



**PERBANDINGAN *QUALITY OF SERVICE* (QOS) JARINGAN 4G LTE BEBERAPA PROVIDER
MENGUNAKAN SISTEM OPERASI LINUX UBUNTU SERVER 18.10**

Muhammad Iqbal¹, Dayu Prasetyo²
Teknik Komputer – AMIK Mitra Gama
iqbal.kun@gmail.com

Abstract

Since 4G technology services were first introduced, the demand for data packet-based services from year to year has increased rapidly. In response, all providers of telecommunications networks continue to strive to improve their network capabilities. This research is devoted to analyzing the Quality of Service of 4G LTE networks of each provider in the city of Duri based on Throughput, Jitter and Packet Loss parameters at AMIK Mitra Gama, Camat Office and Mandau Mall City. The Quality of Service analysis of 4G LTE telecommunications network in this study aims to provide an overview of the quality of telecommunications networks of each Provider, so that users or consumers can determine which provider services are suitable for users.

Keywords : *Analisis, Internet, Provider, 4G LTE, Quality of Service, Throughput, Jitter, Packet Loss, Linux Ubuntu Server.*

Abstrak

Sejak layanan teknologi 4G pertama kali diperkenalkan, permintaan akan layanan berbasis paket data dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang pesat. Menanggapi hal tersebut, seluruh para penyedia jaringan telekomunikasi terus berusaha untuk meningkatkan kemampuan jaringannya. Penelitian ini dikhususkan untuk menganalisis Quality of Service jaringan 4G LTE setiap provider di kota Duri berdasarkan parameter Throughput, Jitter dan Packet Loss di Kampus AMIK Mitra Gama, Kantor Camat dan Mandau Mall City. Analisis Quality of Service jaringan telekomunikasi 4G LTE pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran kualitas jaringan telekomunikasi setiap Provider, sehingga pengguna atau konsumen dapat menentukan jasa provider manakah yang layak digunakan untuk kebutuhan pengguna.

Kata kunci : *Analisis, Internet, Provider, 4G LTE, Quality of Service, Throughput, Jitter, Packet Loss, Linux Ubuntu Server*

1. Pendahuluan

Banyak operator provider yang mengklaim bahwa kecepatan internet mereka yang terbaik, tetapi penerapan dan kemampuan jaringan 4G LTE (Fourth Generation Long Term Evolution) yang dimiliki tiap operator seluler tidaklah sama. Perbedaan tersebut tak hanya meliputi cakupan wilayah yang telah terlayani dengan jaringan 4G, tapi juga kecepatan data maksimal yang bisa diakomodasi tiap operator seluler serta kinerja jaringan sesungguhnya yang dirasakan konsumen di lapangan. Konsumen tentunya akan memilih operator yang memiliki kecepatan akses internet terbaik, karena konsumen merasa kepuasan mereka sebagai pengguna internet telah terpenuhi dan bersedia mengeluarkan biaya berapapun untuk memperolehnya.

Namun, dengan banyaknya faktor yang dapat mempengaruhi kualitas jaringan (network quality) bagi penyedia Internet Service Provider (ISP), misalnya

turunnya nilai throughput dan menaikkan nilai delay, sehingga menurunkan kualitas layanan internet. Redaman propagasi gedung penghalang menyebabkan adanya paket data yang hilang (packet loss) pada saat penransmisian yang memiliki pengaruh besar terhadap besarnya nilai throughput. Dengan latar belakang inilah penulis terdorong untuk melakukan penelitian dengan judul, “Perbandingan Quality of Service (QoS) Jaringan 4G LTE Beberapa Provider Menggunakan Sistem Operasi Linux Ubuntu Server 18.10” berdasarkan parameter Throughput, Jitter dan Packet Loss di Kampus AMIK Mitra Gama, Kantor Camat dan Mall Mandau City

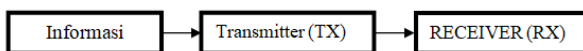
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Telekomunikasi

Telekomunikasi terdiri dari dua suku kata, yaitu tele = jarak jauh, dan komunikasi = kegiatan untuk

menyampaikan berita atau informasi. Jadi telekomunikasi secara sederhana dapat diartikan sebagai suatu upaya penyampaian berita dari satu tempat ke tempat lainnya (jarak jauh) yang menggunakan alat atau media elektronik. Telekomunikasi adalah 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 (Undang-undang RI no.36 tahun 1999 tentang Telekomunikasi). 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 tulisan/file. Informasi diperoleh satu tempat ke tempat lainnya (baik dekat, maupun jauh) yang berupa sinyal. Sinyal inilah yang nantinya akan dirubah menjadi sebuah data sehingga kedua pemakai tersebut dapat saling bertukar informasi.
- b. Transmitter
Transmitter adalah 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 1. Gambar Sistem Telekomunikasi

2.2 Telekomunikasi Selular

Cellular 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 di beberapa negara yang menyediakan layanan generasi ketiga (3G) dengan menambahkan jasa videophone, sebagai alat pembayaran, maupun untuk televise online ditelepon 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 televise, 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 computer. 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.

Sistem komunikasi selular dapat melayani banyak pengguna pada cakupan area geografis yang cukup luas dalam frekuensi yang terbatas. Sistem komunikasi ini juga menawarkan kualitas yang cukup tinggi dan tidak kalah dengan telepon tetap.

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 disebut 1G. Adapun penjelasan perkembangan teknologi selular yang telah dirangkum sebagai berikut:

1. Generasi ke-satu (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. 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 ke-dua (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.

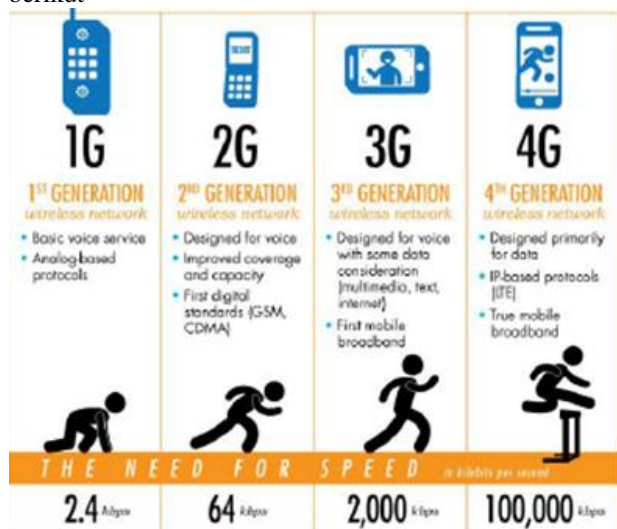
3. Generasi ke-tiga (3G)

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

4. Generasi ke-empat (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 penggunaannya 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 Evolusi Jaringan Telekomunikasi

2.4 Arsitektur Jaringan Telekomunikasi Selular

Arsitektur dasar jaringan sistem telekomunikasi selular adalah GSM (Global System for Mobile Communications). Terdapat 3 bagian utama arsitektur jaringan GSM, yaitu :

1. Base Station Subsystem (BSS) atau disebut Radio Sub System (RSS), yang terdiri dari MS, BTS, BSC, dan TRAU.

a. Mobile Station (MS)

Mobile Station (MS) merupakan perangkat yang mengirim dan menerima sinyal radio. MS terdiri dari Mobile Equipment (ME) dan Subscriber Identity Module (SIM) (Warrasih, dkk, 2011). ME sebagai terminal transceiver (pengirim dan penerima sinyal) untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat lainnya. SIM adalah sebuah microchip yang tertanam pada semua check card agar network dapat mengenali user.

b. Base Transceiver Station (BTS)

Dalam teknologi GSM, BTS merupakan sebuah sel dan menangani hubungan link radio dengan Mobile Station (MS). BTS terdiri dari perangkat pemancar dan penerima, seperti antena dan pemroses sinyal untuk sebuah interface. (Suyuti, dkk, 2011). Di dalamnya termasuk modulasi signal, demodulasi, equalize signal, dan error coding. (Warrasih, dkk, 2011).

c. Base Station Controller (BSC)

BSC berfungsi untuk memonitor dan mengontrol sejumlah BTS. BSC juga mengatur sumber radio untuk sebuah BTS atau lebih. BSC menangani radio-channel setup

(pengalokasian/pelepasan kanal), frequency hopping, dan handover intern BSC. (Suyuti, dkk, 2011).

d. Transcoder and Rate Adaption Unit (TRAU)

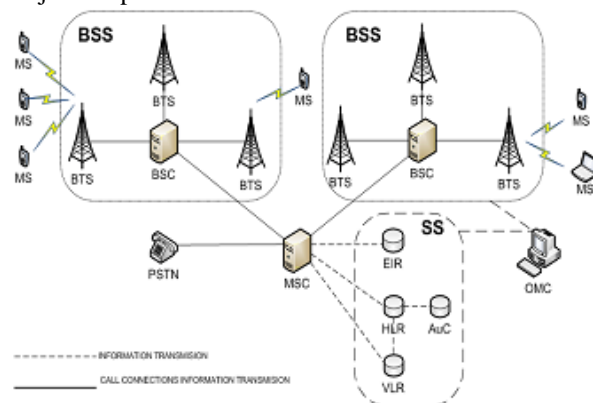
TRAU biasa juga disebut dengan TCE (Transcoding Equipment). Tugas dari TRAU ialah antara lain adaptasi bit rate antara BSC dan MSC. Hubungan informasi kontrol dan adaptasi bit rate untuk transmisi data melalui telepon mobile. (Suyuti, dkk, 2011).

2. Network Switching Subsystem (NSS)

NSS terdiri dari MSC, HLR, VLR, AuC dan EIR. NSS berperan dalam mengkoneksikan antar user dalam sebuah jaringan atau ke jaringan lainnya.

3. Operation and Maintenance System (OMS)

Operation and Maintenance system (OMS) bertanggung jawab untuk mengontrol dan memonitor jaringan GSM (semua elemen jaringan) dan mengkombinasikan semua fungsi untuk menjaga konsistensi fungsional sistem secara global. OMS juga melakukan pengaturan pelanggan dan tagihan. Perawatan dan pemeliharaan peralatan yang sedikit menggunakan prosedur yang tidak memerlukan pengetahuan teknis terperinci tentang fungsi atau desain peralatan atau sistem. Serangkaian aktifitas ini untuk menciptakan nilai dalam bentuk barang dan jasa melalui transformasi input menjadi output.



Gambar 3 Arsitektur Dasar Jaringan Telekomunikasi Selular

2.5 Jaringan Selular 4G LTE (Long Terms 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 3,5G telah dikembangkan oleh WCDMA sama seperti EV-DO mengembangkan CDMA 2000. HSDPA merupakan sebuah protocol telepon genggam yang memberikan jalur evolusi 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 untuk MBSFN (Multicast Broadcast Single Frequency Network) yang memberikan layanan seperti Mobile TV menggunakan infrastruktur LTE, dan untuk layanan digital video broadcast handheld (DVB-H) berbasis siaran tv.

2.6 Quality of Service (QoS)

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 dedicated 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.

1. 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* :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data yang diterima (kb)}}{\text{Waktu lama pengamatan (s)}}$$

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

2. 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.

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

2.7 Linux Ubuntu Server

Linux Ubuntu Server 18.10 merupakan sistem operasi terbaru yang diluncurkan oleh Canonical. Versi 18.10 mengusung kode nama Cosmic Cuttlefish. Salah satu fitur terbaru yang terdapat dalam sistem operasi ini yaitu Gnome 3.30 yang memberikan sedikit sumber daya sistem sehingga pengguna dapat menjalankan lebih banyak aplikasi sekaligus tanpa menghadapi masalah kinerja. Fitur ini sangat membantu untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam menjalankan segala aplikasi untuk mendukung penelitian ini.

2.8 Wireshark

Wireshark merupakan software untuk melakukan analisa lalu-lintas jaringan komputer, yang memiliki fungsi-fungsi yang amat berguna bagi profesional jaringan, administrator jaringan, peneliti, hingga pengembang piranti lunak jaringan. Wireshark dapat membaca data secara langsung dari Ethernet, Token-Ring, FDDI, serial (PPP dan SLIP), 802.11 wireless LAN, dan koneksi ATM. Tool wireshark dapat menganalisa transmisi paket data dalam jaringan, proses koneksi dan transmisi data antar computer

3. Metodologi Penelitian

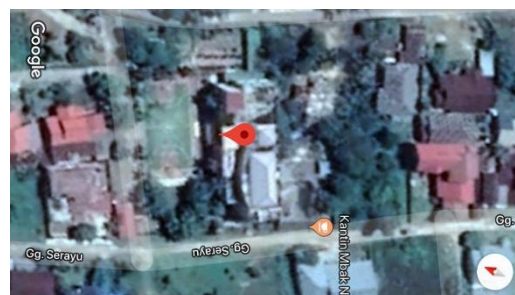
Berdasarkan pada bab-bab sebelumnya, pengujian dalam teknologi jaringan 4G LTE ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan kelayakan teknologi jaringan. Untuk mengetahui kelayakan jaringan teknologi tersebut dilakukan pengujian pada jaringan tersebut. Pengujian dilakukan dengan pengukuran terhadap beberapa parameter QoS, diantaranya throughput, jitter, dan packet loss. Kemudian diteliti sehingga mendapatkan hasil dan perbedaan terhadap masing-masing provider.

Pada penelitian ini sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, pengukuran menggunakan alat perangkat lunak dan perangkat keras yang diantaranya :

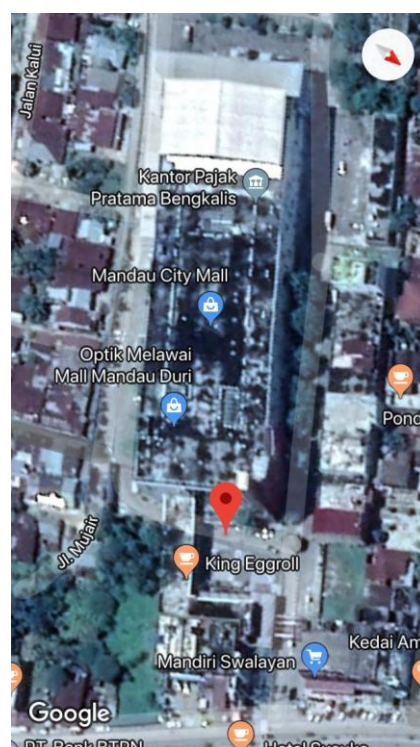
1. Linux Ubuntu Server 18.10 dan Aplikasi Wireshark
2. Smartphone Iphone 5s, dengan spesifikasi IOS 12.4 RAM 1 GB.

Penelitian ini dilaksanakan di AMIK Mitra Gama, Kantor Camat Mandau dan Mandau Mall City. Ketiga tempat diatas merupakan suatu kawasan padat yang masing –masing dipenuhi orang – orang untuk beraktifitas dan kegiatan mulai dari pusat belanja, pusat belajar mengajar dan pusat menjalankan sistem pemerintahan. Kawasan ini banyak didatangi orang dari berbagai daerah khususnya para pekerja, pelajar dan hanya sekedar bersantai. Sehingga kawasan diatas tidak

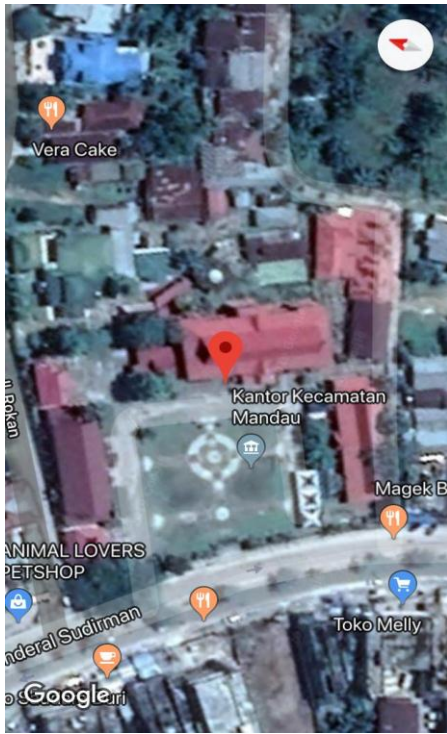
pernah kehabisan pengunjung setiap harinya. Penelitian ini dilakukan dengan cara standby ditempat yang disesuaikan dengan dibantu aplikasi pengukuran yang digunakan. Dengan inilah didapatkannya titik – titik lokasi pengukuran.. Berikut gambar letak titik - titik lokasi tempat pengukuran pada gambar.



Gambar 4 AMIK Mitra Gama



Gambar 5 Mandau City Mall

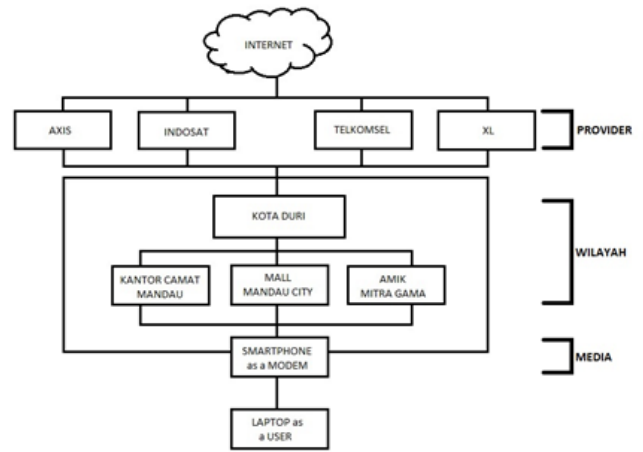


Gambar 6 Kantor Camat Mandau

a. Blok Diagram Sistem

Pengukuran menggunakan aplikasi wireshark untuk pengukuran parameter throughput, jitter dan packet loss. Tiga parameter ini yang dipilih untuk mewakili kualitas layanan jaringan di kota Duri, dengan turunnya nilai throughput dalam mendownload suatu data dapat juga menurunkan kualitas suatu jaringan. Karena throughput dan bandwidth memiliki kesamaan dalam satuan dan rumus perhitungan. Akan tetapi perbedaan dari keduanya yaitu nilai bandwidth bernilai tetap sesuai yang disediakan oleh ISP dan throughput lebih kepada menggambarkan bandwidth yang sebenarnya (aktual) pada suatu waktu tertentu dan pada kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk mendownload suatu file dengan ukuran tertentu. Faktor yang mempengaruhi throughput adalah banyaknya pengguna jaringan, tipe data yang ditransfer, dan cuaca.

Banyaknya bangunan atau gedung tempat mengakses layanan internet juga dapat menyebabkan terganggunya proses propogasi gelombang atau yang biasa disebut redaman propogasi. Redaman propogasi menyebabkan adanya paket data yang hilang (packet loss) pada saat pentransmission yang sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai throughput. Jitter mempengaruhi transmisi jalannya throughput, semakin besar jitter yang diberikan maka semakin besar ketidakstabilan throughput yang dihasilkan. Sehingga parameter ini cukup dapat dijadikan sebagai hal yang mempengaruhi QoS.



Gambar 7 Blok Diagram

Berdasarkan diagram alir diatas, penelitian yang dilaksanakan meliputi beberapa langkah sebagai berikut:

1. Langkah pertama dilakukan pengambilan data *throughput, jitter dan packet loss* dikota Duri menggunakan aplikasi *wireshark*. Pengambilan data diambil di AMIK Mitra Gama, Kantor Camat & Mandau Mall City.
2. Dilakukan pengolahan data yang berupa tabel lalu dikonversikan ke grafik menggunakan Microsoft Excel agar dalam menganalisis lebih mudah dibaca.
3. Setelah mendapatkan data yang sesuai dan didapat gambar grafik, lakukan analisis terhadap hasil pengukuran yang telah dilakukan berdasarkan kondisi pengukuran dari layanan *provider* tersebut.
4. Melakukan analisis disetiap parameter dengan membandingkan hasil pengukuran yang didapat.
5. Melakukan analisis hasil *Quality of Service 4G LTE* berdasarkan analisis setiap parameter.

Langkah terakhir adalah memberikan kritik dan saran untuk optimalisasi jaringan 4G LTE di wilayah penelitian data *provider* manakah yang mempunyai hasil performasi jaringan 4G LTE terbaik.

b. Pengolahan Data dan Analisis

1. Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang digunakan peneliti yaitu aplikasi *wireshark* di Linux Ubuntu Server 18.10. Peneliti mencari data lalu di export sehingga didapat data berupa angka dan dibaca menggunakan Excel sehingga hasil berupa grafik.

2. Analisis Penelitian

Data yang didapat di Microsoft Excel di ubah menjadi grafik, sehingga peneliti dapat membaca dan menganalisis hal yang diperlukan yaitu hasil dari pengukuran throughput, jitter dan packet loss dalam satuan waktu (second). Setelah dilakukan pembacaan terhadap grafik, dihitunglah dari setiap parameter rata rata yang terkumpul dari titik penelitian yang dilakukan dikota Duri, lalu hasil tersebut dibandingkan dengan acuan standar untuk dianalisis kualitas dari hasil parameter diatas dengan kategori Perfect, Good, Medium, dan Poor.

c. Persiapan perangkat Keras

Agar penelitian ini berjalan lancar, peneliti membutuhkan perangkat hotspot untuk menghubungkan jaringan internet ke komputer yang sudah diinstal sistem operasi Linux Ubuntu Server 18.10. Adapun perangkat keras yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini yaitu:

1. Smartphone dan SIM Provider GSM

Smartphone Iphone 5s memiliki spesifikasi yang sangat mumpuni. Perangkat ini sudah dibekali sistem operasi IOS yang sudah terkenal dengan performa yang tinggi dan ditambah dengan IOS yang sudah versi 12.4. Smartphone Iphone 5s ini berfungsi sebagai virtual hotspot untuk komputer agar mendapatkan layanan internet yang nantinya untuk melakukan penelitian pengukuran QoS layanan provider.

Perangkat yang dibutuhkan selain smartphone yaitu kartu sim. Disini peneliti menggunakan kartu layanan provider GSM. Diantaranya Telkomsel, AXIS, Indosat dan XL. Keempat provider ini akan diukur kecepatan akses internet nya dengan mengukur QoS berdasarkan Throughput, jitter dan Packet Loss.



Gambar 8 Topologi Pengukuran QoS

d. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan yaitu sistem operasi Linux Ubuntu Server 18.10 diharapkan memberikan performa yang maksimal dalam melakukan pengukuran jaringan 4G LTE ini. Berbeda dengan sistem operasi windows, linux lebih hemat dalam pemakaian koneksi internet untuk aplikasi-aplikasi bawaan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

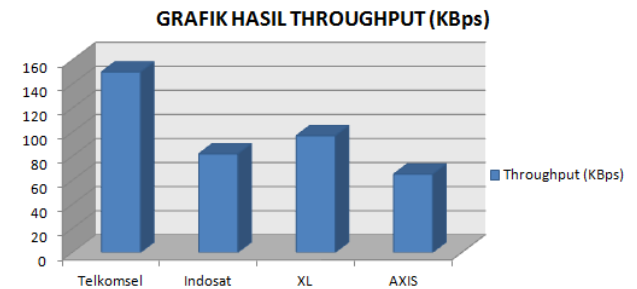
Pengukuran dilakukan dengan cara melakukan drive test menggunakan aplikasi wireshark. Dengan mengamati hasil yang diperoleh dalam setiap waktu pengukuran. Pada saat mulai pengukuran, pastikan aplikasi telah membaca provider dengan benar. Lalu koneksikan jaringan smartphone ke laptop melalui sambungan hotspot. Pastikan setiap provider jaringannya tercover 4G LTE sebagai salah satu acuan parameter.

Berdasarkan hasil pengukuran jaringan telekomunikasi 4G LTE di Kampus AMIK Mitra Gama,

Kantor Camat dan Mandau Mall City kota Duri yang dilakukan tanggal 01-08-2019 didapatkan hasil pengukuran throughput yang dapat dilihat berdasarkan tempat dimana pengukuran dilakukan.

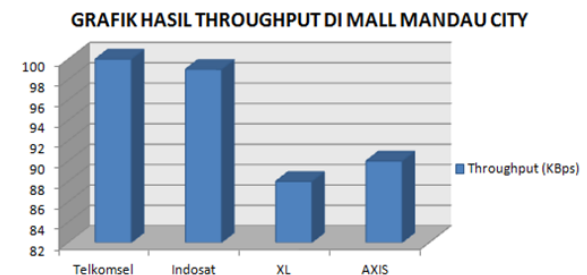
1. Hasil Throughput

Hasil pengukuran *throughput* di Kantor Camat, diperoleh *throughput* yang paling bagus pada *Provider* Telkomsel dengan nilai *throughput* 150 KBps dan paling kecil pada *Provider* AXIS dengan nilai *throughput* 65 KBps. Berikut grafik dari hasil pengukuran *throughput* dari masing-masing *provider*:



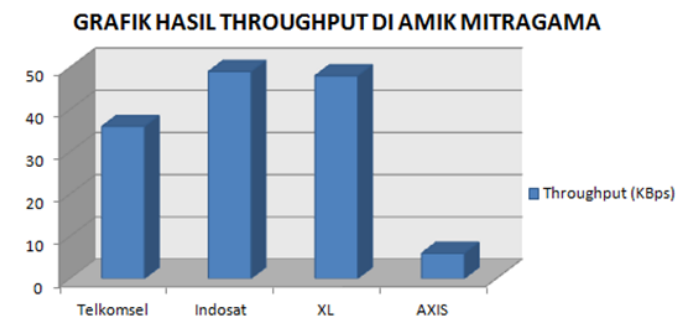
Gambar 9 Grafik Pengukuran *Throughput* di Kantor Camat

Hasil pengukuran *throughput* di Mandau Mall City, diperoleh *throughput* yang paling bagus pada *Provider* Telkomsel dengan nilai *throughput* 100 KBps dan paling kecil pada *Provider* XL dengan nilai *throughput* 88 KBps. Berikut grafik dari hasil pengukuran *throughput* dari masing-masing *provider*:



Gambar 10 Grafik Pengukuran *Throughput* di Mandau Mall City

Hasil pengukuran *throughput* di Mandau Mall City, diperoleh *throughput* yang paling bagus pada *Provider* Indosat (IM3) dengan nilai *throughput* 49 KBps dan paling kecil pada *Provider* AXIS dengan nilai *throughput* 6 KBps. Berikut grafik dari hasil pengukuran *throughput* dari masing-masing *provider*:



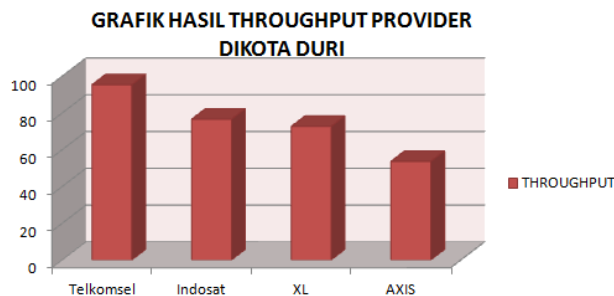
Gambar 11 Grafik Pengukuran *Throughput* di AMIK Mitra Gama

Berdasarkan hasil pengukuran jaringan 4G LTE dari beberapa *provider* di Kantor Camat, Mandau Mall City dan AMIK Mitra Gama, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 1 : Hasil Pengukuran di Kota Duri

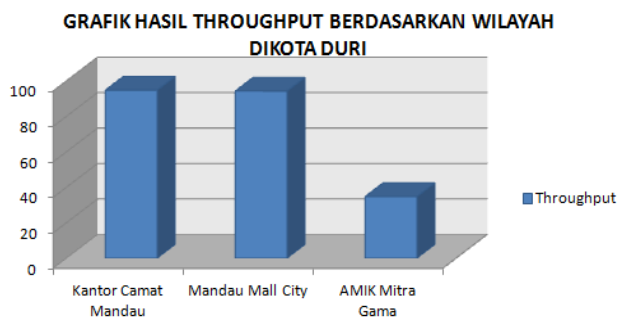
NO	PROVIDER	THROUGHPUT (KBps)			Rata-rata (KBps)
		Kantor Camat	Mandau Mall City	AMIK Mitra Gama	
1	TELKOMSEL	150	100	36	95.33
2	AXIS	65	90	6	53.67
3	INDOSAT	82	99	49	76.67
4	XL	82	88	48	72.67
Rata-rata (KBps)		94.75	94.25	34.75	

Berdasarkan Tabel 1 diatas, hasil pengukuran *throughput* yang dilakukan di beberapa tempat Kota Duri diperoleh *throughput* yang paling besar pada *Provider* Telkomsel dengan rata-rata *throughput* 95,33 KBps. Lalu kedua adalah Indosat dengan rata-rata *throughput* 76,6 KBps dan paling kecil pada *Provider* AXIS, dengan rata-rata *throughput* yang diperoleh hanya 53,6 KBps. Berdasarkan hasil pengukuran, bisa disimpulkan untuk *provider* Telkomsel merupakan *provider* terbaik dari sisi QoS *Throughput* yang ada di kota Duri. Lihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 12 Grafik Hasil *Throughput* Provider

Sedangkan untuk cakupan wilayah yang diukur, hasil pengukuran *throughput* diperoleh yang paling besar pada wilayah Kantor Camat Mandau dengan rata-rata *throughput* 94,75 KBps. Lalu kedua adalah Mandau Mall City dengan rata-rata *throughput* 94,25 KBps dan paling kecil untuk wilayah AMIK Mitra Gama, dengan rata-rata *throughput* yang diperoleh hanya 34,75 KBps. Berdasarkan hasil pengukuran, bisa disimpulkan untuk nilai *throughput* terbaik berada di wilayah Kantor Camat Mandau. Lihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 13. Grafik Hasil *Throughput* di wilayah Kota Duri

Berdasarkan rata – rata dari pengukuran *throughput* diatas, diperoleh kesimpulan bahwa *Provider* Telkomsel dan Wilayah Kantor Camat Mandau mempunyai nilai

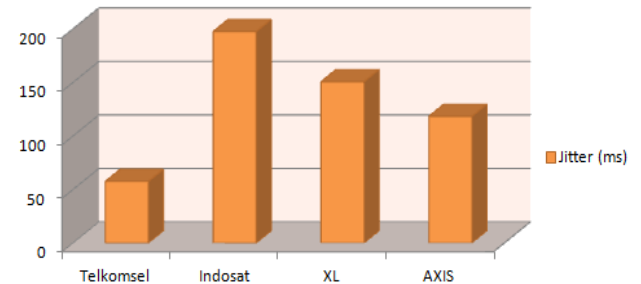
Throughput yang sangat baik dibandingkan dengan *provider* lainnya dan wilayah lainnya dikota Duri.

2. Hasil Pengukuran Jitter

Hasil pengukuran *jitter* didapatkan dengan cara melakukan *test* koneksi menggunakan aplikasi *wireshark* yang langsung terkoneksi dengan *provider* 4G LTE berdasarkan titik dan penggunaan *provider* yang berbeda. Cara melakukan pengujian sama dengan melakukan pengukuran *throughput*. Dengan memastikan *provider* yang terhubung lalu klik mulai dan aplikasi akan melakukan ping ke server yang paling dekat dengan lokasi tempat pengujian, lalu didapatkanlah nilai *jitter* yang diperlukan. Pengukuran dilakukan dalam waktu satuan detik.

Hasil pengukuran *jitter* di Kantor Camat, diperoleh *jitter* yang paling bagus pada *Provider* Telkomsel dengan nilai *jitter* 57,534 ms dan paling jelek pada *Provider* IM3 dengan nilai *jitter* 197,496 ms. Berikut grafik dari hasil pengukuran *jitter* dari masing-masing *provider*:

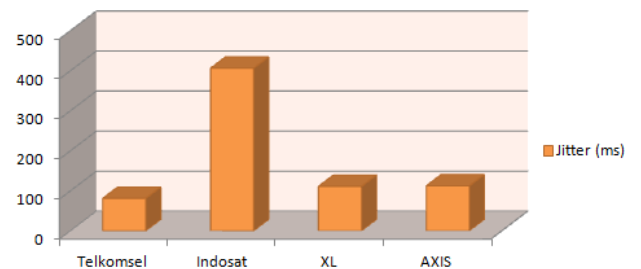
Grafik Hasil Jitter Provider Di Kantor Camat Mandau



Gambar 14 Grafik Hasil *Jitter* di Kantor Camat Mandau

Hasil pengukuran *jitter* di Mall Mandau City, diperoleh *jitter* yang paling bagus pada *Provider* Telkomsel dengan nilai *jitter* 81,218 ms dan paling jelek pada *Provider* IM3 dengan nilai *jitter* 406,097 ms. Berikut grafik dari hasil pengukuran *jitter* dari masing-masing *provider*:

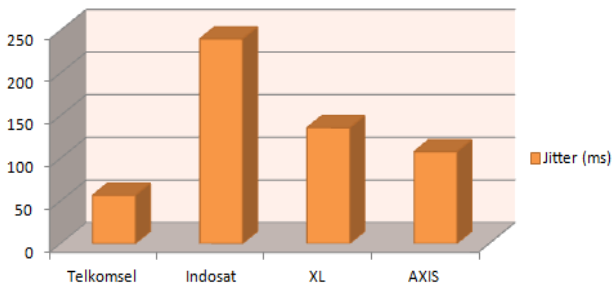
Grafik Hasil Jitter Provider Di Mall Mandau City



Gambar 15 Grafik Hasil *Jitter* di Mall Mandau City

Hasil pengukuran *jitter* di AMIK Mitra Gama, diperoleh *jitter* yang paling bagus pada *Provider* Telkomsel dengan nilai *jitter* 56,657 ms dan paling jelek pada *Provider* IM3 dengan nilai *jitter* 240,014 ms. Berikut grafik dari hasil pengukuran *jitter* dari masing-masing *provider*:

Grafik Hasil Jitter Provider Di AMIK Mitra Gama



Gambar 16. Grafik Hasil Jitter di AMIK Mitra Gama

Berdasarkan hasil pengukuran *jitter* jaringan 4G LTE dari beberapa *provider* di Kantor Camat, Mandau Mall City dan AMIK Mitra Gama, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.2:

Tabel 2 Hasil Pengukuran Jitter Provider di kota Duri

NO	PROVIDER	JITTER (ms)			Rata-rata (ms)
		Kantor Camat	Mandau Mall City	AMIK Mitra Gama	
1	TELKOMSEL	57.534	81.218	56.657	65.14
2	AXIS	118.225	112.333	107.755	112.77
3	INDOSAT	197.496	406.097	240.014	281.20
4	XL	150.666	111	135.773	132.48
Rata-rata (ms)		130.98	177.662	135.05	

Berdasarkan Tabel 4.2. diatas, hasil pengukuran *jitter* yang dilakukan di beberapa tempat Kota Duri diperoleh *jitter* yang paling kecil (Good) pada *Provider* Telkomsel dengan rata-rata *jitter* 65.14 ms. Lalu kedua adalah AXIS dengan rata-rata *jitter* 112.77 ms dan paling kecil pada *Provider* IM3, dengan rata-rata *jitter* yang diperoleh hanya 281.2 ms. Berdasarkan hasil pengukuran *jitter* diatas, bisa disimpulkan untuk *provider* Telkomsel merupakan *provider* terbaik dari sisi QoS *jitter* yang ada di kota Duri.

3. Hasil Pengukuran Packet Loss

Pengukuran *packet loss* menggunakan aplikasi wireshark. Sama seperti *throughput* dan *jitter*, untuk melakukan pengukuran dipastikan terlebih dahulu *provider* sudah terbaca di aplikasi. Lalu koneksikan jaringan *smartphone* ke *laptop* melalui sambungan *hotspot*. Pastikan setiap *provider* jaringannya tercover 4G LTE sebagai salah satu acuan parameter. Pengukuran yang diukur dalam satuan persen (%). Skema pengukuran ini tetap sama, dilakukan di kantor camat, Mall Mandau City dan AMIK Mitra Gama dengan layanan *provider* diberikan full koneksi internet.

Berdasarkan hasil pengukuran *packet loss* jaringan 4G LTE dari beberapa *provider* di Kantor Camat, Mandau Mall City dan AMIK Mitra Gama, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.3:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Packet Loss Provider di kota Duri

NO	PROVIDER	PACKET LOSS (%)			Rata-rata (%)
		Kantor Camat	Mandau Mall City	AMIK Mitra Gama	
1	TELKOMSEL	0.1	0.1	0.2	0.13
2	AXIS	7.8	1.2	0.2	3.07
3	INDOSAT	1.3	0	0.4	0.57
4	XL	6.2	0	0.6	2.27
Rata-rata (%)		3.85	0.325	0.35	

Berdasarkan Tabel 4.3. diatas, hasil pengukuran *packet loss* yang dilakukan di beberapa tempat Kota Duri

diperoleh *packet loss* yang paling kecil (Good) pada *Provider* Telkomsel dengan rata-rata nilai *packet loss* 0.13%. Lalu kedua adalah Indosat dengan rata-rata *packet loss* 0.57% dan paling banyak mengalami *packet loss* pada *Provider* AXIS, dengan rata-rata *packet loss* yang diperoleh sebesar 3.07%. Berdasarkan hasil pengukuran *packet loss* diatas, bisa disimpulkan bahwa *provider* Telkomsel merupakan *provider* terbaik dari sisi QoS *packet loss* yang ada di kota Duri.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran *Throughput*, *Jitter* dan *Packet Loss* yang sudah dilakukan di Kantor Camat Mandau, Mall Mandau City dan AMIK Mitra Gama, didapatkan hasil rata-rata QoS masing-masing *provider*. Hasil ini didapat berdasarkan data *real* dari setiap *provider* di setiap wilayah pengukuran yang dapat dilihat pada tabel 4.4:

Tabel 4 Hasil QoS Jaringan 4G LTE Beberapa Provider di Kota Duri

NO	PROVIDER	RATA-RATA QUALITY OF SERVICE		
		THROUGHPUT (KBps)	JITTER (ms)	PACKET LOSS (%)
1	TELKOMSEL	95.33	65.14	0.13
2	AXIS	53.67	112.77	3.07
3	INDOSAT	76.67	281.20	0.57
4	XL	72.67	132.48	2.27

Dari pengukuran nilai *Throughput*, *Jitter* dan *Packet Loss* diatas, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. *Provider* Telkomsel mempunyai nilai *Throughput* yang terbaik dibandingkan dengan *provider* lainnya di kota Duri dengan nilai 95,33 KBps.
2. Wilayah Kantor Camat Mandau mempunyai nilai *Throughput* yang sangat baik dibandingkan dengan wilayah lainnya di kota Duri dengan nilai 94,75 KBps.
3. *Provider* Telkomsel mempunyai nilai *Jitter* terendah dibandingkan dengan *provider* lainnya di kota Duri dengan rata-rata *jitter* 65.14 ms.
4. Wilayah Kantor Camat Mandau mempunyai nilai *Jitter* terendah dibandingkan dengan wilayah lainnya di kota Duri dengan rata-rata 130.98 ms.
5. *Provider* Telkomsel mempunyai nilai *Packet Loss* terendah dibandingkan dengan *provider* lainnya di kota Duri dengan rata-rata *Packet Loss* hanya sebesar 0.13%.
6. Wilayah Mall Mandau City mempunyai nilai *Packet Loss* terendah dibandingkan dengan wilayah lainnya di kota Duri dengan rata-rata *Packet Loss* hanya 0.325%.

Setiap *provider* diatas sudah termasuk kategori bagus dalam sisi jaringan internet 4G LTE. Tergantung dari kebutuhan masing-masing pengguna. Disini peneliti hanya memberikan data sesuai pengukuran yang sudah dilakukan, sehingga konsumen dapat menentukan pilihan layanan penyedia jasa jaringan 4G LTE mana yang terbaik bagi kebutuhan mereka.

Selain untuk menentukan pilihan bagi konsumen, data ini juga sangat penting dipertimbangkan bagi para penyedia

layanan jasa *provider*, agar selalu memberikan *service* yang terbaik bagi konsumen. Bagaimanapun konsumen merupakan aset terbesar bagi suatu perusahaan penyedia layanan jasa *internet*. Semakin banyak konsumen yang memakai jasa mereka, maka akan memperbesar untung dan profit lainnya bagi perusahaan penyedia layanan jasa *internet* 4G LTE.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengukuran Perbandingan QoS Jaringan 4G LTE Beberapa Provider Menggunakan Sistem Operasi Linux Ubuntu Server 18.10 berdasarkan nilai *Throughput*, *Jitter* dan *Packet Loss* yang dilakukan dikota Duri didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan dikota Duri, didapatkan *Provider* Telkomsel merupakan layanan penyedia *internet* 4G LTE terbaik di kota Duri dengan hasil yang paling baik dari semua sisi pengukuran QoSnya, baik dari sisi *Throughput*, *Jitter* dan *Packet Loss*.
- a. Berdasarkan pengukuran yang sudah dilakukan di beberapa tempat dikota Duri, faktor yang mempengaruhi nilai *Throughput* dari setiap *provider* berbeda yaitu tidak meratanya pembangunan tower sektoral setiap *provider* sehingga membuat kualitas jaringan *internet* disetiap *provider* tidak sama dalam mendukung jaringan yang stabil dan bagus. Faktor yang mempengaruhi nilai *jitter* adalah besar beban trafik yang menyebabkan besar terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter* semakin besar dan menyebabkan kualitas jaringan tersebut menurun. Sedangkan faktor yang mempengaruhi *packet loss* adalah gedung - gedung tinggi penghalang yang berada kota Duri yang dapat menyebabkan *blocking signal* terhadap jaringan dan *interference* dari jaringan radio lainnya yang ada ditempat pengukuran sehingga menyebabkan data hilang atau terbuang.

5.1 Keterbatasan sistem

1. Penelitian ini hanya menggunakan 3 parameter yaitu *throughput*, *jitter* dan *packet loss*, akan lebih baik lagi jika penelitian ini menggunakan lebih banyak parameter *Quality of Service* agar data yang dihasilkan lebih banyak.
2. Penelitian ini hanya dilakukan di 3 tempat saja di Kota Duri, sehingga untuk kebutuhan penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan kualitas operator jaringan lebih banyak tempat lagi dikota Duri. Agar hasil yang didapat benar-benar bisa menjadi patokan untuk kualitas provider tersebut di kota Duri.
3. Karna tidak meratanya pembangunan tower sektoral yang ada dikota Duri dan untuk mendapatkan hasil yang maksimal, peneliti harus benar-benar menunggu mendapatkan jaringan 4G LTE setiap *provider* saat terkoneksi ke perangkat untuk melakukan pengukuran.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Kantor Camat Mandau, Mall Mandau City dan AMIK Mitra Gama merupakan kawasan yang selalu ramai dikunjungi oleh orang-orang dari segala golongan sehingga membutuhkan kekuatan sinyal yang baik, oleh karena itu setiap operator *Provider* perlu mengoptimisasikan jaringan 4G LTE di kawasan tersebut. Agar konsumen selalu mendapatkan kepuasan dalam berinternet.
2. Hasil dan data yang didapat tidak ada menyangkut ke salah satu layanan *provider*. Jadi pilihan untuk memilih suatu *provider* tetap menjadi hak konsumen sesuai dengan kebutuhannya.

Daftar Rujukan

- [1] Dewo, E.Setio. 2003. Bandwidth dan Throughput. Artikel Populer IlmuKomputer.com.
- [2] Huda, Yasdinul. 2008. Konsep Dasar Telekomunikasi Selular. Padang: Jurnal Comunity College Teknik Elektronika FT UNP Padang.
- [3] Kamarullah A, Hafiz. 2009. Penerapan Metode Quality of Service pada Jaringan yang Padat. Jurnal Jaringan Komputer Universitas Sriwijaya.
- [4] Lubis, Rahmad Saleh dan Maksun Pinem. 2014. Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet di SMK TELKOM MEDAN. Medan: Jurnal Singuda Ensikom. Vol.7 No.3.
- [5] Maharani, Gumeta Sari. 2016. Analisis dan Pengujian di Jaringan 3G dan 4G dalam Layanan Quality of Service (QoS). Tugas Akhir. Yogyakarta: Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- [6] Ma'ruf, Rafiqy.2018. Analisis Performansi Jaringan Outdoor 4G LTE di Jalan Malioboro Yogyakarta. Yogyakarta: Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [7] Pranata, Dian dkk. 2016. Analisa Kualitas Layanan Jaringan Internet (Radio Point To Point) Menggunakan Metode QoS (Quality of Service) pada SMK Negeri 1 Indralaya Selatan). Jurnal Universitas Bina Darma.
- [8] Pranata, Eko Jhony. 2017. Analisis Perbandingan Quality of Service (QoS) Terhadap Kekuatan Jaringan Berbasis 4G (Operator TELKOMSEL, XL, dan INDOSAT) Di Daerah Sekitar Kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta). Tugas Akhir. Yogyakarta: Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- [9] Suyuti, Saidah dkk. 2011. Studi Perkembangan Teknologi 4G-LTE dan WiMax Di Indonesia, Jurnal Ilmiah Electrical Engineering UNHAS.Vol.9 No.2,.
- [10] Tiphon. 1998. Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks TIPHON)

General Aspects of Quality of Service (QoS). E-book DTR/TIPHON-05006

- [11] Warrasih, Anggit Praharasty dkk. 2011. Analisis Kualitas Panggilan Pada Jaringan GSM Menggunakan Terms Investigation. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [12] Wulandari, Rika. 2016. Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus: UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon), Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi. Vol.2 No.2.
- [13] Widiyanto, Eko Didik dkk. 2016. Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Telekomunikasi High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA) pada Teknologi 3,5G. Semarang: Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer. Vol.4, No.1