

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Teknologi jaringan komunikasi adalah serangkaian komponen teknologi yang saling berhubungan antara satu dan lainnya. Salah satu diantaranya yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu teknologi jaringan 4G LTE. Untuk mengetahui perbedaan kecepatan dalam mengakses perlu adanya penelitian dan pengujian terhadap jaringan tersebut. Oleh karena itu untuk mendapatkan suatu jaringan yang baik perlu adanya *signal strength* dan layanan *quality of service* yang baik pula.

Adapun penelitian yang relevan terhadap tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mardiana Wulansari, 2018. Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Analisis *Quality of Service (QoS)* Pada Jaringan 4G LTE *Outdoor* Berdasarkan Parameter *Throughput*, *Jitter* dan *Packet Loss* di Jalan Malioboro”.
2. Rafiqy Ma’ruf, 2018. Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Analisis Performansi Jaringan *Outdoor* 4G LTE di Jalan Malioboro Yogyakarta”.
3. Menpo Vascodegama Panjaitan, Jurnal TRANSIENT, Vol. 7, No. 2, Juni 2018 dengan judul “Analisis *Quality of Service (QoS)* Jaringan 4G Dengan Metode *Drive Test* Pada Kondisi *Outdoor* Menggunakan Aplikasi *G-Net Track Pro*”.
4. Pramulia, I. P. D. K., E-Journal SPEKTRUM Vol. 2, No. 3, September 2015 dengan judul “Analisis Pengaruh Jarak Antara *User Equipment* Dengan *eNodeB* Terhadap Nilai *RSRP (Reference Signal Received Power)* Pada Teknologi LTE 900 MHz”.
5. Rika Wulandari, Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi Vol. 2 No. 2, Agustus 2016 dengan judul “Analisis *QoS (Quality of Service)* Pada Jaringan Internet (Studi Kasus: UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI)”.

6. Fauzi Hidayat, Jurnal *e-Proceeding of Engineering*: Vol. 3, No. 2, Agustus 2016 dengan judul “Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Di Daerah Bandung”.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian Sebelumnya

No	Penulis	Metode Penelitian	Penelitian
1	Mardiana Wulansari	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian ini dilakukan selama satu hari pada <i>range</i> waktu pagi pukul 07:00 - 10:00 WIB dan malam hari pukul 19:00 - 22:00 WIB. 2. Metode <i>Drive Test</i>. 3. <i>Software SpeedTest</i>. 4. Provider XL Axiata. 5. Parameter penelitian: <i>Throughput</i>, <i>Jitter</i>, dan <i>Packet Loss</i> dengan 20 titik <i>sample</i> penelitian. 	Penelitian ini membahas tentang perbandingan nilai <i>Quality of Service</i> (QoS) berdasarkan waktu penelitian, dalam hal ini pagi dan malam dengan menggunakan satu <i>provider</i> XL AXIATA.
2	Rafiqy Ma'ruf	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Drive Test</i>. 2. <i>Software G-Net Track Pro</i>. 3. Provider Tri. 4. Parameter penelitian: RSSI, RSRP, dan RSRQ dengan 10 titik <i>sample</i> penelitian. 	Penelitian ini membahas tentang perbandingan antara nilai RSSI, RSRP, dan RSRQ hasil pengukuran <i>drive test</i> dengan nilai hasil perhitungan.
3	Menpo Vascodega ma Panjaitan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Drive Test</i> 2. <i>Software G-Net Track Pro</i>. 3. Parameter penelitian: RSRP, <i>Download</i>, <i>Upload</i>, <i>Latency</i>, <i>Jitter</i>. 	Penelitian ini membahas tentang analisis hasil pengukuran nilai RSRP berdasarkan letak <i>eNodeB</i> dan pengukuran nilai <i>Quality of Service</i> (QoS) parameter <i>download</i> , <i>upload</i> , <i>latency</i> , dan <i>jitter</i> . Tidak dilakukan analisis korelasi antara <i>Signal Strength</i> terhadap <i>Quality of Service</i> (QoS).

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

4	Pramulia, I. P. D. K.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Drive Test</i> 2. <i>Software Nemo Analyze, Toms</i> dan <i>Probe</i> pada perangkat laptop. 3. Parameter Penelitian: RSRP, <i>Link Budget</i>, dan Model Propagasi. 	Penelitian ini membahas tentang analisa pengaruh jarak antara <i>user equipment</i> dengan <i>eNodeB</i> terhadap nilai RSRP pada teknologi LTE 900 MHz.
5	Rika Wulandari	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Software Wireshark</i> 2. Parameter Penelitian: <i>Throughput, Jitter, Delay</i> dan <i>Packet Loss</i>. 	Penelitian ini membahas tentang analisis hasil pengukuran nilai <i>Quality of Service (QoS)</i> parameter <i>throughput, jitter, delay</i> , dan <i>packet loss</i> pada sebuah topologi jaringan.
6	Fauzi Hidayat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode Skenario <i>Physical Tuning</i> 2. Parameter Penelitian: RSRP, RSRQ, <i>Connected User</i>, dan <i>Throughput</i>. 	Penelitian ini membahas tentang optimasi jaringan LTE yang dilakukan menggunakan metode skenario <i>physical tuning</i> (pengaturan tinggi dan <i>tilting antenna</i>), <i>expand bandwidth</i> , dan penggunaan SFR sebagai skenario optimasi jaringan LTE. Optimasi dilakukan dengan menganalisa permasalahan pada layer akses radio (<i>radio frekuensi layer</i>) dengan meninjau parameter RSRP, RSRQ, <i>connected user</i> , dan <i>throughput</i> .

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Telekomunikasi

Telekomunikasi berasal dari kata “tele” yang berarti jauh, dan “komunikasi” yang berarti sebuah proses interaksi untuk berhubungan dari pihak satu ke pihak lainnya. Telekomunikasi merupakan setiap pemancaran, pengiriman dan atau penerimaan dari setiap informasi dalam bentuk tanda- tanda, isyarat, tulisan, gambar, suara dan bunyi melalui sistem kawat, optik, radio atau sistem elektromagnetik lainnya. Sistem telekomunikasi merupakan seluruh unsur/elemen baik infrastruktur telekomunikasi, penyelenggaraan telekomunikasi maupun sarana dan prasarana telekomunikasi sehingga komunikasi jarak jauh dapat dilakukan.

Agar dapat melakukan hubungan telekomunikasi tersebut, terdapat komponen – komponen sistem sebagai berikut:

a. Informasi

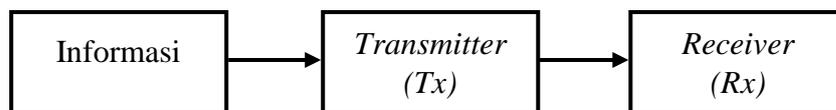
Informasi merupakan data yang akan dikirim atau diterima berupa suara, gambar, video, ataupun data tulisan/*file*.

b. *Transmitter*

Transmitter merupakan kumpulan komponen elektronik dan sirkuit yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal yang cocok untuk transmisi melalui media tertentu.

c. *Receiver*

Receiver adalah kumpulan komponen dan sirkuit elektronik yang menerima pesan yang dikirimkan dari saluran dan mengubahnya kembali menjadi bentuk yang dapat dimengerti manusia.

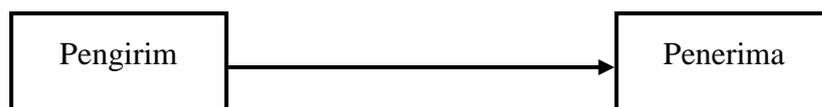


Gambar 2.1 Diagram Sistem Telekomunikasi

Terdapat 3 bagian bentuk komunikasi jarak jauh yang menggunakan sinyal telekomunikasi, yaitu:

1. Komunikasi satu arah (*Simplex*)

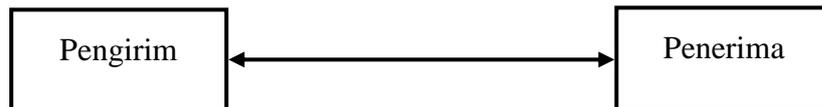
Komunikasi *simplex* adalah metode yang paling sederhana. Jenis ini hanya dapat dilakukan pengiriman tanpa bisa menerima yang berarti pengirim dan penerima tidak dapat menjalin komunikasi yang berkesinambungan dengan media yang sama. Contoh: Radio dan TV *Broadcast*.



Gambar 2.2 *Simplex*

2. Komunikasi Dua Arah (*Full Duplex*)

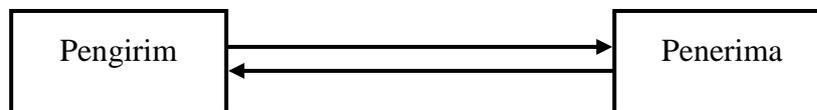
Komunikasi *full duplex* adalah metode komunikasi elektronik. Komunikasi ini dapat mengirim dan menerima sebuah informasi sehingga dapat berkomunikasi menggunakan perangkat elektronik yang sama. Contoh dari jenis bentuk komunikasi jarak jauh ini adalah telepon.



Gambar 2.3 *Full Duplex*

3. Komunikasi Semi Dua Arah (*Half Duplex*)

Bentuk komunikasi ini dapat mengirim dan menerima namun cara berkomunikasi secara bergantian akan tetapi tetap berkesinambungan. Contoh: Radio Amatir, *Citizen Band* (CB) dan *Handy talkie*.



Gambar 2.4 *Half Duplex*

2.2.2 Telekomunikasi Selular

Celular merupakan bahasa Inggris untuk selular. Selular merupakan sistem komunikasi jarak jauh tanpa kabel, selular juga suatu bentuk komunikasi modern yang ditujukan untuk menggantikan telepon rumah yang masih menggunakan kabel. Telepon genggam atau telepon selular (ponsel) atau *handphone* adalah perangkat telekomunikasi elektronik yang mempunyai kemampuan dasar yang sama dengan telepon menggunakan kabel (*nirkabel wireless*). Saat ini, Indonesia mempunyai dua jaringan telepon nirkabel yaitu sistem GSM (*Global for Mobile Telecommunications*) dan sistem CDMA (*Code Division Multiple Access*).

Selain berfungsi untuk melakukan dan menerima panggilan telepon, telepon genggam umumnya juga mempunyai fungsi pengiriman dan penerimaan pesan singkat *short message service* (SMS). Ada pula penyedia jasa telepon genggam

dibeberapa negara yang menyediakan layanan generasi ketiga (3G) dengan menambahkan jasa *videophone*, sebagai alat pembayaran, maupun untuk televisi *online* di telepon genggam mereka. Sekarang, telepon genggam menjadi *gadget* yang multifungsi.

Multifungsi perkembangan teknologi digital, kini telepon genggam juga dilengkapi dengan pilihan fitur, seperti dapat menangkap siaran radio dan televisi, perangkat lunak pemutar audio (MP3) dan video, kamera digital, *game* dan layanan internet (WAP, GPRS, 3G). Selain fitur-fitur tersebut, telepon genggam sekarang sudah ditanamkan fitur komputer. Jadi di telepon genggam tersebut, orang bisa mengubah fungsi telepon genggam tersebut menjadi mini komputer. Di dunia bisnis, fitur- fitur seperti ini sangat membantu bagi para pebisnis untuk melakukan semua pekerjaan di satu tempat yang membuat pekerjaan tersebut terselesaikan dalam waktu singkat.

2.2.3 Evolusi Jaringan Telekomunikasi

Teknologi telepon genggam semakin berkembang setiap tahunnya begitu pula dengan jaringan telekomunikasinya. Evolusi yang terdiri dari 4 generasi hingga sekarang dapat dikatakan perkembangan yang signifikan yang mengikuti kebutuhan komunikasi manusia baik berupa komunikasi suara maupun data. Perkembangan yang bermula dari generasi pertama (0) yaitu diawali dengan penggunaan radio genggam atau *handy talkie*, merupakan jaringan 0G yang beriringan dengan munculnya telepon genggam pertama. Lalu berkembang ke generasi berikutnya yang berkembang menjadi generasi ke 1 yaitu disebut 1 G. Adapun penjelasan perkembangan teknologi selular yang telah dirangkum sebagai berikut:

1. Generasi kesatu (1G)

Teknologi telekomunikasi generasi ke-satu ini masih menggunakan sistem analog, teknologi ini hanya menyediakan layanan berupa percakapan suara dan memiliki kecepatan yang rendah (*low-speed*). Generasi 1G yang bersifat analog dikenal dengan istilah AMPS (*Analog Mobile Phone System*). AMPS menggunakan frekuensi antara 825 Mhz- 894 Mhz dan dioperasikan pada

Band 800 Mhz. Dengan AMPS, *bandwidth* 1,25 Mhz yang diberikan untuk penggunaan selular dibagi menjadi *channel* dengan lebar 30 KHz, masing masing hanya dapat melayani satu *subscriber* pada satu waktu (Setiawan, 2003). Selain AMPS, NMT (*Nordic Mobile Communication*) dan ETACS (*Extened Total Access Telecommunication Service*) juga merupakan sistem analog yang digunakan pada ponsel generasi ke-satu. Karena bersifat analog, maka sistem yang digunakan masih bersifat regional.

2. Generasi kedua (2G)

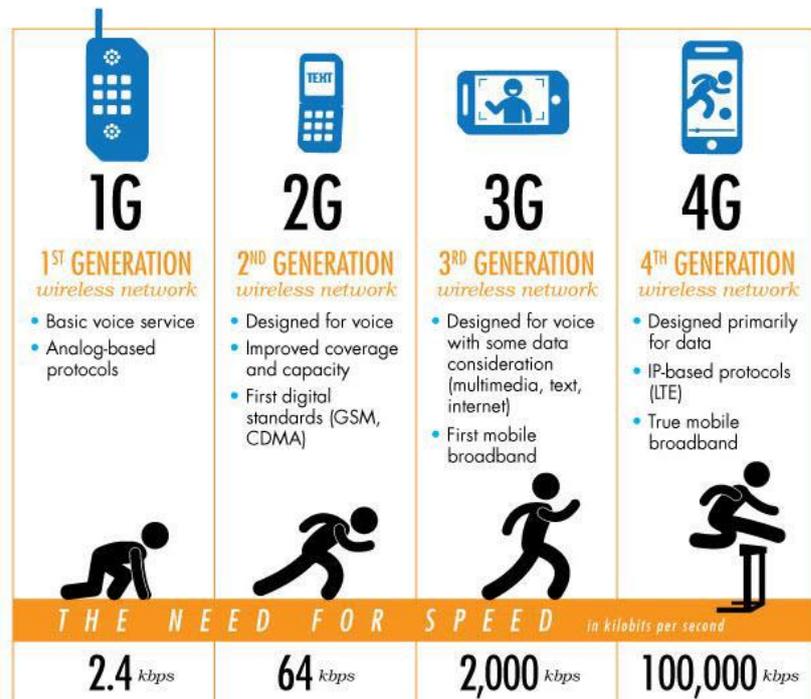
Teknologi telekomunikasi selular generasi ke-dua telah menggunakan teknologi digital. Teknologi ini muncul sekitar tahun 1990-an. Generasi ini menggunakan teknologi TDMA (*Time Division Multiple Access*) dan CDMA (*Code Division Multiple Access*). Teknologi ini sudah mampu menyediakan layanan berupa *voice* dan data dengan memiliki kecepatan menengah.

3. Generasi ketiga (3G)

Teknologi telekomunikasi generasi ketiga lebih menawarkan pada kecepatan akses data, sehingga mampu melayani layanan data *broadband* seperti internet, video, musik, dan *games*.

4. Generasi keempat (4G)

Kebutuhan manusia akan bertukar informasi semakin banyak dan lebih bervariasi oleh karena itu ditemukanlah jaringan telekomunikasi selular ke 4. Teknologi generasi ke empat lebih memberikan penggunaanya kecepatan tinggi, volume tinggi, kualitas baik, jangkauan global, dan fleksibilitas untuk menjelajahi berbagai teknologi berbeda. Generasi ke empat ini meliputi *broadband wireless* yang memiliki kemampuan diatas teknologi 3G yang mampu memberikan layanan IP-based *voice*, data dan streaming multimedia dengan kecepatan *Quality of Service* yang lebih tinggi dibanding generasi sebelumnya. Evolusi jaringan telekomunikasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5 Evolusi Jaringan Telekomunikasi

2.2.4 Jaringan Selular 4G LTE (*Long Term Evolution*)

4G merupakan pengembangan dari teknologi 3G. Nama resmi dari teknologi 4G ini menurut IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) adalah *3G and beyond*. Sebelum 4G, *High-Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) yang kadangkala disebut sebagai teknologi 3,5 G telah dikembangkan oleh WCDMA sama seperti EV-DO mengembangkan CDMA 2000. HSDPA merupakan sebuah protocol telepon genggam yang memberikan jalur evolusi 15 untuk jaringan *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) yang akan dapat memberikan kapasitas data yang lebih besar (sampai 14,4 Mbps arah turun).

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. Terdapat beberapa pendapat yang ditujukan untuk 4G, yakni: 4G adalah sistem berbasis IP terintegrasi penuh. 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. Pada UMTS, kecepatan transfer data maksimum yang dihasilkan yaitu 2 Mbps, sedangkan HSPA mempunyai kecepatan transfer data yang mencapai 14 Mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*. LTE mampu melakukan *downlink* dan *uplink* dari telepon selular dengan kecepatan ratusan Mbps.

Kecepatan transfer data LTE mencapai 100 Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink* sehingga dapat mendukung jaringan yang berbasis IP. Selain itu, LTE juga mempunyai *latency* yang lebih rendah, spektrum yang luas dan teknologi paket *radio access* yang lebih optimal yang mendukung penyebaran *bandwidth* yang fleksibel. LTE juga secara dramatis menambah kemampuan jaringan untuk mengoperasikan fitur *Multimedia Broadcast Multicast Service* (MBMS), bagian dari 3GPP *release 6*, dimana kemampuan yang diberikan dapat seimbang dengan DVB-H dan WiMax.

LTE dapat beroperasi pada salah satu pita spektrum selular yang telah dialokasikan yang termasuk dalam standar IMT-2000 (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) maupun pada pita spektrum yang baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz. Beberapa kelebihan lainnya dari 4G LTE adalah sebagai berikut:

1. Tingkat *download* sampai dengan 299,6 Mbps dan tingkat *upload* hingga 75,5 Mbps tergantung pada kategori perangkat yang digunakan.
2. Peningkatan dukungan untuk mobilitas.
3. Dukungan untuk semua gelombang frekuensi oleh sistem IMT dan ITU-R.
4. Frekuensi band yang lebih tinggi di daerah kota dan perkotaan.
5. Dukungan kepada MBSFN (*Multicast Broadcast Single Frequency Network*) yang memberikan layanan seperti *Mobile TV* menggunakan infrastruktur LTE, dan untuk layanan DVB-H berbasis siaran TV.

2.2.5 Arsitektur Jaringan LTE

Setiap teknologi selalu memiliki arsitektur jaringan yang berbeda-beda. Arsitektur LTE dikenal dengan sebutan SAE (*System Architecture Evolution*) yang berartikan sebuah evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Keseluruhan jaringan teknologi generasi ke empat disebut dengan EPS (*Evolved Packet System*). Terdapat 2 komponen utama dari arsitektur LTE yaitu UE (*User Equipment*) dan E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

1. UE (*User Equipment*)

User equipment merupakan perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan *user*. Dengan kata lain, *user equipment* merupakan perangkat komunikasi pengguna. Perangkat ini dapat berupa *handphone*, tablet, ataupun segala perangkat *mobile* yang dapat terhubung dengan internet. *User equipment* juga bisa disebut dengan ME (*mobile equipment*). ME dibagi menjadi dua komponen, yaitu MT (*Mobile Termination*) yang menangani fungsi komunikasi, dan TE (*Terminal Equipment*) yang berfungsi untuk mengakhiri aliran data.

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 menggunakan OFDMA sebagai teknik modulasi untuk *downlink* dan SC-FDMA sebagai teknik modulasi untuk *uplink*, serta mampu menggunakan MIMO hingga empat antena per *site*. E-UTRAN terdiri dari satu komponen yaitu *evolved Node B* (eNB).

Evolved Node B (E-Node B) digunakan sebagai pengganti sebuah *node B* dan RNC dalam RAN (*Radio Access Network*) sehingga mampu mengurangi biaya operasional dan perawatan perangkat.

Menurut (Cox, 2012), eNB memiliki 2 fungsi utama, yaitu:

1. eNB 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. eNB sebagai pemroses *signalling messages* untuk mengendalikan *low level operation* dari sebuah *mobile*.

Dalam menjalankan fungsi-fungsi tersebut, eNB menggabungkan fungsi sebelumnya dari *node B* dan RNC untuk mengurangi *latency* yang muncul ketika *mobile* bertukar informasi dengan jaringan.

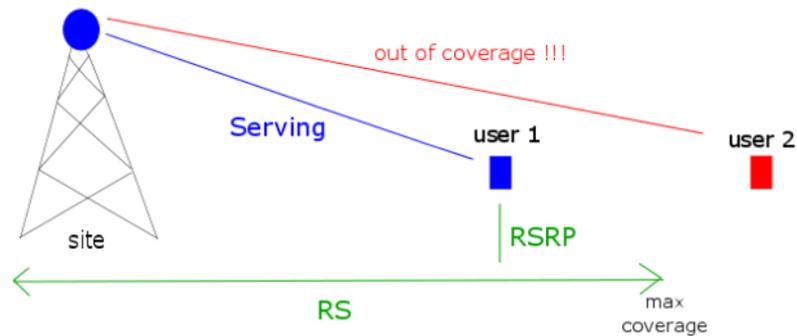
2.2.6 Performansi Jaringan LTE

Optimasi jaringan merupakan kegiatan yang dilaksanakan untuk meningkatkan kinerja performansi suatu jaringan selular. Optimasi dilakukan untuk mendapat kualitas jaringan terbaik dengan menggunakan data yang tersedia. Berikut merupakan beberapa parameter performansi jaringan LTE:

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*. RS merupakan *reference signal* di tiap titik jangkauan. Pengguna yang berada di luar jangkauan akan tidak mendapatkan layanan LTE. Fungsi RSRP yaitu untuk memberi informasi ke UE (*User Equipment*) mengenai kuat sinyal suatu *cell* berdasarkan perhitungan *path loss* dan memiliki peranan dalam proses *handover* dan *cell selection-reselection*. Menurut (Pratama, AY. 2018) Faktor yang mempengaruhi terjadinya daya sinyal rendah yaitu:

- a. Lokasi *site*.
- b. Kesalahan pada perangkat keras.
- c. *Cell* tidak berfungsi.
- d. Daya pemancar.
- e. Tinggi antenna.
- f. Arah antenna.
- g. Kondisi *missing neighbor*.



Gambar 2.6 User Equipment Menerima Sinyal Serving RSRP dari site

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 terhadap RSSI. RSRQ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{RSRQ\ (dB)} = nprb \frac{\mathbf{RSRP\ (dBm)}}{\mathbf{RSSI\ (dBm)}} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.2.7 *Quality of Service*

QoS sangat populer dan menyimpan banyak istilah yang sangat sering dilihat dari segi prefektif yang berbeda yaitu dari segi jaringan (*networking*), pengembangan aplikasi dan lain sebagainya. Dari segi *networking*, QoS mengacu kepada kemampuan memberikan pelayanan berbeda kepada lalu lintas jaringan dengan kelas- kelas yang berbeda. Tujuannya adalah memberikan *network service* yang lebih baik dan terencana dengan *dedivated bandwidth*, *jitter* dan *latency* yang terkontrol dan meningkatkan *loss* karakteristik (Kamarulloh, 2009).

QoS 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). Oleh karena itu, QoS memiliki kemampuan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *delay*. Menurut Iwan

Iskandar dan Alvinur Hidayat (2015) QoS menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut – atribut layanan yang disediakan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Fungsi- Fungsi QoS dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengelasan paket untuk menyediakan pelayanan yang berbeda beda untuk kelas paket yang berbeda beda.
2. Penanganan kongesti untuk memenuhi dan menangani kebutuhan layanan yang berbeda beda.
3. Pengendalian lalu lintas paket untuk membatasi dan mengendalikan pengiriman paket- paket data.
4. Pensinyalan untuk mengendalikan fungsi – fungsi perangkat yang mendukung komunikasi di dalam jaringan IP.

Tujuan QoS yaitu menyediakan kualitas layanan yang berbeda- beda berdasarkan kebutuhan layanan di dalam jaringan IP. QoS juga menawarkan kemampuan mendefinisikan atribut – atribut layanan jaringan yang disediakan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

2.2.8 *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.

Berikut adalah persamaan dari *throughput*:

$$\textit{Throughput} = \frac{\text{Paket data yang hilang (kb)}}{\text{Waktu lama pengamatan (s)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Konsep *bandwidth* tidak cukup untuk menjelaskan kecepatan jaringan dan apa yang terjadi di jaringan. Untuk itulah konsep *throughput* muncul. Mempergunakan *bandwidth* sebagai patokan, menganggap seharusnya *file* yang akan di *download* nya yang berukuran 64 kb dapat di *download* dalam waktu

sekedip mata atau satu detik, tetapi setelah diukur ternyata membutuhkan waktu 4 detik. Jadi jika file yang di *download* adalah 64 kb, sedangkan waktu *downladnya* adalah selama 4 detik maka *bandwidth* yang sebenarnya atau yang disebut dengan *throughput* adalah $64 \text{ kb}/4 \text{ detik} = 16 \text{ kbps}$.

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi *bandwidth* dan *throughput* yaitu antara lain piranti jaringan, tipe data yang ditransfer, banyaknya pengguna jaringan, topologi jaringan, spesifikasi *computer clien/user*, spesifikasi *server* komputer, induksi listrik, cuaca dan lain sebagainya (Maharani, 2016).

2.2.9 Jitter

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. *Jitter* berhubungan dengan *latency*, yang menunjukkan bahwa banyaknya variasi *delay* dalam transmisi data yang berada pada jaringan tersebut. *Jitter* merupakan parameter yang mewakili QoS audio, atau ukuran variasi penundaan paket berturut- turut pada suatu arus lalu lintas. Dengan mengetahui berapa banyak *jitter* yang dihasilkan dalam proses akses internet, maka akan diketahui kualitas dari suatu *device* yang digunakan menghitung rata – rata nilai *jitter* yang dihasilkan.

2.2.10 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. Beberapa *protocol* jaringan TCP yang menawarkan perlindungan *packet loss* dengan paket *retransmitting* yang mungkin telah *drop* atau rusak oleh jaringan. *Packet loss* dapat terjadi karena kesalahan yang diperkenalkan oleh medium transmisi fisik. Hal hal yang mempengaruhi terjadinya *packet loss* juga bisa karena kondisi geografis seperti kabut, hujan, gangguan *radio*

frequensi, sel *handoff* selama *roaming*, dan interferensi seperti pohon- pohon, bangunan, dan pegunungan.

2.2.11 Standar Performansi Jaringan

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 2.1 menunjukkan standar KPI untuk RSRP dan Tabel 2.2 menunjukkan standar KPI RSRQ.

Tabel 2.2 Standar KPI RSRP *G-Net Track Pro*

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 2.3 Standar KPI RSRQ *G-Net Track Pro*

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

2.2.12 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, ETSI menghasilkan *European Telecommunication Standards (ETS)* untuk keanggotaannya, yang terdiri dari operator jaringan, produsen PTT, pengguna, dan lembaga penelitian.

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*. (ETSI- TIPHON, 1999).

Tabel 2.4 Standar *Throughput* Berdasarkan 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 2.5 Standar *Jitter* Berdasarkan 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 2.6 Standar *Packet Loss* Berdasarkan 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

2.2.13 Aplikasi *G-Net Track Pro*

G-Net Track Pro merupakan *software* berbayar yang terdapat pada *handphone* berbasis android yang digunakan untuk melakukan *drive test*. *G-Net Track Pro* dapat digunakan untuk mengukur performansi jaringan *indoor* ataupun *outdoor*. Aplikasi ini mendukung teknologi Long Term Evolution (LTE), *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), GSM, CDMA, dan *Evolution Data Optimized* (EVDO). Aplikasi ini menghasilkan logfile hasil *drive test* yang dapat di-*export* ke aplikasi google *earth*.

Software G-Net Track Pro yang digunakan pada penelitian ini adalah *G-Net Track Pro* versi 17.1 yang mempunyai *fitur* sebagai berikut:

1. LEVEL – Untuk mengetahui nilai RSRP (*Reference Signal Received Power*) satuan dBm.
2. QUAL – Untuk mengetahui nilai RSRQ (*Reference Signal Received Quality*) satuan dB.
3. SNR – Untuk mengetahui nilai SNR (*Signal Noise Ratio*).
4. CQI – Untuk mengetahui nilai RSSI (*Reference Signal Received Indicator*).

2.2.14 Aplikasi *SpeedTest*

Speedtest adalah *software* yang menyediakan pengujian kecepatan koneksi internet yang disediakan oleh perusahaan asal Kalispell, Montana, Amerika Serikat, dengan nama perusahaan Ookla. *Software* ini sudah berjalan selama 13 tahun dan sudah memiliki 20 juta pengguna internet yang mengetes kecepatan internetnya melalui aplikasi ini setiap bulannya. *Software* ini dulu dinamakan *pingtest.net* yang hanya bisa diakses *online* lewat *browser*, lalu Ookla mentransformasikannya menjadi sebuah aplikasi selular yang dinamakan *SpeedTest*.

Software SpeedTest yang digunakan dalam penelitian ini adalah *SpeedTest* versi 4.4.9 yang mempunyai *fitur* sebagai berikut:

1. Ketahui kecepatan Unduhan, Unggahan dan Ping.
2. Ketahui nilai *Jitter* dan *Packet Loss*.
3. Grafik *real-time* menunjukkan konsistensi koneksi.
4. Lacak pengujian yang dilakukan sebelumnya dengan laporan terperinci.