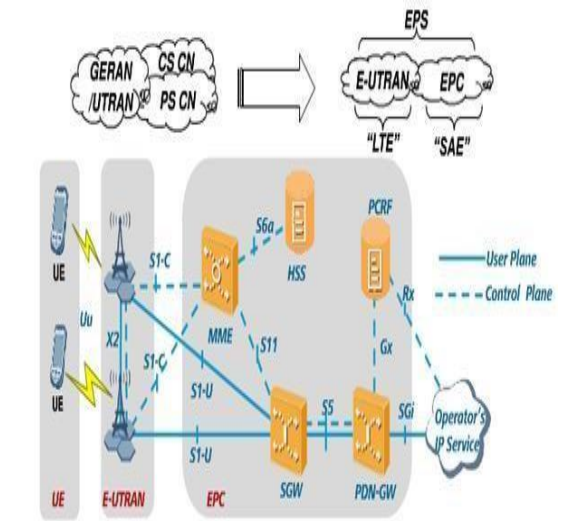
Keunggulan lain dari LTE adalah bila koneksi LTE terlalu lambat, sinyalnya dapat dialihkan ke jaringan teknologi lain, seperti GSM, UMTS, dan teknologi seluler lainnya. Agar LTE menjangkau seluruh wilayah, teknologi ini menggunakan rentang channel yang cukup lebar, mulai dari 1,4 MHz sampai 20MHz.

Kecepatan tersebut dapat dicapai dengan menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada *downlink* dan *Single Carrier Frequency Division Multiplex* (SC-FDMA) pada *uplink*, yang digabungkan dengan penggunaan MIMO demi tercapainya target pesat data yang tinggi. Nantinya seluruh jaringan pada teknologi LTE akan berbasiskan *Internet Protocol* (IP) atau disebut juga *All IP Networks* (AIPN).

LTE - The de facto Mobile Access Standard



Gambar 2. 1 Teknologi LTE (sumber Anritsu LTE Resource Guide)

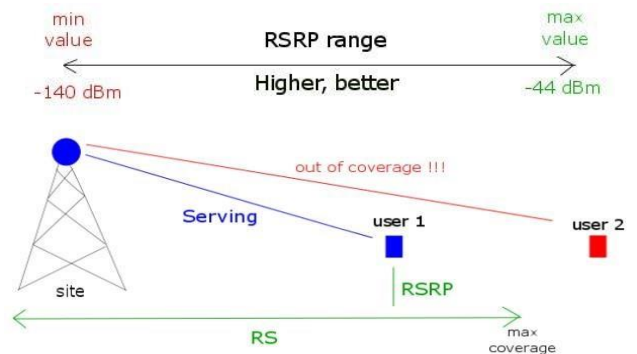


Gambar 2. 2 Arsitektur Jaringan 4G LTE

2.2.2.1 Arsitektur Teknologi LTE

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (*System Architecture Evolution*) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (*Evolved Packet System*). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), EUTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). Arsitektur LTE terdiri atas dua bagian utama yakni LTE itu sendiri yang dikenal juga sebagai EUTRAN (*Evolved UMTS terrestrial radio access network*) dan SAE (*System Architecture Evolution*).

2.2.2.2 Parameter Performansi 4G LTE



a. RSRP (Reference Signal Received Power)

Power dari signal referensi merupakan sinyal LTE power yang diterima oleh *user* melalui frekuensi tertentu, semakin dekat jarak antara *site* dan *user* maka semakin besar RSRP yang diterima oleh *user* dan sebaliknya. RS merupakan *Reference Signal* atau RSRP di tiap titik jangkauan *coverage*. Ketika *user* berada terlalu jauh atau di luar jangkauan RS, maka *user* tidak akan mendapatkan layanan LTE.

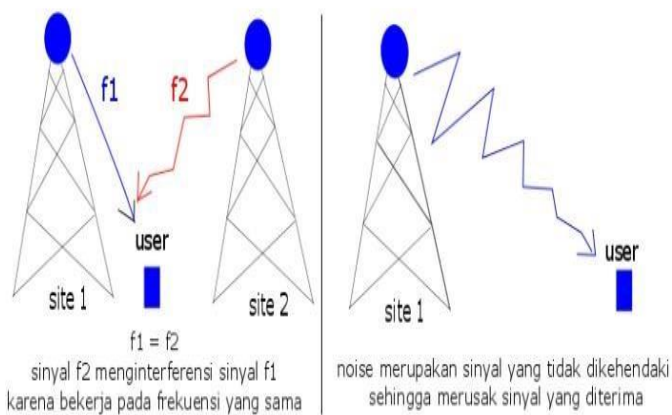
Gambar 2. 3 User 1 Menerima Serving RSRP dari Site

Tabel 2. 1 Standar Nilai *Signal Strength RSRP*

Bagus	$15, \leq 0$
Normal	$0, \leq -5$
Buruk	$-5, \leq -11$
Sangat buruk	$-11, \leq -20$

b. SINR (Signal to Noise Ratio)

SINR (*Signal Interference to Noise Ratio*) merupakan rasio perbandingan kuat sinyal antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dibanding *nois background* yang timbul (tercampur dengan sinyal utama). Dalam arti rasio yang antara rata-rata power diterima dengan ratarata interferensi dan *noise*. Minimum RSRP dan SINR yang sesuai tergantung dengan *bandwidth* frekuensinya.



Gambar 2. 4 Perbedaan *Interferensi* dan *Noise*

Tabel 2. 2 Standar Nilai SINR untuk LTE

Kategori	Range Nilai SINR
Sangat bagus	$30, \leq 15$

c. RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ (*Reference Signal Receive Quality*) merupakan kualitas sinyal yang diterima UE yakni perbandingan antara RSRP dan *wideband power*. RSRQ juga dipengaruhi oleh sinyal, *noise* dan *interference* yang diterima oleh UE. Satuan RSRQ adalah dB dan nilainya selalu negatif (karena nilai RSSI selalu lebih besar dibandingkan dengan $N \times$ RSRP). RSRQ membantu sistem dalam proses *handover* di mana RSRQ dapat meranking

Kategori	Range Nilai RSRP
Sangat bagus	-80
Bagus	$\leq -90, < -80$
Normal	$\leq -100, < -90$
Buruk	$\leq -120, < -100$
Sangat buruk	> -120

performansi kandidat sel dalam proses *cell selection-reselection* dan *handover* berdasarkan kualitas sinyal yang diterima.

Tabel 2. 3 Standar Nilai RSRQ

2.2.3 Teknologi *Wireless Fidelity* (Wi-Fi)

Wireless Fidelity (Wi-Fi) adalah teknologi yang digunakan untuk menyediakan akses internet nirkabel di zona terbatas yang dikenal dengan istilah hotspot. WiFi adalah sebagai pengganti istilah Wireless LAN, yang disertifikasi oleh WiFi platform standar jaringan IEEE 802.11 walaupun demikian setiap Wireless LAN tunggal (Local Area Network) tidak diharus disertifikasi oleh WiFi Alliance.

WiFi merupakan bentuk pemanfaatan teknologi *Wireless Local Area Network* (WLAN) pada lokasi-lokasi publik dengan standar pengembangan IEEE 802.11 antara lain IEEE 802.11.b; 802.11.a; dan 802.11.g. Pada awal perkembangannya teknologi WiFi identik dengan standar IEEE 802.11.b yang memiliki kemampuan transmisi data sampai 11 Mbps pada pita frekuensi 2,4 GHz, hal ini dikarenakan teknologi dengan standar ini yang berkembang sangat pesat. Teknologi WiFi memiliki keterbatasan dalam hal *coverage area* yaitu sebesar radius 100 m.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Jaringan WiFi

Spesifikasi	Kecepatan (Mb/s)	Frekuensi (GHz)	Jenis
802.11a	54	5	a
802.11b	11	2.4	b
802.11g	54	2.4	b,g

Kategori		Range Nilai RSRQ	
Sangat bagus		-9	
Bagus		$-10, \leq -9$	
Normal		$-15, \leq -10$	
Buruk		$-19, \leq -15$	
Sangat buruk		< -20	

802.11n	100	2.4	b,g,n
---------	-----	-----	-------

Access Point, semakin jauh jarak antara *host* dengan router/AP, maka kualitas jaringan semakin menurun. Begitu pula jika ada halangan seperti pintu, tembok, logam, atau interferensi dari telepon nirkabel atau *microwave*, kualitas jaringan akan langsung menurun. Keuntungan dari sistem wifi, pemakai tidak dibatasi ruang gerak dan hanya dibatasi pada jarak jangkauan dari satu titik pemancar wifi. Untuk jarak pada sistem wifi mampu menjangkau area 100 feet atau 30 meter radius

Signal to Noise Ratio mengukur sensitivitas dampak (sinyal) terhadap faktor-faktor gangguan. Sinyal ini diukur dengan nilai rata-rata, sementara faktor gangguan diukur melalui deviasi standar respons. Dengan demikian, rasio S/N pada dasarnya adalah sebuah rasio mean terhadap deviasi standar (dalam statistik, rasio ini, merupakan kebalikan dari koefisiensi variasi). Rasio S/N yang tertinggi berarti sensitivitas terhadap faktor gangguan rendah. Sebagai contoh, sinyal untuk suatu jasa pengiriman bisa berbentuk pengiriman tepat waktu suatu paket dengan selamat ke tempat tujuannya (Arnomo, 2014).

2.2.4 Konsep Analisis Performansi Jaringan LTE dan Jaringan WiFi Indoor

Pengukuran Performansi jaringan internet memperhitungkan dua aspek penting yaitu Network KPI (*Key Performance Indicator*) yang bekerja sebagai indikator kinerja network yang ditargetkan mengenai traffic growth, accessibility dan mobility. Serta User perceived experience yaitu suatu pengalaman yang dirasakan langsung oleh costumer mengenai kecepatan data *downlink* dan *uplink*, *battery lifetime*, serta seberapa lama melakukan panggilan terhubung dan panggilan terputus (Yulianto, 2017)

Salah satu kategori dari KPI yaitu QoS (*Quality of Service*) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis (Wulandari, 2016).

Tabel 2.5 Pengukuran Jaringan LTE dengan Jaringan WiFi

Tabel 2.6 Rumus Perhitungan

Parameter	Rumus
RSRP	$RSRP \text{ (dBm)} = RSSI \text{ (dbm)} - 10 * \log(12 * N)$
RSRQ	$RSRQ \text{ (dB)} = RSRP * (N / RSSI)$
SNR	$SNR \text{ (dB)} = 12 * RSRQ * (Re/Rb)$

Keterangan :

$N = Resource \text{ Blok}$ dan tergantung pada *bandwidth* yang diukur.

$Re = Recource \text{ Elemen}$

$Rb = Recource \text{ Block}$

Tabel 2.7 Rumus Konversi dB dan dBm ke Watt

Satuan	Rumus
dB	$10^{(dB-3)} \text{ Watts}$
dBm	$10^{((dBm-30) / 10)} \text{ Watts}$

2.2.5 Software Network Analyzer dan Wifi Analyzer

Network Analyzer merupakan sebuah software yang dapat digunakan untuk mendiagnosis masalah dalam pengaturan jaringan, koneksi internet, dan juga mendeteksi berbagai masalah pada server. Software ini dapat didownload pada playstore pada versi lite ataupun versi pro atau berbayar, Network Analyzer berisikan alat *diagnostic* bersih standar seperti ping, *traceroute*, pemindai port, pencarian DNS, dan whois. Network Analyzer juga dapat menunjukkan semua jaringan wifi sekitar bersama dengan rincian tambahan seperti kekuatan sinyal (*signal strength*), enkripsi dan

Parameter QoS	LTE	WiFi	Satuan
<i>Signal strength</i>	<i>Received Signal Strength Indicator (RSSI)</i>	<i>Received Signal Strength Indicator (RSSI)</i>	dB
Frekuensi radio (RF)	<i>Reference Signal Received Power (RSRP)</i>	<i>Reference Signal Received Power (RSRP)</i>	
	<i>Reference Signal Received Quality (RSRQ)</i>	<i>Reference Signal Received Quality (RSRQ)</i>	
	<i>Signal Noise Ratio (SNR)</i>	<i>Signal Noise Ratio (SNR)</i>	
<i>Throughput</i>	<i>Packet loss</i>	<i>Packet loss</i>	Data
	<i>Latency (delay)</i>	<i>Latency (delay)</i>	Second

pembuat *router* untuk membantu menemukan saluran terbaik untuk *router* nirkabel. Berikut merupakan tampilan Network Analyzer tersebut :



Gambar 2. 5 Tampilan Software Network Analyzer

Sedangkan Software Wifi Analyzer juga hampir sama dengan Network Analyzer yakni hanya dapat menganalisa jaringan WiFi saja, software ini memonitor dan menganalisa jaringan dan memberi peringatan jika terdapat masalah. Keunggulan dari software ini yakni dapat memiliki fitur dapat memeriksa keamanan wifi, dukungan 2,4 dan 5 GHz, informasi

lengkap seperti titik akses, titik akses vendor, frekuensi, lebar saluran, tingkat keamanan, dan info DHCP, BSSID, (alamat mac router). Berikut tampilan dari software Wifi Analyzer :



Gambar 2. 6 Tampilan Software Wifi Analyzer

3. Metode Penelitian

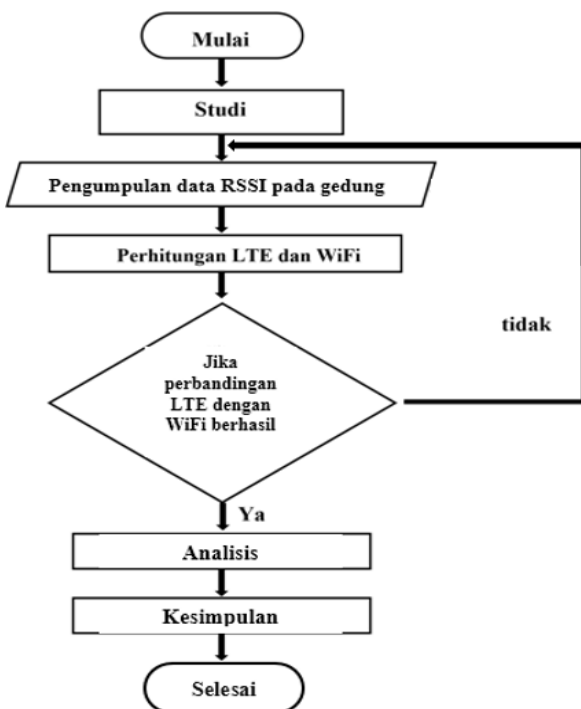
3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih sebagai tempat penelitian dan pengumpulan data adalah Gedung G5 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan objek penelitian yaitu kualitas jaringan LTE dan jaringan WiFi, perbandingan kedua jaringan tersebut. Peta lokasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Peta Gedung G5 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (Sumber : Google Maps)

3.2 Prosedur Penelitian



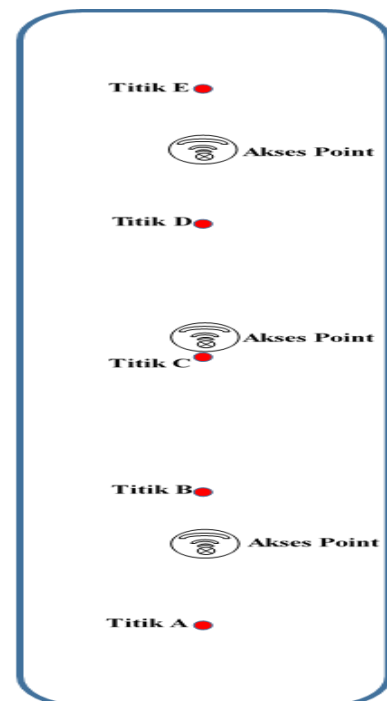
Gambar 3. 2 Flow Chart

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan memiliki beberapa tahapan yakni dengan menganalisis kualitas sinyal jaringan LTE indoor, kualitas sinyal jaringan WiFi, dan perbandingan yang terdapat pada kedua jaringan tersebut. Tahapan-tahapan yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:

3.5.1 Menentukan titik-titik point pada gedung

Dalam menentukan titik point ini bertujuan untuk mendapatkan data yang cukup, dimana titik tersebut dapat mewakili area jaringan LTE dan jaringan WiFi didalam gedung. Penempatan titik point ini menyesuaikan kondisi atau bentuk gedung agar dapat mencakup seluruh area didalam gedung ditiap lantai. Jumlah titik point yang akan digunakan juga disesuaikan dengan area yang akan diukur agar didapatkan hasil pengukuran



yang efektif dan maksimal.

Gambar 3. 3 Titik-titik Pengukuran Lorong Gedung G5

3.5.2 Pengukuran Frekuensi Radio (RF)

Frekuensi Radio merupakan salah satu gelombang frekuensi elektromagnetik yang terletak pada frekuensi 3 kHz hingga 300 GHz. Hasil dari pengukuran ini bertujuan mengetahui kekuatan sinyal baik daya pancar dan daya terima yang dihasilkan oleh jaringan LTE dan jaringan WiFi. Adapun satuan yang digunakan untuk menilai *Signal Strength* yaitu dBm dimana ini merupakan satuan kuat sinyal *handphone* yang menunjukkan penerimaan sinyal dari BTS (*Base Transceiver Station*) operator terdekat. Tabel berikut menunjukkan klasifikasi dari kuat sinyal berdasarkan nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*)

Tabel 3. 1 Klasifikasi *Signal Strength*

Watt	RSSI	Signal Strength
>0.1 nW	>-70 dBm	Very Good
0.1 nW to 0.003 nW	-70 dBm to -85 dBm	Good
0.003 nW to 0.1 pW	-86 dBm to -100 dBm	Normal
0.1 pW to 0.01 pW	-100 dBm to -110 dBm	Bad
<0.01 pW	<-110 dBm	Very Bad

RSRP (Reference Signal Received Power) Suatu Tipe Pengukuran Sinyal LTE yang mana sebagai indikator power rata-rata pada suatu *resource element* yang membawa *reference signal* dalam *subcarrier* dinamakan *RSRP*. Selain itu *RSRP* sebagai parameter sinyal LTE power yang diterima oleh pemakai dalam frekuensi tertentu.

Tabel 3. 2 Klasifikasi *RSRP*

Daya (watt)	Range RSRP (dBm)	Kategori
0.01 nW \geq x	-80 \leq x	Very Good
0.001 nW to 0.01 nW	-90 to -80	Good
0.1 pW to 0.001 nW	-100 to -90	Normal
0.001 pW to 0.1 pW	-120 to -100	Bad
0.001 pW \geq x	-120 \geq x	Very Bad

RSRQ (Reference Signal Received Quality) merupakan 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 Signal Strength Indication)*.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Nilai *RSRQ*

Daya (Watt)	Range RSRQ (dB)	Kategori
0.8 mW \leq x	-9 \leq x	Very Good
0.1 mW to 0.8 mW	-10 to -9	Good
0.03 mW to 0.1 mw	-15 to -10	Normal
0.012 mW to 0.03 mW	-19 to -15	Bad
0.010 mW \geq x	-20 \geq x	Very Bad

SNR (Signal Noise Ratio)/ SINR Merupakan perbandingan (*ratio*) antara rata-rata) power yang diterima dengan rata-rata *interference* dan *noise*. Nilai *Signal Noise Ratio* digunakan untuk mengetahui kualitas jalur koneksi. Semakin besar nilai suatu *SNR* maka semakin tinggi kualitas jalur tersebut artinya pada saat *SNR* makin besar maka

jalur yang dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal dalam kecepatan yang tinggi.

Setelah semua data terkumpulkan maka akan dilakukan perhitungan menggunakan rumusan. Berikut adalah klasifikasi *resource block* yang digunakan serta rumus perhitungannya :

Tabel 3. 4 Klasifikasi *Resource Block* (sumber: Anritsu LTE Resource Guide)

Channel Bandwidth (MHz)	Maximum Number Of Resource Blocks	Maximum Occupied Bandwidth (MHz)
1.4	6	1.08
3	15	2.7
5	25	4.5
10	50	9.0
15	75	13.5
20	100	18.0

3.5.3 Pengukuran *Throughput* jaringan LTE dan jaringan WiFi

Throughput yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif jalur unggah dan unduh, atau bisa disebut juga kecepatan rata-rata data yang diterima oleh suatu node (UE ke ENodeB), dalam selang waktu pengamatan tertentu. *Throughput* merupakan bandwidth aktual saat itu juga dimana kita sedang melakukan koneksi. Satuan yang dimilikinya sama dengan *bandwidth* yaitu bps. Pengukuran yang akan dilakukan yakni pengukuran *Packet Loss* dan *Delay (Latency)*.

Packet Loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh tabrakan (*collision*), penuhnya kapasitas jaringan, dan penurunan paket yang disebabkan oleh habisnya TTL (*Time To Live*) paket.

Delay (Latency) adalah waktu tunda saat paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik menuju titik lain yang menjadi tujuannya.

Tabel 3. 5 Klasifikasi Penilaian *Throughput* (Sumber : THIPON)

Kategori	<i>Packet Loss</i>	<i>Delay (latency)</i>	Indeks
Sangat bagus	0	$X < 150$ ms	4
Bagus	3	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	15	300 ms s/d 450 ms	2
Jelek	25	$X > 450$ ms	1

3.5.4 Klasifikasi yang digunakan untuk pengukuran RSSI, RSRP, RSRQ, dan *Delay (Latency)*

Pembuatan tabel klasifikasi ini diperlukan untuk mempermudah dalam membandingkan jaringan internet LTE dengan jaringan internet WiFi.

warna	Indeks angka	Klasifikasi	RSSI (dBm)	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)
	5	Very good	$X > -70$	$X \geq -80$	$X \geq -9$
	4	Good	-70 to -85	-80 to -90	-9 to -10
	3	Normal	-86 to -100	-90 to -100	-10 to -15
	2	Bad	-100 to -110	-100 to -120	-15 to 19
	1	Very bad	$X < -110$	$X \leq -120$	$X \leq -20$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengambilan data pada Lantai Dasar

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengukuran

Titik	RSSI (dBm)	
	LTE	WiFi
A	-118	-49
B	-117	-56
C	-115	-58
D	-118	-56
E	-113	-73

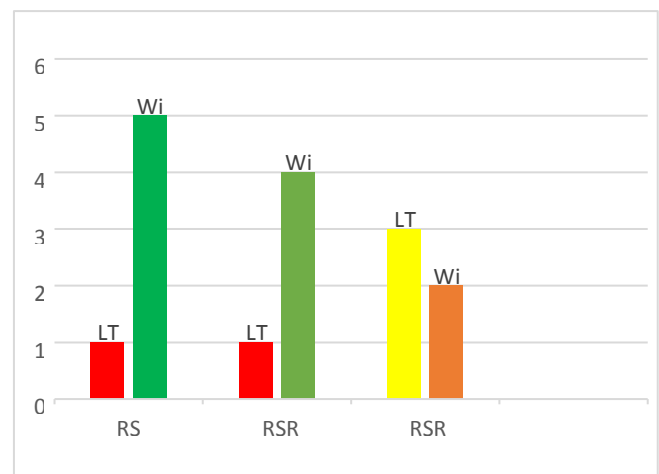
Dari data tabel yang telah diperoleh melalui pengukuran menggunakan software Network Analyzer, menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai RSSI antara jaringan LTE dengan jaringan WiFi. Perbedaan yang diperoleh dapat dikatakan hampir dua kali jaringan WiFi lebih unggul ketimbang jaringan LTE. Setelah memperoleh data primer maka selanjutnya menghitung nilai RSRP dan RSRQ.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Titik	RSSI (dBm)		RSRP (dBm)		RSRQ (dB)	
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi
A	-118	-49	-148	-79	-12.5	-16.1
B	-117	-56	-147	-86	-12.6	-14.8
C	-115	-58	-145	-88	-12.6	-15.2
D	-118	-56	-148	-86	-12.5	-14.8
E	-113	-73	-143	-103	-12.6	-14.1
Rata-rata	-116	-58	-146	-88	-12.6	-15

Tabel 4. 3 Klasifikasi Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Titik	RSSI (dBm)		RSRP (dBm)		RSRQ (dB)	
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi
A	Very Bad	Very Good	Very Bad	Very Good	Normal	Bad
B	Very Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Normal
C	Very Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Bad
D	Very Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Bad
E	Very Bad	Good	Very Bad	Bad	Normal	Normal
Rata-rata	Very Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Bad



Gambar 4. 1 Grafik Klasifikasi Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

4.1.3 Pengukuran Delay (*Latency*) dan Packet Loss

Pengukuran yang dilakukan pada bagian ini yakni menggunakan software Net Analyzer, dimana software ini memiliki *Tools Ping*. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengetahui *Delay* serta *Packet Loss* yang terjadi. Ping dilakukan dari alamat awal *device handphone* (10.235.165.217) ke alamat tujuan www.google.com

(172.217.26.78). ping yang dilakukan sebanyak 20 kali / 20 *packet* yang dikirimkan.

Delay (Latency) dengan satuan (ms)							
Titik	Max. ping		Min. ping		Median ping		Packet Loss
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi	
A	92.0	28.3	1733.1	71.7	311.6	45.5	9 (LTE) dan 1 (WiFi)
B	57.5	37.7	1990.6	86.6	88.3	51.5	4 (LTE)
C	64.0	26.3	474.0	56.7	145.8	48.0	0
D	55.1	27.8	358.7	90.7	102.9	45.1	0
E	49.4	37.2	274.1	126.8	63.0	50.4	0

Tabel 4. 4 Pengukuran *Delay* dan *Packet Loss*

Dari pata pengukuran yang telah diperoleh baik *Delay* maupun *Packet Loss* menunjukkan bahwa jaringan WiFi lebih unggul ketimbang jaringan LTE. Pada kondisi terbaik (max. ping) kedua jaringan dalam klasifikasi sangat baik, tetapi pada kondisi terburuk (min. ping) maka terlihat bahwa jaringan LTE berada pada klasifikasi Jelek, sedangkan jaringan WiFi tetap pada klasifikasi Sangat Bagus.

Tabel 4. 5 Klasifikasi *Delay* dan *Packet Loss*

Delay (Latency) dengan satuan (ms)							
Titik	Max. ping		Min. ping		Median ping		Packet Loss
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi	
A	Sangat bagus	Sangat bagus	Jelek	Sangat bagus	Sedang	Sangat bagus	Sedang
B	Sangat bagus	Sangat bagus	Jelek	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
C	Sangat bagus	Sangat bagus	Jelek	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	0
D	Sangat bagus	Sangat bagus	Sedang	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	0
E	Sangat bagus	Sangat bagus	Bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	0

4.2 Pengambilan data pada Lantai Satu

Tabel 4. 6 Data Hasil Pengukuran

Titik	RSSI (dBm)	
	LTE	WiFi
A	-114	-78
B	-108	-62
C	-118	-64
D	-114	-63
E	-116	-65

Dari data tabel yang telah diperoleh melalui pengukuran menggunakan software Network Analyzer, menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai RSSI antara jaringan LTE dengan jaringan WiFi. Perbedaan yang diperoleh dapat dikatakan juga hampir dua kali jaringan WiFi lebih unggul ketimbang jaringan LTE, tetapi nilai RSSI yang dihasilkan sedikit mengalami penurunan. Setelah memperoleh data primer maka

selanjutnya menghitung nilai RSRP dan RSRQ.

4.2.3 Pengukuran Delay (*Latency*) dan Packet Loss

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Titik	RSSI (dBm)		RSRP (dBm)		RSRQ (dB)	
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi
A	-114	-78	-144	-108	-12.6	-13.8
B	-108	-62	-138	-92	-12.8	-14.8
C	-118	-64	-148	-94	-12.5	-14.7
D	-114	-63	-144	-93	-12.6	-14.8
E	-116	-65	-146	-95	-12.6	-14.6
Rata-rata	-114	-66	-144	-96	-12.6	-14.5

Pengukuran yang dilakukan pada bagian ini yakni menggunakan software Net Analyzer, dimana software ini memiliki *Tools* Ping. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengetahui *Delay* serta *Packet Loss* yang terjadi. Ping dilakukan dari alamat awal device handphone (10.235.165.217) ke alamat tujuan www.google.com (172.217.26.78). ping yang dilakukan sebanyak 20 kali / 20 packet yang dikirimkan.

Tabel 4. 9 Pengukuran *Delay* dan *Packet Loss*

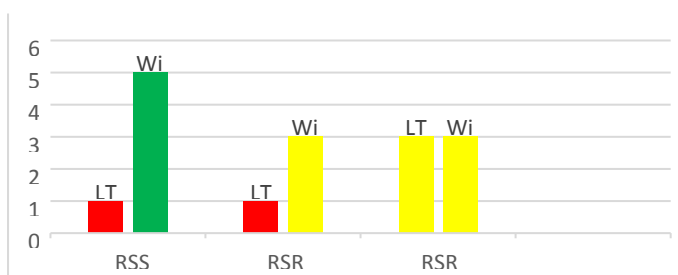
Titik	Delay (Latency) dengan satuan (ms)						<i>Packet Loss</i>
	Max. ping		Min. ping		Median ping		
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi	
A	63.4	33.1	312.6	78.2	120	46.8	0
B	57.8	39.2	427	133.5	113.8	48.5	0
C	52.4	41.4	335.2	61.3	68.8	46.8	0
D	64.7	27.3	314.2	210.0	83.3	46	1(LTE)
E	55.7	21.1	370.4	87.1	100.2	45.4	0

Tabel 4. 8 Klasifikasi Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Titik	RSSI (dBm)		RSRP (dBm)		RSRQ (dB)	
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi
A	Very Bad	Good	Very Bad	Bad	Normal	Normal
B	Bad	Very Good	Very Bad	Normal	Normal	Normal
C	Very Bad	Very Good	Very Bad	Normal	Normal	Normal
D	Very Bad	Very Good	Very Bad	Normal	Normal	Normal
E	Very Bad	Good	Very Bad	Normal	Normal	Normal
Rata-rata	Very Bad	Very Good	Very bad	Normal	Normal	Normal

Tabel 4. 10 Klasifikasi *Delay* dan *Packet Loss*

Titik	Delay (Latency) dengan satuan (ms)						<i>Packet Loss</i>
	Max. ping		Min. ping		Median ping		
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi	
A	Sangat bagus	Sangat bagus	Sedang	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
B	Sangat bagus	Sangat bagus	Sedang	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
C	Sangat bagus	Sangat bagus	Sedang	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
D	Sangat bagus	Sangat bagus	Sedang	Bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Bagus
E	Sangat bagus	Sangat bagus	Sedang	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus



Gambar 4. 2 Grafik Klasifikasi Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Dari pata pengukuran yang telah diperoleh baik *delay* maupun *Packet Loss* menunjukkan

bahwa jaringan WiFi lebih unggul ketimbang jaringan LTE.

4.3 Pengambilan data pada Lantai Dua

Tabel 4. 11 Data Hasil Pengukuran

Titik	RSSI (dBm)	
	LTE	WiFi
A	-113	-72
B	-108	-50
C	-105	-43
D	-103	-53
E	-109	-61

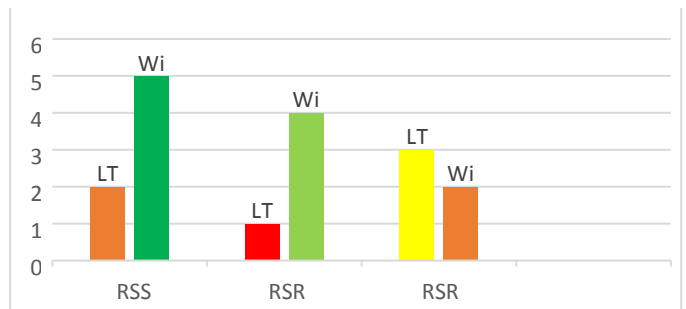
Dari data tabel yang telah diperoleh melalui pengukuran menggunakan software Network Analyzer, menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai RSSI antara jaringan LTE dengan jaringan WiFi. Pada lantai Dua ini nilai RSSI pada LTE mengalami peningkatan dari klasifikasi *Very Bad* menjadi *Bad*. Setelah memperoleh data primer maka selanjutnya menghitung nilai RSRP dan RSRQ.

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Titik	RSSI (dBm)		RSRP (dBm)		RSRQ (dB)	
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi
A	-113	-72	-143	-102	-12.6	-14.2
B	-108	-50	-138	-80	-12.8	-16
C	-105	-43	-135	-73	-12.9	-16.8
D	-103	-53	-133	-83	-13.1	-15.7
E	-109	-61	-139	-91	-12.8	-14.9
Rata-rata	-108	-56	-138	-86	-12.8	-15.5

Tabel 4. 13 Klasifikasi Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

Titik	RSSI (dBm)		RSRP (dBm)		RSRQ (dB)	
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi
A	Very Bad	Good	Very Bad	Bad	Normal	Normal
B	Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Bad
C	Bad	Very Good	Very Bad	Very Good	Normal	Bad
D	Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Bad
E	Bad	Very Good	Very Bad	Normal	Normal	Bad
Rata-rata	Bad	Very Good	Very Bad	Good	Normal	Bad



Gambar 4. 3 Grafik Klasifikasi Hasil Perhitungan RSRP dan RSRQ

4.3.3 Pengukuran Delay (*Latency*) dan Packet Loss

Pengukuran yang dilakukan pada bagian ini yakni menggunakan software Net Analyzer, dimana software ini memiliki *Tools Ping*. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengetahui *Delay* serta *Packet Loss* yang terjadi. Ping dilakukan dari alamat awal *device handphone* (10.235.165.217) ke alamat tujuan www.google.com (172.217.26.78). ping yang dilakukan sebanyak 20 kali / 20 *packet* yang dikirimkan.

Tabel 4. 14 Pengukuran *Delay* dan *Packet Loss*

Delay (Latency) dengan satuan (ms)							
Titik	Max. ping		Min. ping		Median ping		Packet Loss
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi	
A	51	34.2	232.6	77.3	61.9	50.4	0
B	53.1	33.9	142.4	94.7	61.6	44.5	0
C	54.1	29.2	153.3	83.2	67.9	44.8	0
D	53.4	39.8	113.2	94.7	65.7	48.4	0
E	58.6	25.6	125.1	77.3	73.2	44.6	0

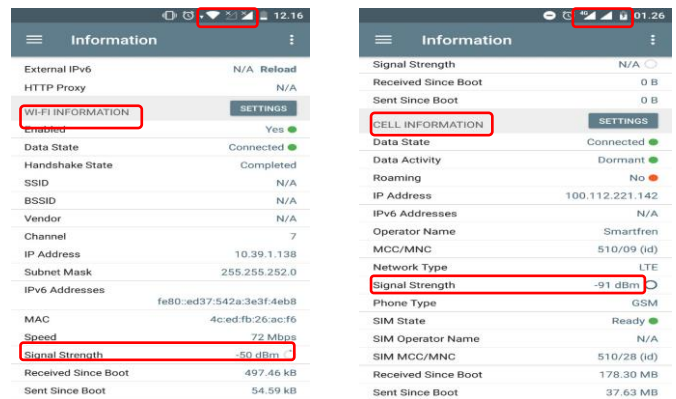
Tabel 4. 15 Klasifikasi *Delay* dan *Packet Loss*

Delay (Latency) dengan satuan (ms)							
Titik	Max. ping		Min. ping		Median ping		Packet Loss
	LTE	WiFi	LTE	WiFi	LTE	WiFi	
A	Sangat bagus	Sangat bagus	Bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
B	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
C	Sangat bagus	Sangat bagus	Bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
D	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus
E	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus

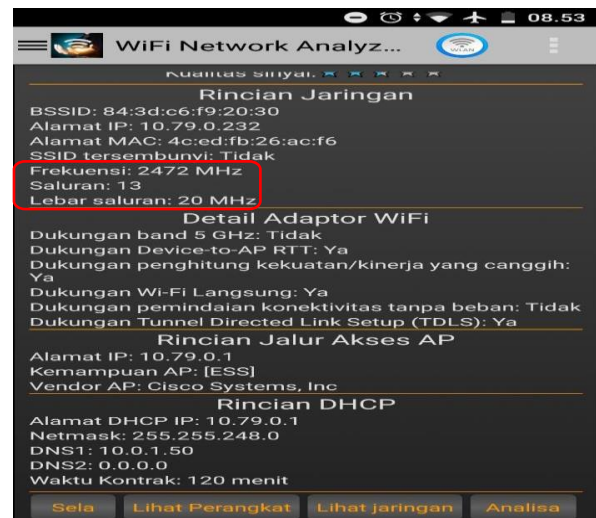
Dari pata pengukuran yang telah diperoleh baik *Delay* maupun *Packet Loss* menunjukkan bahwa jaringan WiFi tetap lebih unggul ketimbang jaringan LTE. Pada kondisi terbaik (max. ping) kedua jaringan dalam klasifikasi sangat bagus. Demikian pada kondisi terburuk (min. ping) kedua jaringan juga dalam kondisi sangat bagus. Pada lantai dua ini *Througput* pada jaringan LTE dalam kondisi paling baik ketimbang lantai-lantai dibawahnya.

4.5 Hasil Pengukuran dengan *Software*

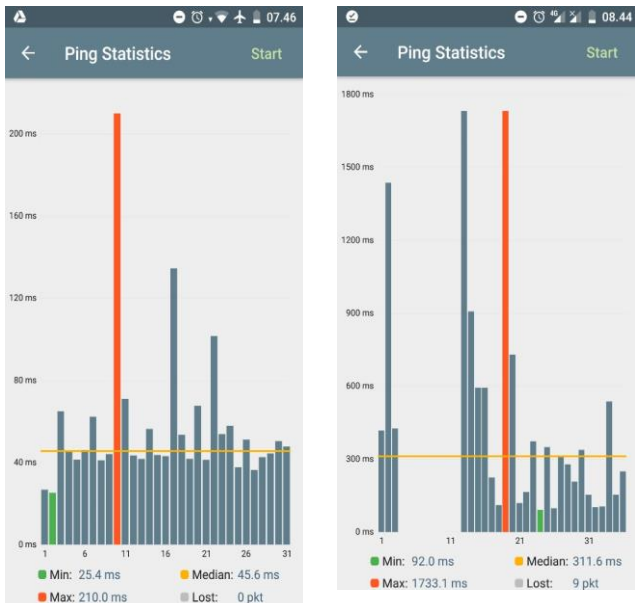
Pengukuran atau pengambilan data pada penelitian ini menggunakan *software* Network Analyzer dan WiFi analyser. Pada *software* Network Analyzer digunakan untuk mengukur nilai RSSI dan memiliki tools yang dapat digunakan utilitas ping sebagai cara mencari *delay*. Sedangkan Wifi Analyzer digunakan untuk mencari frekuensi dan lebar pita yang digunakan. Berikut hasil *Screenshoot* dari *software* yang digunakan :



Gambar 4. 4 Hasil Pengukuran RSSI Jaringan LTE dan WiFi



Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran *Bandwidth*



Gambar 4. 6 Hasil Pengukuran Delay dengan Ping.

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian tugas akhir ini, yang menjadi inti pembahasan adalah mengenai kualitas sinyal yang dihasilkan antara LTE dengan WiFi pada lokasi *indoor* gedung. Berdasarkan data dan analisis pengukuran dan perhitungan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Untuk membandingkan antara jaringan internet LTE dengan Jaringan WiFi diperlukan parameter yang sesuai dimana dapat digunakan untuk menilai jaringan LTE sekaligus WiFi, yakni seperti parameter *Radio Frequency* dan *Throughput*.
2. Untuk jaringan LTE Pada tiap lantai gedung nilai RSSI dan RSRP didapat bahwa semakin tinggi lantai maka akan semakin baik nilainya.. Kemudian untuk jaringan Wifi pada tiap lantai gedung nilai RSRP didapat bahwa stabil pada kondisi *very good*.
3. Perhitungan pada jaringan LTE pada tiap lantai gedung nilai RSRQ didapat bahwa semakin tinggi

lantai maka akan semakin menurun nilainya. Tetapi penurunan yang terjadi tidaklah signifikan dan tetap dalam kondisi normal pada semua lantai. Sedangkan pada jaringan WiFi didapat nilai RSRQ yang juga stabil di tiap lantai atau dalam kondisi normal.

4. Perhitungan *Throughput* secara keseluruhan pada jaringan LTE dan WiFi didapat bahwa keduanya memiliki kualitas yang sama atau dalam kondisi sangat bagus. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara *radio frequency* dengan *Throughput* yang dihasilkan, yakni semakin baik RF maka akan semakin baik juga *throughputnya* dan sebaliknya.
5. Secara keseluruhan dari analisis yang telah dilakukan bahwa antara jaringan internet LTE dengan jaringan internet WiFi untuk lokasi didalam gedung atau *indoor*, didapat bahwa lebih unggul pada jaringan internet WiFi. Hal ini dipengaruhi oleh kualitas sinyal yang diterima dari akses point WiFi lebih kuat. Sedangkan kualitas sinyal dari jaringan internet LTE pada lokasi *indoor* lebih rendah, dikarenakan terdapat *obstacle* seperti bangunan dan jarak yang lebih jauh dari pemancar sinyal LTE.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis atas penelitian mengenai analisis performansi jaringan internet LTE dengan WiFi gedung G5 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah sebagai berikut :

1. Dalam membandingkan antara jaringan internet LTE dengan jaringan internet WiFi tidak hanya berdasarkan parameter *Radio Frequency* dan *Throughput*, tetapi juga dapat menggunakan

parameter lainnya seperti interferensi, SNR (*signal to ratio*), EIRP (*effective isotropic radiated power*), dan suhu/cuaca agar hasil yang didapat lebih maksimal.

2. Saat melakukan pengukuran dengan menggunakan satu *device* yakni *handphone* pastikan sinyal yang ditangkap oleh device tersebut tidak diganggu oleh sinyal lainnya. Seperti saat mengukur sinyal WiFi maka disarankan agar mengaktifkan mode pesawat agar sinyal dari LTE tidak ikut masuk, dan sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnomo, Sasa. 2014. Analisis *Quality Of Signal Wifi* (Qsw) Pada Jaringan *Hotspot* Rt/Rw Berdasarkan Jenis Halangan Dan Lokasi. Batam : Universitas Putra Batam.
- Cahyaningtiyas, Sulistyoyo. 2017. Analisis *Radio Frequency Channel Wireless Fidelity* (WiFi) pada Performa Jaringan WiFi FTI UKSW (Studi Kasus WiFi FTI UKSW). Jurusan Teknik Informatika. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga.
- Garnis, Aishah dkk. 2017. Pengkajian Kualitas Sinyal Dan Posisi Wifi *Access Point* Dengan Metode RSSI Di Gedung KPA Politeknik Negeri Sriwijaya. Prosiding SNATIF ke-4.
- Mahfuzh, Luthfi dkk. 2016. Analisis Perencanaan Integrasi Jaringan LTE-Advance Dengan Wifi 802.11n *Existing* pada Sisi *Coverage*. Universitas Telkom.
- Nugroho, Rivan dkk. 2018. Perencanaan Jaringan Mikrosel 4G LTE di Skywal Cihampelas Bandung. E-Journal Spektrum. Vol. 5, No. 1 Maret.
- Puspitasari, Pulungan. 2015. Optimisasi Penempatan Posisi Access Point pada Jaringan Wi-Fi Menggunakan Metode Simulated Annealing. E-Journal Spektrum. Vol. 2, No. 1, Januari
- Rahmatillah, Fazliadi dkk. 2015. Analisis Performansi *Traffic Offload* Data antara 3G dan Wifi. E-Journal Spektrum. Vol. 2, No.1 April.
- Surjati, Indra dkk. 2007. Analisis Sistem Integrasi Jaringan Wifi Dengan Jaringan Gsm Indoor Pada Lantai Basement Balai Sidang Jakarta Convention Centre. E-Journal Spektrum. Vol. 7 No. 1 Agustus.
- Wulandari, Pipit dkk. 2017. Monitoring Dan Analisis QoS (*Quality Of Service*) Jaringan Internet Pada Gedung KPA Politeknik Negeri Sriwijaya Dengan Metode Drive Test. Prosiding SNATIF ke-4.
- Wulandari, Rika. 2016. Analisis QoS (*Quality Of Service*) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI). Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi Vol. 2 No. 2 Agustus.