

**PERANCANGAN FTTH MENGGUNAKAN
ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK (EPON)
PADA *LAYER NETWORK* DI KAMPUS TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Nurul Aulia

12524093

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERANCANGAN FTTH MENGGUNAKAN *ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK (EPON)* PADA *LAYER NETWORK* DI KAMPUS TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Nurul Aulia

12524093

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 24 April 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng.,

Anggota Penguji 1 : Dr.Eng. Hendra Setiawan, ST, MT.,

Anggota Penguji 2 : Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng.,

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal: 24 April 2018

Ketua Program Studi/Teknik Elektro



Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST, MT.

025200526

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 24 April 2018



Nurul Aulia

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, kesehatan serta petunjuk serta kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan FTTH Menggunakan *Ethernet Passive Optical Network* (EPON) Pada *Layer Network* di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia”. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam isi tugas akhir ini sehingga semua kritik dan saran akan sangat bermanfaat untuk penulis agar dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, dan doanya. Penulis mengucapkan terima kasih antara lain kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tak pernah lelah memberikan semua bantuan, dukungan, dan doa.
2. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah mendampingi dan memberikan masukan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
4. Jodis, Tio, Bang Rei, Fiqqi yang menjadi teman seperjuangan dan teman diskusi pada pembuatan tugas akhir ini.
5. Teman-teman Teknik Elektro UII khususnya angkatan 2012 atas dukungannya.
6. Teman-teman konsentrasi Telekomunikasi Teknik Elektro UII atas dukungannya.
7. Dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Dengan penyusunan laporan ini, penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan di segala aspek. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik serta saran dari semua pihak, guna menyempurnakan proses penulisan laporan-laporan selanjutnya. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 24 April 2018

Nurul Aulia

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

| | |
|---------|--|
| AP | = <i>Access Point</i> |
| BPON | = <i>Broadband Passive Optical Network</i> |
| EPON | = <i>Ethernet Passive Optical Network</i> |
| FDDI | = <i>Fiber Distribution Data Interface</i> |
| FTTB | = <i>Fiber To The Building</i> |
| FTTC | = <i>Fiber To The Curb</i> |
| FTTH | = <i>Fiber To The Home</i> |
| FTTN | = <i>Fiber To The Node</i> |
| FTTx | = <i>Fiber To The X</i> |
| HTTP | = <i>Hypertext Transfer Protocol</i> |
| IP | = <i>Internet Protokol</i> |
| IP CCTV | = <i>Internet Protokol Closed Circuit Television</i> |
| IP TV | = <i>Internet Protokol Television</i> |
| LAN | = <i>Local Area Network</i> |
| MAN | = <i>Metropolitan Area Network</i> |
| ONU | = <i>Optical Network Unit</i> |
| OSI | = <i>Open System Interconnection</i> |
| P2MP | = <i>Point-to-multipoint</i> |
| P2P | = <i>Point-to-point</i> |
| PON | = <i>Passive Optical Network</i> |
| QoS | = <i>Quality of Service</i> |
| TCP | = <i>Transmission Control Protocol</i> |
| VOD | = <i>Video On Demand</i> |

ABSTRAK

Perkembangan dunia teknologi membuat internet menjadi sumber informasi utama dengan menawarkan penyatuan seluruh komunikasi yang bersifat multimedia. Seiring bertambahnya jumlah pengguna internet kemudian dikembangkanlah teknologi *Passive Optical Network* (PON) yang mendukung layanan *triple play* dimana transmisi paket data (internet), suara, dan multimedia dalam satu kabel optik dengan kecepatan tinggi serta *bandwidth* yang besar. Kelebihan yang dimiliki oleh PON inilah sangat tepat diaplikasikan untuk menunjang kebutuhan akademik mahasiswa maupun dosen di area kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Simulasi perancangan jaringan PON menggunakan Opnet Modeler yang kemudian dilakukan pengamatan terhadap parameter QoS dan dibandingkan dengan standar yang dikeluarkan oleh ITU-T. Nilai QoS yang didapat yaitu *delay* sangat bagus di tiap layanan dan termasuk dalam kategori baik yaitu dibawah 150 ms untuk semua layanan. Persentase *packet loss* 0% untuk layanan telepon dan data, sedangkan untuk layanan video adalah 0,0000061%. Untuk rata-rata *jitter* didapat nilai -0,09 μ s pada layanan telepon dan 0,0025 μ s pada layanan video serta termasuk dalam kategori bagus. *Page response time* untuk layanan data termasuk dalam kategori bagus dengan nilai 468,4 ms.

Kata kunci : PON, QoS, Opnet Modeler

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | i |
| PERNYATAAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Studi Literatur | 4 |
| 2.2 Tinjauan Teori | 5 |
| 2.2.1 <i>Passive Optical Network</i> (PON)..... | 5 |
| 2.2.2 <i>Ethernet</i> | 6 |
| 2.2.3 <i>Fiber To The X</i> (FTTx)..... | 7 |
| 2.2.4 <i>Fiber To The Home</i> (FTTH)..... | 8 |
| 2.2.5 <i>Quality of Service</i> (QoS) | 9 |
| BAB 3 Metodologi..... | 11 |
| 3.1 Alat dan Bahan | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 Alur Penelitian | 11 |
| 3.3 Spesifikasi Layanan | 12 |
| 3.3.1 <i>Quality Of Service (QoS)</i> | 12 |
| 3.3.2 Telepon..... | 12 |
| 3.3.3 Video | 13 |
| 3.3.4 Data | 13 |
| 3.4 Kebutuhan Perangkat..... | 13 |
| 3.5 Perancangan Simulasi..... | 14 |
| 3.6 Analisis Hasil..... | 19 |
| BAB 4 Hasil dan Pembahasan | 20 |
| 4.1 Telepon | 20 |
| 4.2 Video..... | 22 |
| 4.3 Data..... | 24 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 27 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 27 |
| 5.2 Saran | 27 |
| DAFTAR PUSTAKA | 28 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Arsitektur jaringan PON [11] | 5 |
| Gambar 2.2 Perbandingan arsitektur jaringan FTTx [6] | 8 |
| Gambar 2.3 Topologi <i>point-to-multipoint</i> (P2MP) [18]..... | 9 |
| Gambar 2.4 Topologi <i>point-to-point</i> (P2P) [18] | 9 |
| Gambar 3.1 Diagram alir perancangan jaringan EPON | 11 |
| Gambar 3.2 <i>Tools application config</i> | 15 |
| Gambar 3.3 <i>Tools profile</i> | 16 |
| Gambar 3.4 Pemodelan OLT | 17 |
| Gambar 3.5 <i>Node end-user</i> pada OLT 1 | 17 |
| Gambar 3.6 <i>Node end-user</i> pada OLT 2 | 18 |
| Gambar 3.7 <i>Node end-user</i> pada OLT 3 | 18 |
| Gambar 4.1 <i>Traffic recived</i> dan <i>sent</i> layanan telepon | 20 |
| Gambar 4.2 <i>Delay</i> layanan telepon | 21 |
| Gambar 4.3 <i>Jitter</i> layanan telepon | 21 |
| Gambar 4.4 Hasil <i>packet sent</i> dan <i>packet received</i> video | 23 |
| Gambar 4.5 <i>Delay</i> layanan video | 23 |
| Gambar 4.6 <i>Jitter</i> layanan video | 24 |
| Gambar 4.7 <i>Traffic recived</i> dan <i>sent</i> layanan data | 25 |
| Gambar 4.8 <i>Delay</i> layanan data | 25 |
| Gambar 4.9 <i>Page response time</i> layanan data..... | 26 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Parameter kepuasan QoS [20] | 10 |
| Tabel 3.1 Penentuan nilai QoS untuk perancangan jaringan EPON | 12 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi layanan telepon | 12 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi layanan video | 13 |
| Tabel 3.4 Spesifikasi layanan data | 13 |
| Tabel 3.5 Jumlah <i>node</i> tiap layanan [10] | 14 |
| Tabel 4.1 Hasil simulasi pada layanan telepon | 20 |
| Tabel 4.2 Hasil simulasi pada layanan video | 22 |
| Tabel 4.3 Hasil simulasi pada layanan data | 24 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebelum adanya internet, akses sumber informasi menjadi masalah utama yang dihadapi dunia pendidikan. Perpustakaan konvensional menjadi sumber informasi utama pada saat itu. Namun, perpustakaan konvensional dibangun dengan biaya yang tidak murah karena buku-buku dan jurnal dibeli dengan harga mahal serta tidak mudah dalam pengelolaannya. Dengan biaya mahal sehingga banyak perpustakaan di dunia yang tidak lengkap dalam menyediakan sumber informasi [1].

Seiring dengan perkembangan teknologi, internet menjadi sumber informasi baru yang begitu cepat menggeser perpustakaan konvensional sebagai sumber informasi utama [2]. Menurut survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggaraan Jasa Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2017, pengguna internet di Indonesia mencapai 143,26 juta jiwa. Jumlah pengguna ini mengalami kenaikan sekitar 7,4% dibandingkan pada tahun 2016 [3]. Dunia pendidikan tidak luput dari pemanfaatan internet sebagai sarana media belajar-mengajar, seperti membaca artikel maupun melihat dan mengunduh video materi belajar-mengajar. Dengan adanya internet, akses sumber informasi menjadi lebih mudah dengan sumber yang lebih banyak sehingga informasi bukan menjadi masalah lagi [4]. Pemanfaatan internet yang tinggi menuntut jaringan teknologi yang mendukung koneksi internet yang cepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Dalam dunia pendidikan khususnya pada Universitas Islam Indonesia, kebutuhan akan internet tidak hanya diperuntukan bagi mahasiswa saja melainkan juga bagi departemen dalam kalangan akademisi kampus. Jaringan yang memiliki kemampuan transfer data yang cepat serta *bandwidth* yang cukup besar merupakan pertimbangan dalam pemilihan jaringan untuk area kampus. Oleh karena itu diperlukan suatu jaringan lokal akses fiber yang lebih handal dan berprospek hingga jangka waktu yang lama.

Jaringan *Passive Optical Network* (PON) merupakan jaringan yang menggunakan serat optik sebagai medium penghantar dari pusat penyedia layanan sampai ke pengguna. PON mendukung layanan *triple play* dimana transmisi paket data (internet), suara, dan multimedia secara bersamaan dalam satu kabel dengan kecepatan tinggi serta *bandwidth* yang besar [5]. Jaringan PON memiliki protokol yang dapat dikombinasikan dengan jaringan *ethernet* yang telah ada pada wilayah kampus Universitas Islam Indonesia yaitu *Ethernet Passive Optical Network* (EPON). Dengan

demikian, jaringan EPON sangat tepat diaplikasikan untuk menunjang kebutuhan akademik mahasiswa maupun dosen di area kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.

Arsitektur jaringan PON yang sering digunakan adalah *Fiber To The Home* (FTTH) dan *Fiber To The Office* (FTTO). Arsitektur FTTH sangat mirip dengan FTTO hanya saja berbeda pada peletakan titik terminasi jaringan. Titik terminasi pada FTTH diletakkan sangat dekat dengan *Optical Network Unit* (ONU) pada sisi pengguna layanan [6]. Dengan mempertimbangkan hal tersebut dapat mengurangi penggunaan kabel tembaga sehingga dapat menyediakan *bandwidth* yang lebih besar.

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini dilakukan simulasi perancangan jaringan EPON dengan menggunakan *software* Opnet Modeler untuk melihat tingkat kehandalan dan kualitas jaringan EPON dalam mentransmisikan layanan *triple play* di wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan di atas, maka dapat dibuat suatu rumusan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang jaringan *Passive Optical Network* (PON) pada *layer network*?
2. Bagaimana nilai QoS pada jaringan *Ethernet Passive Optical Network* (EPON) yang telah dirancang dalam mendukung layanan *triple play* di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Teknologi PON yang digunakan untuk penelitian ini adalah menggunakan *Ethernet Passive Optical Network* (EPON).
2. Perancangan yang dilakukan hanya pada *layer network*.
3. Area penelitian yang akan dicakup dalam penelitian ini adalah di gedung FTI, FIAI, Lab terpadu FMIPA, dan gedung FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Pembahasan mencakup analisis *packet loss*, *delay*, *jitter* pada layanan telepon dan video, dan *HTTP page response time* pada layanan data.
5. Simulasi menggunakan Opnet Modeler 14.5.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mempelajari dan mensimulasikan jaringan PON dengan teknologi EPON menggunakan *software* Opnet Modeler 14.5.
2. Mengetahui kinerja jaringan EPON hasil perancangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menjadi model acuan dalam pengembangan penelitian dibidang perancangan jaringan serat optik.
2. Dapat menganalisis secara jelas kinerja jaringan PON dalam mendukung layanan *triple play*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang analisis perancangan secara detail mengenai jaringan optik sebenarnya telah banyak dilakukan, baik dengan menggunakan standarisasi dari ITU-T (GPON) maupun oleh IEEE (EPON), seperti penelitian yang dilakukan oleh Donny Iskandar, dkk yang merancang dan mensimulasikan dengan *software* Opnet modeler pada jaringan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) sebagai jaringan *backbone* yang ideal di Universitas Bina Darma [7]. Hasil simulasi kemudian dianalisis terhadap kemampuan QoS jaringan tersebut serta dibandingkan dengan jaringan lokal yang telah digunakan sebelumnya. Hasil penelitian Donny Iskandar, dkk yaitu *jitter* untuk layanan *voice* pada jaringan GPON tidak melebihi 0,0 detik sedangkan untuk jaringan *ethernet* mencapai 30 sampai 35 detik. Untuk *packet delay* layanan video tidak lebih dari 0,0 detik pada jaringan GPON dan 0,3 detik pada jaringan *ethernet*. Sedangkan HTTP *page response time* untuk layanan data dibawah 0,0 detik untuk jaringan GPON dan 1,1 detik untuk jaringan *ethernet*.

Penelitian lain yang serupa dilakukan oleh Olusegun Omitola, dkk yang membandingkan kinerja layanan antara dua jaringan lokal dan PON yaitu jaringan yang menggunakan teknologi *Ethernet* dan *Fiber Distribution Data Interface* (FDDI) [8]. Pengamatan dilakukan dari hasil simulasi dengan menggunakan *software* Opnet Modeler terhadap masing-masing 20 *node* di setiap teknologi dengan paramter QoS yaitu *throughput* dan *delay*. Hasil yang didapat yaitu *throughput* jaringan *ethernet* lebih baik dibandingkan dengan jaringan FDDI yaitu 1 *bits/s* untuk FDDI dan 50 *bits/s* untuk *ethernet*. Nilai *delay* yang didapat untuk jaringan FDDI lebih baik daripada jaringan *ethernet* yaitu 0,00026 pada jaringan FDDI dan 0,0003 detik pada jaringan *ethernet*.

Dany Ramadhany [9] tentang perbandingan kualitas layanan VoIP dengan protokol H.323 dan SIP menggunakan Opnet Modeler. Pengamatan dilakukan terhadap QoS dengan skenario yang berbeda-beda dengan ketentuan protokol yang digunakan H.323 atau SIP saja, kemudian ditambahkan *background traffic*, dan kedua protokol tersebut digunakan pada saat yang bersamaan. Hasil yang didapat yaitu rata-rata *delay* pada protokol SIP lebih rendah yaitu sebesar 0,6093754 detik sedangkan untuk protokol H.323 adalah 0,82214075 detik.

Penelitian lain yang membahas jaringan PON oleh Ramadhany Darmaningtyas [10]. Pada penelitian ini penulis membahas perancangan jaringan serat optik menggunakan teknologi *Ethernet Passive Optical Network* (EPON) untuk memenuhi kebutuhan layanan di empat gedung

di wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Perancangan meliputi pengujian kelayakan perancangan yaitu perhitungan *link power budget* dan *rise time budget*. Pada perhitungan *link power budget* adalah 19,10 dB untuk *uplink* dan 18,97 dB untuk *downlink* dengan jarak terjauh dari OLT menuju ONU adalah 0,945 Km. Perhitungan *rise time budget* didapat nilai 0,250332 ns dengan *bit rate* 1,25 Gbps.

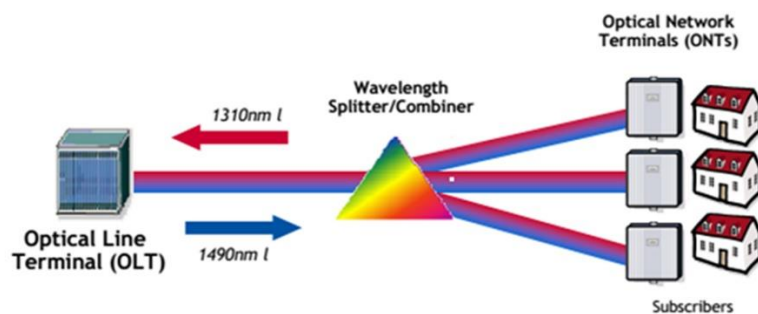
Penelitian ini membahas perancangan jaringan FTTH di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Berbeda dengan penelitian dari Ramadhany D. [10] yang hanya melakukan perancangan pada layer fisik sedangkan pada penelitian ini membahas perancangan dan simulasi pada *layer network* menggunakan *software* Opnet Modeler 14.5 serta melakukan analisis terhadap nilai QoS untuk melihat kinerja jaringan EPON hasil perancangan tersebut.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Passive Optical Network (PON)

PON merupakan arsitektur jaringan akses *broadband* menggunakan perangkat pasif optik dengan serat optik sebagai media transmisi. Optik dapat menyediakan beberapa layanan dalam satu saluran seperti paket data (internet), suara, dan multimedia (video). Teknologi PON ini tidak membutuhkan komponen aktif yang membutuhkan daya sehingga dapat menghemat biaya [10].

Secara umum, perangkat yang digunakan dalam teknologi PON terdiri dari *Optical Line Terminal* (OLT) yang ditempatkan pada pusat terminasi jaringan. Satu serat optik dari OLT terhubung dengan *splitter* yang membagi dan menghubungkan dengan maksimal 64 pengguna yang masing-masing memiliki perangkat *Optical Network Unit* (ONU) di titik akhir jaringan [6].



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan PON [11]

Gambar 2.1 memperlihatkan arsitektur yang umum digunakan pada jaringan PON. Berikut penjelasan tentang perangkat yang digunakan pada jaringan PON:

- a. *Optical Line Network* (OLT) merupakan sebuah perangkat aktif yang diletakan di pusat terminasi. OLT berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik yang ditransmisikan dari sisi penyedia layanan atau *Internet Service Provider* (ISP) menjadi sinyal optik serta menyediakan *interface* untuk layanan data (internet), suara dan multimedia (video) [12].
- b. *Optical Splitter* merupakan sebuah perangkat pasif yang tidak memerlukan sumber energi eksternal. Satu serat optik dari OLT dibagi oleh *optical splitter* menuju ke banyak perangkat ONU. Pembagian jaringan oleh *optical splitter* menggunakan topologi P2MP [12].
- c. *Optical Network Unit* (ONU) adalah perangkat aktif yang berada pada sisi pengguna jaringan. ONU berfungsi sebagai pengubah sinyal optik yang ditransmisikan OLT menjadi sinyal elektrik [12].

Pada perkembangannya, jaringan *Passive Optical Network* (PON) ini terbagi dalam beberapa protokol, yaitu :

- a. *Broadband Passive Optical Network* (BPON)

BPON adalah perkembangan dari ATM PON yang distandarisasi oleh ITU-T dengan standar G.983.1 dengan *bandwidth upstream* yang besar karena telah mendukung teknologi WDM [13].

- b. *Ethernet Passive Optical Network* (EPON)

EPON merupakan PON yang berbasis *ethernet* dengan standar IEEE 802.3ah yang dikeluarkan oleh IEEE dengan *bandwidth* 1 Gbps untuk *upstream* dan *downstream*. EPON mengadopsi mekanisme *Time Division Multiplexing* (TDM) untuk melakukan transmisi *upstream*. Sedangkan untuk *downstream*, EPON menggunakan metode *broadcast* yang mengirimkan semua data pada satu slot waktu yang kemudian dipisahkan oleh ONU berdasarkan data yang dibutuhkan oleh setiap pengguna [14].

- c. *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)

GPON adalah perkembangan dari BPON dengan kemampuan *downstream* hingga 2,488 Mbps sedangkan untuk *upstream* hingga 1,244 Mbps [13].

2.2.2 Ethernet

Ethernet dengan standarisasi IEEE 802.3 adalah salah satu cara pengkabelan yang banyak digunakan untuk jaringan *Local Area Network* (LAN) dan *Metropolitan Area Network* (MAN). *Ethernet* mencakup 2 lapisan terbawah dari lapisan *Open System Interconnection* (OSI) yaitu *physical layer* dan *data link layer*. Pada tahun 2004 IEEE mengeluarkan suatu standar yang

digunakan untuk jaringan EPON, yaitu IEEE 802.3ah yang merupakan jaringan PON yang berbasis *ethernet* [15].

2.2.3 *Fiber To The X (FTTx)*

Fiber to the x (FTTx) merupakan istilah yang digunakan untuk setiap arsitektur jaringan *broadband* yang menggunakan media transmisi berupa *fiber optic*. Penggunaan FTTx dalam industri telekomunikasi dibedakan antara beberapa konfigurasi arsitektur, antara lain sebagai berikut:

a. *Fiber to the node* (FTTN)

Fiber diterminasikan pada kabinet di jalan hingga beberapa kilometer jauhnya dari tempat pelanggan, sedangkan koneksi akhir dengan tembaga [6].

b. *Fiber to the building* (FTTB)

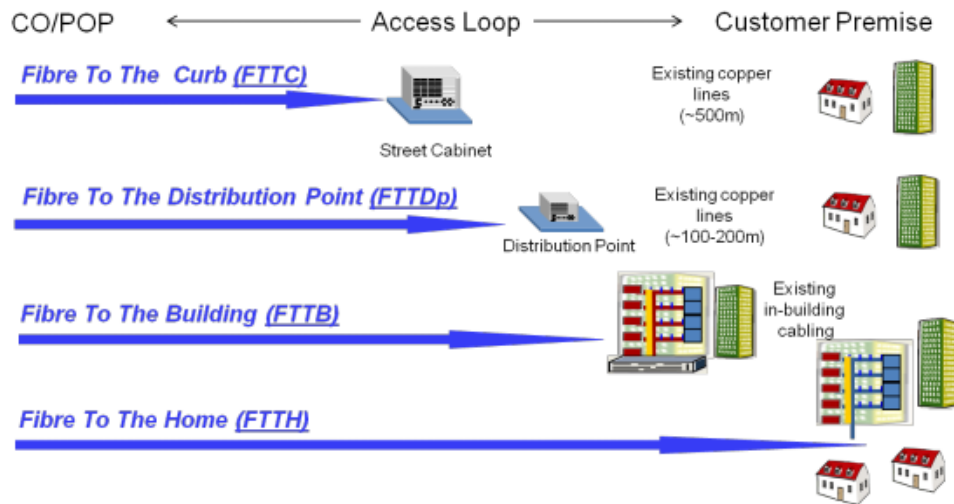
Titik konversi optik (TKO) terletak di dalam gedung yang dihubungkan oleh *cable feeder* ke *port* yang ada pada *splitter*. Hubungan antara pelanggan dan *splitter* tidak menggunakan serat optik melainkan menggunakan kabel tembaga. Penggunaan FTTB sama dengan skenario yang digunakan pada FTTH [6].

c. *Fiber to the curb* (FTTC)

Masing-masing TKO berada di luar bangunan hampir sama dengan FTTN namun lebih dekat dengan pelanggan, koneksi dengan pelanggan menggunakan kabel tembaga [6].

d. *Fiber to the home* (FTTH)

Setiap pelanggan dihubungkan sepenuhnya menggunakan serat optik ke penyedia layanan atau menggunakan 100BASE-BX10 atau 1000BASE-BX10 transmisi untuk teknologi EPON [6].



Gambar 2.2 Perbandingan arsitektur jaringan FTTx [6]

2.2.4 Fiber To The Home (FTTH)

Fiber to the home (FTTH) merupakan arsitektur jaringan optik yang sepenuhnya menggunakan serat optik mulai dari provider sampai ke pengguna. Sinyal optik dibawa secara bersamaan ke *splitter* yang hampir mendekati pengguna jaringan. Sinyal optik tersebut kemudian diubah menjadi sinyal elektrik di akhir jaringan dengan menggunakan *Optical Network Unit* (ONU) [16]. FTTH telah dianggap sebagai solusi ideal untuk jaringan akses sejak penemuan komunikasi serat optik karena memiliki kecepatan transfer data yang tinggi, ukuran tipis, serta tahan terhadap gangguan elektromagnetik [17].

Dalam pendistribusian jaringan FTTH secara umum digunakan 2 topologi, yaitu *point-to-multipoint* (P2MP) yang sering digabungkan dengan teknologi *Passive Optic Network* (PON), dan *point-to-point* (P2P) [18]. Secara umum, konfigurasi 2 topologi tersebut sebagai berikut:

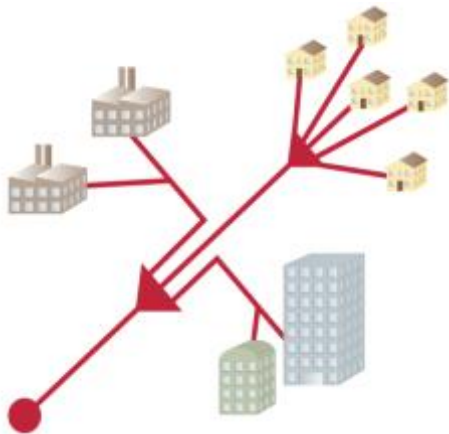
a. *Point-to-multipoint* (P2MP)

Topologi ini menyediakan transmisi satu fiber dari pusat terminasi dihubungkan dengan *splitter* yang dibagi untuk beberapa pengguna. Pada topologi ini dapat dikombinasikan antara teknologi PON dan *Ethernet Active* yang menggunakan daya listrik pada beberapa perangkat dalam mendistribusikan sinyal [18].

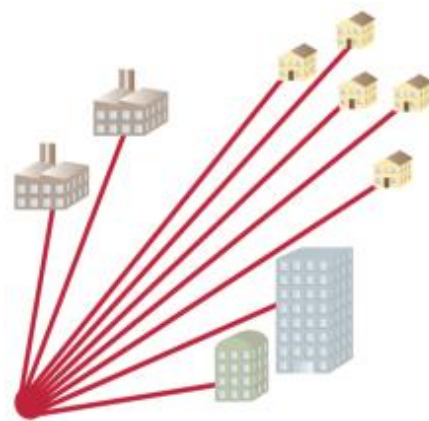
b. *Point-to-point* (P2P)

Pada topologi ini, menyediakan fiber khusus antara pusat terminasi dan pengguna. Setiap pelanggan memiliki koneksi langsung dengan pusat terminasi. Topologi ini memerlukan kabel fiber yang lebih banyak dan lebih ideal untuk cakupan daerah yang kecil dan dekat dengan pusat terminasi [18].

Perbedaan antara P2MP dan P2P dapat dilihat pada gambar Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.3 Topologi *point-to-multipoint* (P2MP) [18]



Gambar 2.4 Topologi *point-to-point* (P2P) [18]

2.2.5 Quality of Service (QoS)

QoS adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menggunakan sumber daya yang ada tanpa memperluas jaringan tersebut [19]. QoS memberikan prioritas pada aplikasi-aplikasi yang berbasis jaringan yang membutuhkan *bandwidth* dan akses yang real-time secara kontinu seperti IP *telephony*, *video streaming*, dan lainnya sehingga sumber daya yang ada digunakan secara efisien tanpa mempengaruhi kinerja lalu lintas jaringan .

Parameter yang digunakan untuk mengetahui QoS meliputi:

a. *Packet Loss*

Packet Loss menunjukkan jumlah total paket yang hilang dalam suatu proses pengiriman data informasi pada sebuah jaringan. Jika total paket yang hilang tinggi, maka tingkat efisiensi jaringan secara keseluruhan akan berkurang karena proses pengiriman ulang dari paket yang hilang tersebut [19].

Packet loss dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$packet\ loss = \left(\frac{data\ terkirim - data\ diterima}{data\ terkirim} \right) \times 100\% \quad (2.1)$$

b. *Delay (Latency)*

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari pengirim ke penerima dalam suatu jaringan. Penundaan memiliki dampak langsung terhadap tingkat kepuasan pengguna layanan [20].

c. *Jitter*

Jitter merupakan variasi dari *delay* antar paket yang diterima pengguna suatu jaringan [19].

Tabel 2.1 memperlihatkan standar nilai QoS yang telah ditentukan oleh ITU-T untuk layanan multimedia:

Tabel 2.1 Parameter kepuasan QoS [20]

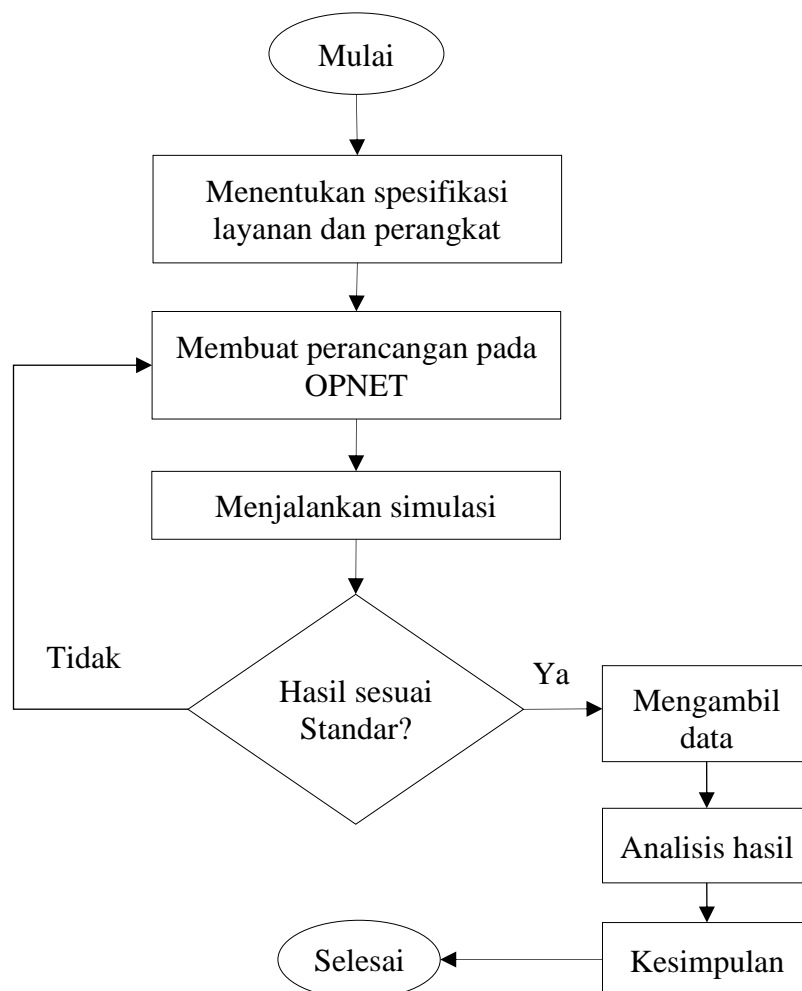
| Kategori | Packet Loss | Peak Jitter (ms) | Besar Delay (ms) |
|-----------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Sangat bagus | 0% | 0 | 0 – 150 |
| Bagus | 1-3 % | 0 – 75 | |
| Sedang | 4-15 % | 76 – 125 | 150 – 400 |
| Jelek | 16-25 % | 125 – 225 | > 400 |

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini bersifat simulasi, alat yang dibutuhkan adalah komputer yang memiliki spesifikasi yang cukup dan telah terintegrasi dengan *software* Opnet Modeler 14.5. Opnet Modeler adalah *tools* yang digunakan untuk melakukan simulasi jaringan yang menyediakan *Virtual Network* dengan model yang meliputi seluruh jaringan [21]. OPNET Modeler dapat menganalisis jaringan untuk membandingkan dampak desain teknologi yang berbeda pada pengguna jaringan [21].

3.2 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan jaringan EPON

Penelitian yang dilakukan mengacu pada diagram alir pada Gambar 2.1. Metode perancangan yang dilakukan adalah dengan mengambil acuan perhitungan kebutuhan layanan dan

jumlah perangkat dari tugas akhir Ramadhany Darmaningtyas [10] seperti yang terlihat pada Tabel 3.2 sampai dengan Tabel 3.5 yang kemudian disimulasikan menggunakan *software* Opnet Modeler 14.5. Dari simulasi tersebut menghasilkan nilai berupa *packet sent*, *packet received* dan beberapa parameter QoS untuk mengetahui kualitas jaringan dan dibandingkan dengan standarisasi kualitas layanan yang telah ditentukan oleh ITU-T. Jika hasil simulasi yang didapat tidak sesuai dengan standar, maka dilakukan perancangan ulang dengan mengganti parameter-parameter pada layanan maupun perangkat yang digunakan.

3.3 Spesifikasi Layanan

Dalam penelitian ini menggunakan 3 layanan atau lebih di kenal dengan *triple play* yaitu layanan data, video dan telepon. Tahap pertama adalah menentukan spesifikasi tiap layanan yang digunakan pada penelitian ini. Adapun spesifikasi layanannya sebagai berikut:

3.3.1 Quality Of Service (QoS)

Penentuan QoS perancangan berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh ITU-T untuk multimedia [20] dengan kategori Sangat bagus dan bagus untuk semua layanan. Berikut penentuan QoS untuk perancangan jaringan EPON :

Tabel 3.1 Penentuan nilai QoS untuk perancangan jaringan EPON

| Kategori | Packet Loss | Peak Jitter (ms) | Delay (ms) |
|--------------|-------------|------------------|------------|
| Sangat bagus | 0% | 0 | 0 – 150 |
| Bagus | 1-3 % | 0 – 75 | |

3.3.2 Telepon

Spesifikasi untuk layanan telepon yang digunakan terlihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi layanan telepon

| Attribute | Value |
|--|--------------------------------|
| <i>Encoder scheme</i> | <i>G.711</i> |
| <i>Voice frame per packet</i> | 1 |
| <i>Type of service</i> | <i>Interactive voice (6)</i> |
| <i>Signaling</i> | <i>H.323 [22]</i> |
| <i>Incoming Conversation Environment</i> | <i>Land phone - Quiet room</i> |
| <i>Outgoing Conversation Environment</i> | <i>Land phone - Quiet room</i> |
| <i>Traffic Mix (%)</i> | <i>All Discrete</i> |
| <i>Data Rate</i> | 64 – 100 kbps [22] |
| Jumlah <i>node</i> | 154 |

3.3.3 Video

Untuk video digunakan 2 layanan yaitu IP CCTV dan *Video on Demand* (VoD) atau sebagai IP TV. Spesifikasi untuk layanan video terlihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi layanan video

| <i>Attribute</i> | <i>Value</i> | |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | IP TV | IP CCTV |
| <i>Frame Interarrival Time Information</i> | 30 fps [22] | 30 fps [22] |
| <i>Frame Size Information (bytes)</i> | 352X240 <i>pixels</i> | 128X240 <i>pixels</i> |
| <i>Type of Service</i> | <i>Streaming Multimedia</i> (4) | <i>Streaming Multimedia</i> (4) |
| <i>Traffic Mix (%)</i> | <i>All Discrete</i> | <i>All Discrete</i> |
| <i>Data Rate</i> | 10 – 15 Mbps [22] | 2 – 3 Mbps [22] |
| Jumlah <i>node</i> | 44 | 317 |

3.3.4 Data

Adapun layanan data yang dimaksud adalah layanan yang digunakan untuk menghubungkan perangkat seperti komputer/laptop dan *smartphone* dengan internet baik melalui jaringan LAN maupun *Access Point* (AP). Adapun spesifikasi layanan data seperti pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Spesifikasi layanan data

| <i>Attribute</i> | <i>Value</i> |
|---------------------------|------------------------|
| <i>HTTP Specification</i> | HTTP 1.1 |
| <i>Type of Service</i> | <i>Best Effort</i> (0) |
| <i>Data Rate</i> | 2 – 3 Mbps [22] |
| Jumlah <i>node</i> | 533 |

3.4 Kebutuhan Perangkat

Dalam perancangan simulasi ini menggunakan jumlah perangkat yang telah dihitung dalam tugas akhir Ramadhany Darmaningtyas [10] sebagai acuan referensi. Dimana perancangan tersebut melayani kebutuhan jaringan pada 4 gedung yang berada di lingkungan Universitas Islam Indonesia, yaitu gedung K.H. Mas Mansur (FTI), K.H.A. Wahid Hasyim (FIAI), Lab terpadu FMIPA dan gedung Dr. Mohammad Natsir (FTSP).

Simulasi menggunakan 3 buah OLT sebagai server atau penyalur data yang diletakan untuk memenuhi kebutuhan akses jaringan di setiap gedung. OLT 1 diletakan pada gedung K.H. Mas Mansur (FTI), OLT 2 diletakan di gedung Dr. Mohammad Natsir (FTSP), dan OLT 3 diletakan di

gedung K.H.A Wahid Hasyim (FIAI) yang juga akan memenuhi kebutuhan jaringan untuk Lab terpadu FMIPA.

Banyaknya jumlah *node* tiap layanan baik berupa *workstation* maupun *Access Point* terdapat pada Tabel 3.5 berikut:

Tabel 3.5 Jumlah *node* tiap layanan [10]

| Layanan | OLT 1 | OLT 2 | OLT 3 | Total |
|-------------------|-------------|-------|-------|-------|
| Telepon | 27 | 44 | 83 | 154 |
| Data | 126 | 68 | 339 | 533 |
| Wifi/AP | 78 | 84 | 97 | 259 |
| IP TV | 13 | 21 | 10 | 44 |
| IP CCTV | 96 | 89 | 132 | 317 |
| Total node | 1307 | | | |

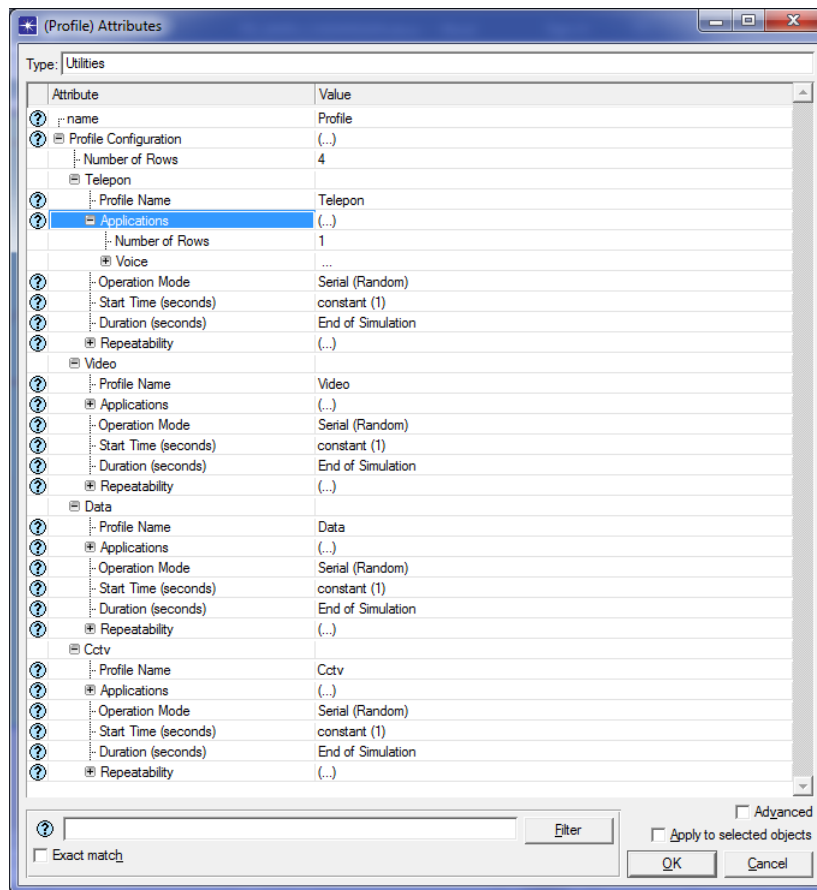
1000Base-X digunakan untuk mentransmisikan data informasi dalam perancangan simulasi penelitian ini. 1000Base-X merupakan jaringan PON berbasis *ethernet* yang memiliki kecepatan transfer data mencapai 1 Gbps.

Node yang digunakan dalam perancangan hanya dapat melayani satu layanan pada setiap *node*-nya disebabkan karena keterbatasan *memory* komputer yang digunakan untuk melakukan simulasi. Satu *node* diasumsikan satu *user* yang hanya dapat mengakses satu layanan dalam satu waktu.

3.5 Perancangan Simulasi

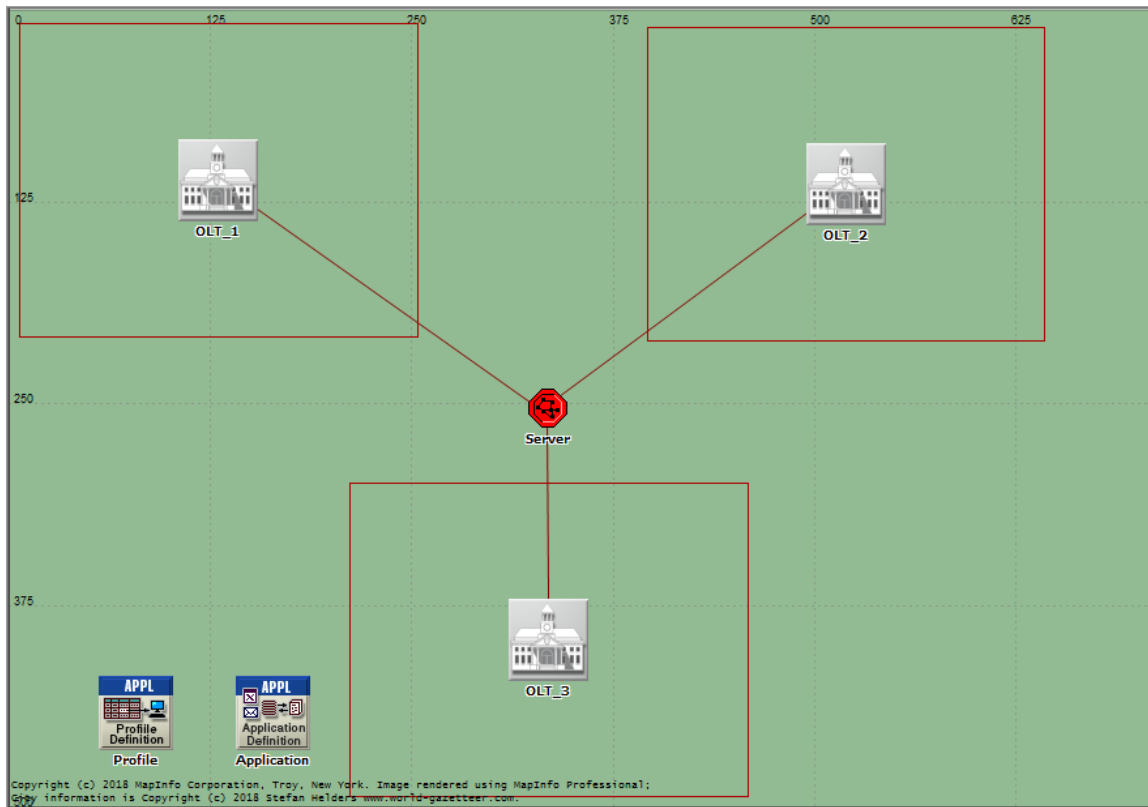
Pada tahap ini dibuat perancangan dengan menggunakan *software* OPNET Modeler 14.5. Perancangan menggunakan topologi *point-to-multipoint* (P2MP). Jaringan dari pusat terminasi atau OLT didistribusikan menggunakan *splitter* yang membagi kabel serat optik kepada setiap perangkat pengguna. Perancangan menggunakan arsitektur FTTH dengan mempertimbangkan letak titik terminasi yang dekat dengan ONU serta mengurangi penggunaan kabel tembaga sehingga dapat menyediakan *bandwidth* yang lebih besar.

Perancangan dimulai dengan mengatur aplikasi yang terdapat pada *tools application config* dan *tools profile*. *Tools application config* adalah salah satu komponen pada *opnet* yang berfungsi untuk memberikan layanan apa saja yang digunakan. Sedangkan *Tools profile* berfungsi untuk mengatur waktu pengoperasian aplikasi-aplikasi telah dibuat pada *tools application config*.

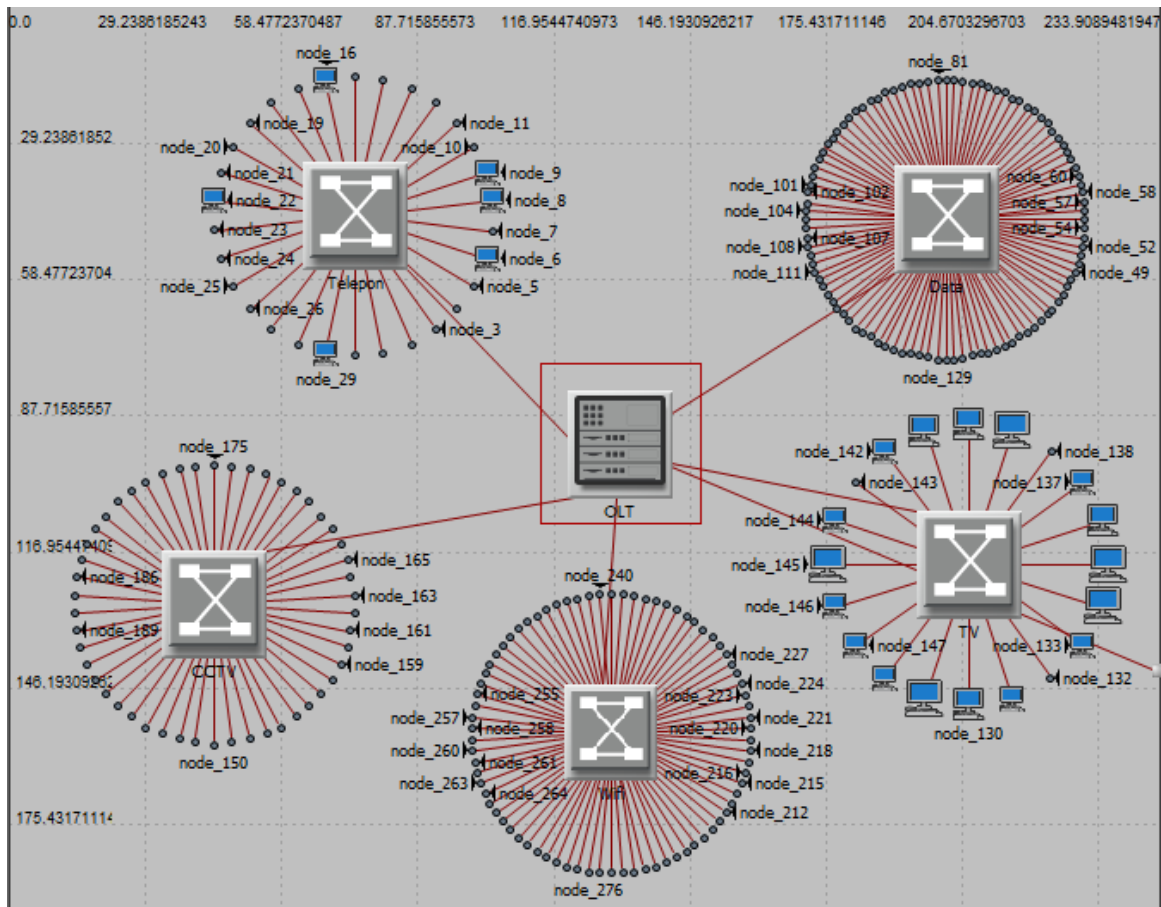


Gambar 3.3 *Tools profile*

Perancangan ini menggunakan topologi P2MP. Peletakan 3 buah OLT seperti terlihat pada Gambar 3.4 untuk memenuhi kebutuhan layanan di 4 gedung yang telah dijelaskan pada Bab 3.4. Server merupakan pusat layanan, dalam hal ini sebagai ISP. Layanan dikirim dari tiap-tiap OLT kemudian melewati *switch* sebagai pembagi jaringan menuju *node-node workstation* yang digunakan sebagai *end-user* atau pengguna layanan seperti terlihat pada Gambar 3.5 sampai Gambar 3.7.



Gambar 3.4 Pemodelan OLT



Gambar 3.5 Node end-user pada OLT 1

3.6 Analisis Hasil

Pada tahap ini membahas analisis terhadap data yang didapat dari hasil simulasi menggunakan Opnet Modeler 14.5. Hasil yang didapat dari simulasi berupa nilai *packet sent*, *packet received*, dan *delay*. Dari nilai-nilai tersebut digunakan sebagai parameter untuk mengetahui kualitas QoS dari jaringan yang dibuat. Parameter QoS yang dianalisis yaitu *packet loss*, *delay*, dan *jitter* pada layanan telepon dan video. Sedangkan nilai QoS yang dianalisis untuk layanan data berupa nilai *page response time* yang kemudian parameter-parameter tersebut dibandingkan dengan standarisasi kualitas layanan oleh ITU-T.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah menentukan letak dari tiap perangkat, langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi jaringan EPON dengan jumlah 1.307 *node* menggunakan 3 OLT. Durasi pengumpulan data simulasi adalah 300 detik atau selama 5 menit. Pada bagian ini akan membahas tentang hasil yang didapat dari simulasi tersebut. Berikut hasil simulasi dan analisis dari tiap layanan.

4.1 Telepon

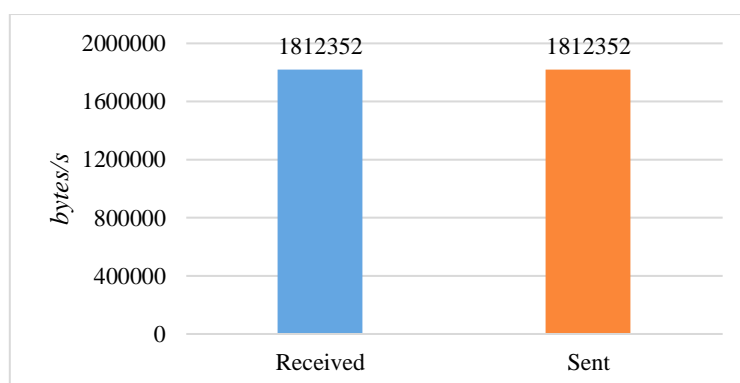
Dari simulasi yang dilakukan pada 154 *node* yang menggunakan layanan telepon terlihat seperti pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hasil simulasi pada layanan telepon

| No | Output | Nilai <i>packets per seconds</i> | Nilai <i>bytes/s</i> |
|----|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1 | <i>Traffic sent</i> | 2265094 | 181207520 |
| 2 | <i>Traffic received</i> | 2265094 | 181207520 |
| 3 | <i>Packet Loss</i> | 0 % | |
| 4 | Rata-rata <i>delay</i> | 60,02 ms | |
| 5 | Rata-rata <i>Jitter</i> | -0,09 μ s | |

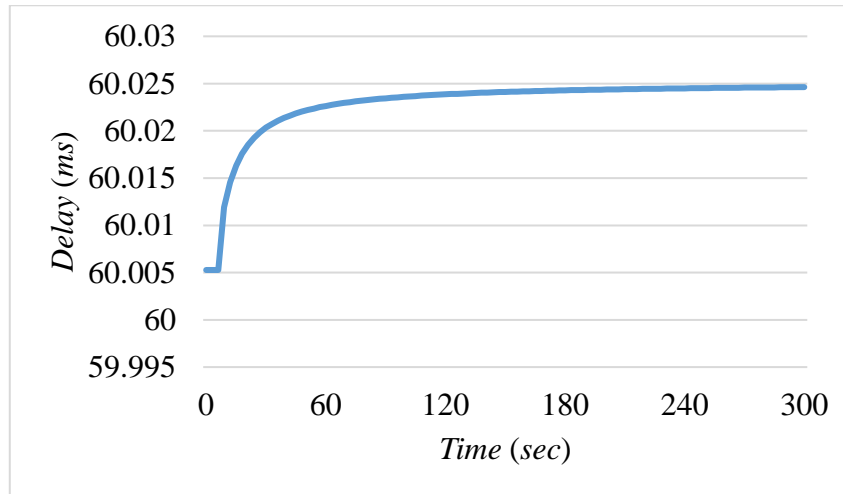
a. *Packet Loss*

Simulasi yang dilakukan selama 300 detik untuk layanan telepon didapat nilai total trafik yang terkirim dan yang diterima terlihat pada Gambar 4.1 memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 181,21 MB/s. Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *packet loss* yang terjadi selama pengiriman paket informasi dari server menuju pengguna. Dengan mengacu pada Tabel 2.1, hasil simulasi ini termasuk dalam kategori sangat bagus dengan persentase paket yang hilang adalah sebesar 0%.



Gambar 4.1 *Traffic received* dan *sent* layanan telepon

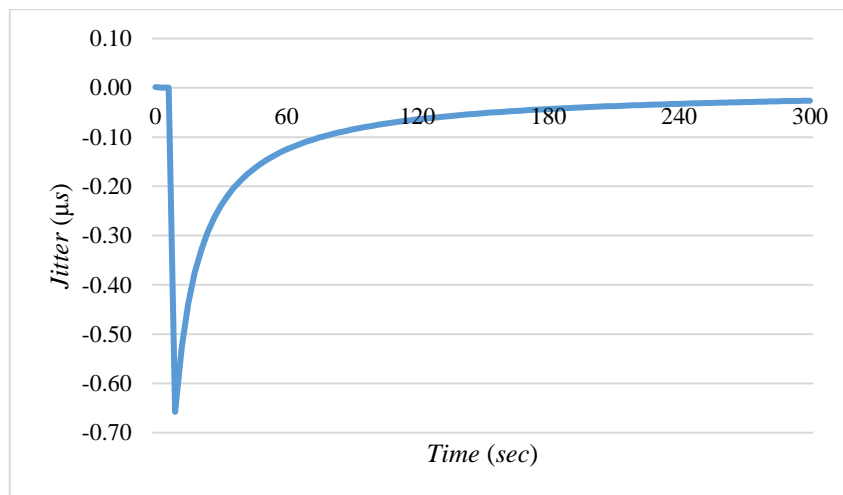
b. *Delay*



Gambar 4.2 *Delay* layanan telepon

Layanan telepon berbasis IP merupakan layanan komunikasi yang bersifat *real time* yang membutuhkan pengiriman informasi secara terus menerus tanpa adanya penundaan pengiriman informasi. Gambar 4.2 menunjukkan *delay* layanan telepon untuk 154 *node* selama 300 detik. Nilai *delay* setelah dirata-ratakan adalah sebesar 60,02 ms. Nilai tersebut termasuk dalam kategori baik dimana nilai *delay* masih kurang dari 150 ms.

c. *Jitter*



Gambar 4.3 *Jitter* layanan telepon

Nilai *jitter* yang terlihat Gambar 4.3 setelah dirata-ratakan adalah sebesar -0,09 µs. Nilai *jitter* yang negatif disebabkan oleh adanya gangguan paket sehingga *delay* waktu yang dibutuhkan untuk mengirim paket lebih sedikit, begitu juga sebaliknya jika nilai *delay* lebih banyak maka nilai

jitter akan menjadi positif [23]. Nilai *jitter* yang negatif menunjukkan bahwa paket tiba lebih awal dari yang seharusnya [24], [25].

4.2 Video

Simulasi yang dilakukan untuk video meliputi 2 layanan yaitu IP TV dan IP CCTV dengan ketentuan spesifikasi pada Tabel 3.3. Hasil simulasi yang didapat untuk layanan IP TV dan IP CCTV berupa *video conferencing* dimana kedua layanan tersebut dijadikan satu keluaran. Berikut hasil simulasi untuk layanan video terlihat pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Hasil simulasi pada layanan video

| No | Output | Nilai <i>packets per seconds</i> | Nilai <i>bytes/s</i> |
|----|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1 | <i>Traffic sent</i> | 706387,3 | 41444193237,3 |
| 2 | <i>Traffic received</i> | 706348,0 | 41444190720 |
| 3 | <i>Packet Loss</i> | 0,0000061% | |
| 4 | Rata-rata <i>delay</i> | 4,2 ms | |
| 5 | <i>Jitter</i> | 0,0025 μ s | |

a. *Packet Loss*

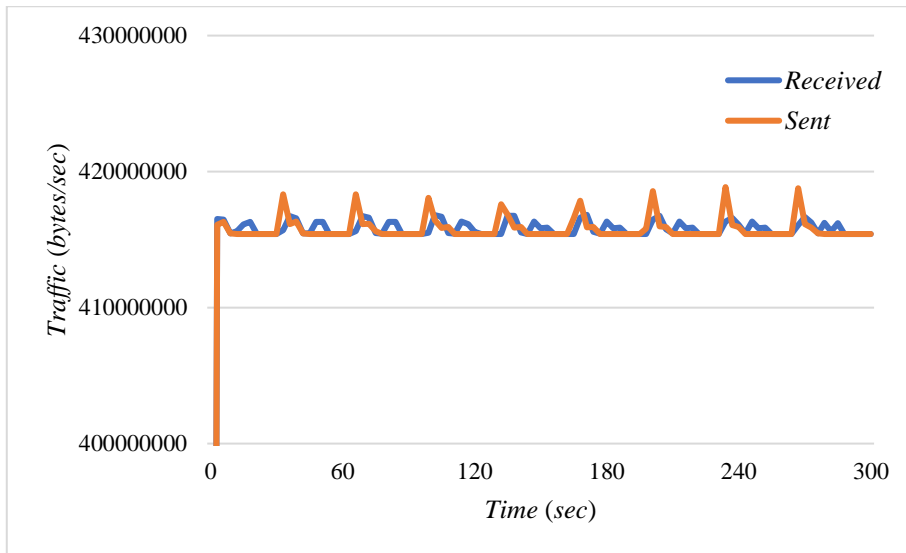
Setelah dilakukannya simulasi, maka didapat beberapa nilai yang dapat digunakan untuk menghitung nilai QoS, salah satunya adalah *packet loss*. Perhitungan *packet loss* berdasarkan Persamaan 2.1 adalah sebagai berikut:

Total paket terkirim = 41444193237,3 *bytes/s*

Total paket diterima = 41444190720 *bytes/s*

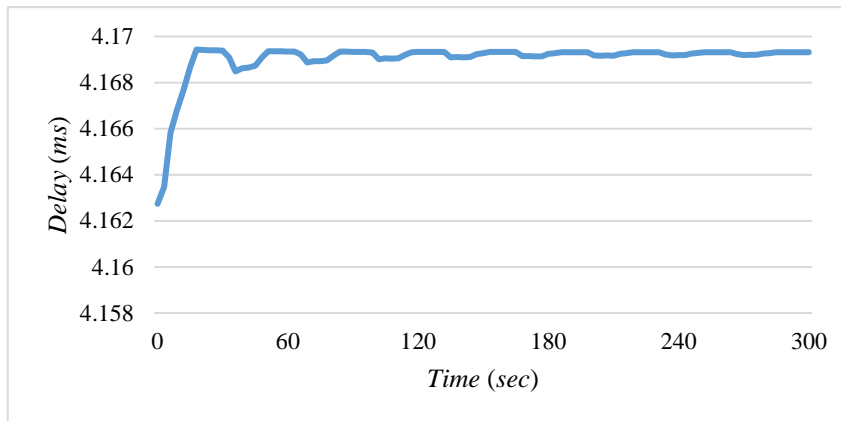
$$\begin{aligned}
 \text{Packet loss} &= \frac{\text{total paket terkirim} - \text{total paket diterima}}{\text{total paket terkirim}} \times 100\% \\
 &= \frac{41444193237,3 - 41444190720}{41444193237,3} \times 100\% \\
 &= 0,0000061\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, nilai *packet loss* yang dihasilkan dari simulasi adalah 0,0000061%. Nilai *packet loss* tersebut termasuk dalam kategori sangat bagus karena masih berada di bawah dari 1% berdasarkan standarisasi dari ITU-T. Terjadinya *packet loss* pada layanan video terlihat dari adanya perbedaan antara *traffic received* dan *sent* seperti pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4 Hasil *packet sent* dan *packet received* video

b. *Delay*

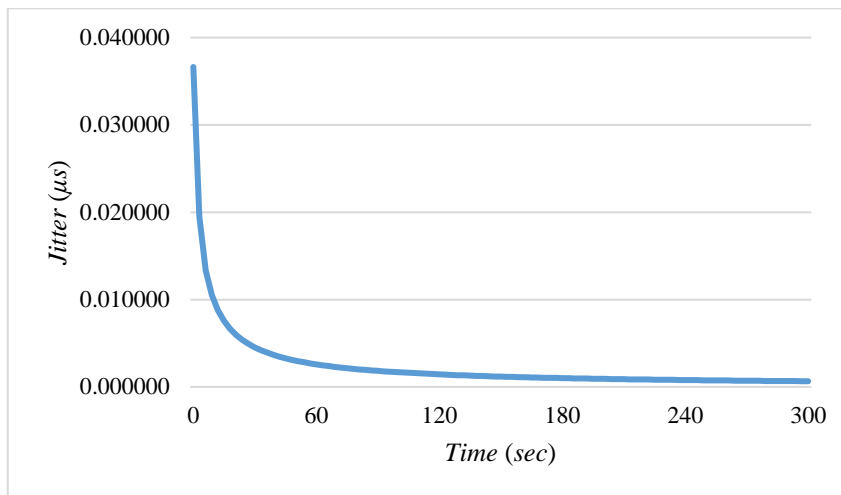


Gambar 4.5 *Delay* layanan video

Dari pengambilan data simulasi yang dilakukan selama 300 detik dari jumlah *node* yang digunakan dihasilkan nilai rata-rata *delay* sebesar 4,2 ms. Nilai tersebut termasuk dalam kategori baik dengan mengacu pada Tabel 2.1. Nilai *delay* yang kecil sangat berpengaruh untuk komunikasi video yang membutuhkan transfer data terus menerus secara *real time* yang sensitif terhadap *delay*.

c. *Jitter*

Pengambilan data untuk nilai rata-rata *jitter* adalah variasi *delay* yang terjadi antar paket terlihat pada Gambar 4.6. Nilai rata-rata *jitter* adalah sebesar 0,0025 μ s yang termasuk dalam kategori bagus dengan mengacu pada Tabel 2.1.



Gambar 4.6 *Jitter* layanan video

4.3 Data

Simulasi untuk layanan data dengan spesifikasi pada Tabel 3.4. Hasil simulasi layanan data adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil simulasi pada layanan data

| No | Output | Nilai <i>packets per seconds</i> | Nilai <i>bytes/s</i> |
|----|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1 | Traffic sent | 12195 | 9499616,67 |
| 2 | Traffic received | 12195 | 9499616,67 |
| 3 | Packet Loss | 0% | |
| 4 | Rata-rata <i>delay</i> | 0,71 ms | |
| 5 | Page response time | 468,4 ms | |

a. *Packet Loss*

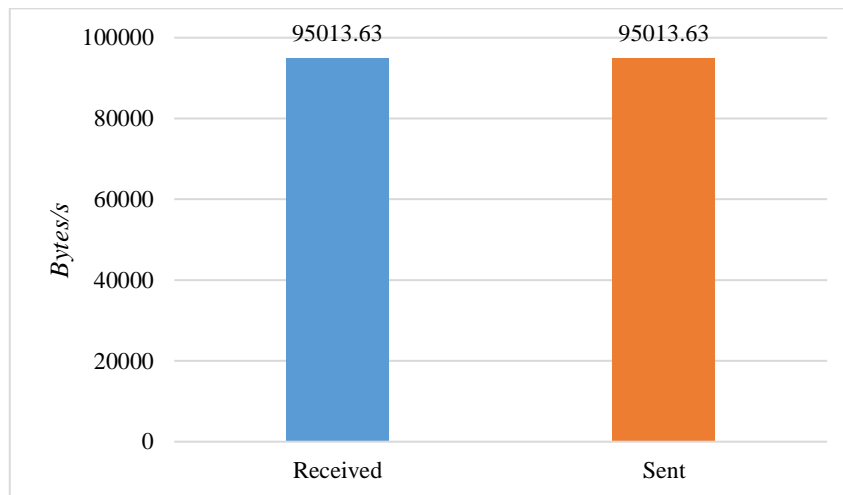
Untuk mencari nilai *packet loss*, digunakan Persamaan 2.1 dengan nilai parameter-parameter yang dihasilkan dari simulasi. Berikut perhitungan *packet loss* pada layanan data:

Total paket terkirim = 9499616,67 *bytes/s*

Total paket diterima = 9499616,67 *bytes/s*

$$\begin{aligned}
 \text{Packet loss} &= \frac{\text{total paket terkirim} - \text{total paket diterima}}{\text{total paket terkirim}} \times 100\% \\
 &= \frac{12195 - 12195}{12195} \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

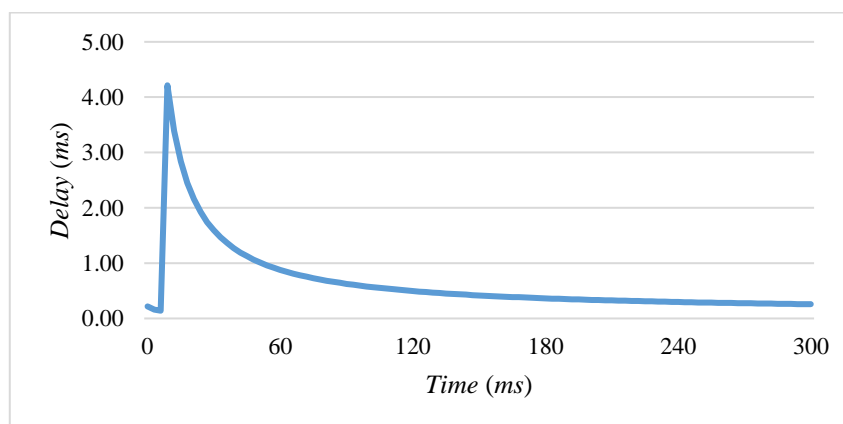
Dari perhitungan di atas, nilai *packet loss* adalah sebesar 0%. Tidak adanya *packet loss* pada layanan data terlihat dari nilai *traffic sent* dan *traffic received* yang sama besar ditunjukkan oleh Gambar 4.7. Dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam layanan data ini tidak ada terjadinya paket yang hilang selama proses pengiriman paket informasi dari server sampai dengan *node* pengguna.



Gambar 4.7 *Traffic received* dan *sent* layanan data

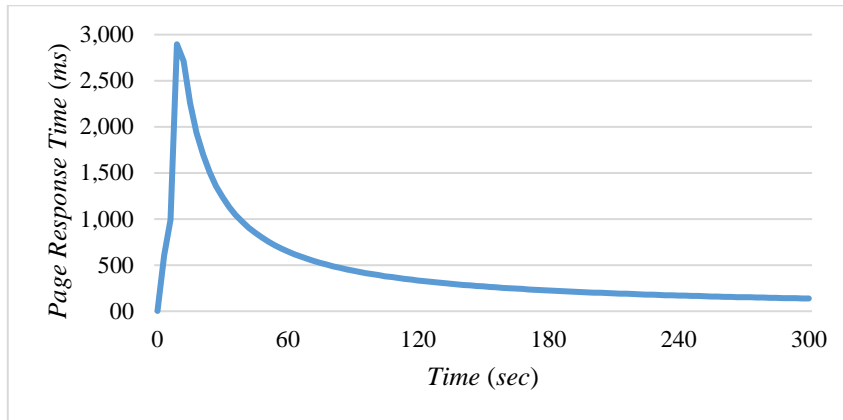
b. *Delay*

Berbeda dengan layanan telepon dan video, layanan data tidak memerlukan pengiriman paket informasi secara terus menerus. Pengiriman data terjadi hanya ketika pengguna mengirim kode permintaan (*request*) kepada *server*. HTTP menggunakan protokol TCP sebagai lapisan *transport*. Oleh karena itu, nilai *delay* pada layanan data ini diambil dari *delay* pada protokol TCP terlihat pada Gambar 4.8. Didapat nilai *delay* adalah sebesar 0,71 ms. Mengacu pada Tabel 2.1, nilai *delay* termasuk dalam kategori baik.



Gambar 4.8 *Delay* layanan data

c. *Page Response Time*



Gambar 4.9 *Page response time* layanan data

Page Response Time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memuat sebuah halaman pada HTTP. Nilai *page response time* pada simulasi adalah sebesar 468,4 ms. Nilai tersebut masih dapat diterima dengan mengacu pada [20] bahwa *page response time* yang dapat diterima adalah kurang dari 10 detik.

Hasil keseluruhan perancangan jaringan EPON ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh ITU-T. Dengan demikian jaringan EPON dapat memenuhi kebutuhan layanan *triple play* pada empat gedung yang ada pada wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap 4 gedung di wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perangkat yang digunakan dalam merencanakan simulasi jaringan EPON yang mendukung layanan *triple play* antara lain OLT, *splitter*, dan ONU di titik akhir jaringan. Perancangan EPON menggunakan 1000Base-X sebagai media transmisi data.
2. Pada layanan telepon, dengan tidak adanya paket yang hilang ketika pengiriman paket informasi serta nilai *jitter* yang kecil yaitu hanya $-0,09 \mu\text{s}$ membuat suara yang diterima oleh pengguna sangat jernih dan tidak terputus-putus.
3. Pada layanan video, nilai *delay* yang sangat kecil yaitu 4,2 ms membuat layanan video tidak ada perlambatan walaupun terjadi kehilangan paket selama pengiriman informasi data sebesar 0,0000061%.
4. *Page response time* pada layanan data sebesar 468,4 ms membuat perpindahan satu halaman ke halaman lainnya pada saat browsing dengan menggunakan HTTP sangat cepat dan tidak harus menunggu lama.

5.2 Saran

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan kebutuhan layanan hanya di 4 gedung saja dengan layanan telepon hanya mengakses satu *node* sumber (*server*) saja dan resolusi yang digunakan pada layanan video yang sangat terbatas hanya menggunakan *VCR Quality*. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan hal-hal berikut:

1. Pengamatan kebutuhan layanan yang mencakup keseluruhan wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.
2. Untuk layanan telepon dapat dilakukan panggilan antar pengguna layanan.
3. Menggunakan spesifikasi video beresolusi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. H. Nasution, “Pemanfaatan Internet Guna Mendukung Kegiatan Perkuliahan Mahasiswa Program Pascasarjana UNIMED,” *Univ. Sumatra Utara*, 2006.
- [2] A. R. Saleh, “Pengembangan Perpustakaan Digital,” 2014.
- [3] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, “Penetrasi & Perilaku Pengguna Internet Indonesia,” 2017. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.apjii.or.id/content/read/39/342/Hasil-Survei-Penetrasi-dan-Perilaku-Pengguna-Internet-Indonesia-2017>. [Diakses: 10-Apr-2018].
- [4] I. Novianto, “Perilaku Penggunaan Internet di Kalangan Mahasiswa,” *Surabaya Univ. Airlangga*, 2011.
- [5] I. Budi Harjayanti, “Triple Play,” *Sekol. Tinggi Teknol. Telematika Telkom*, 2016.
- [6] D&O Committee, “FTTH Handbook Edition 7,” 16-Feb-2016. [Daring]. Tersedia pada: http://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH_Handbook_V7.pdf. [Diakses: 05-Apr-2018].
- [7] D. Iskandar, “Analisis dan Perancangan Jaringan Server Menggunakan GPON Pada Universitas Bina Darma,” Tugas Akhir, Universitas Bina Darma.
- [8] Olusegun O. Omitola, O. Olatinwo Segun, dan O. Shoewu, “Evaluation and Investigation of Throughput and Delay on Ethernet and FDDI Technologies using OPNET.,” *Pac. J. Sci. Technol.*, vol. 15, no. 1, 2014.
- [9] D. Ramadhany Sukmana, “Perbandingan Kualitas Layanan Pada Protokol VoIP H.323 dan SIP,” Tugas Akhir, Institut Pertanian Bogor, 2006.
- [10] Ramadhany Darmaningtyas, “Perancangan Jaringan Passive Optical Network (PON) Di Kampus Universitas Islam Indonesia,” Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, 2014.
- [11] M. El-Sayed, “Tutorial Fiber-To-The-X: Technologies & Economics,” in *Networks 2008 - The 13th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium*, 2008, vol. Supplement, hal. 1–96.
- [12] R. A. K. Chaniago, “Analisa Performa Gigabit Passive Optical Network (GPON) Pada Data Rates Yang Berbeda-Beda,” 2017.
- [13] Adi Nugroho S, “Teknologi Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON) Sebagai Triple Play Services,” *PT Telkom*, 2008.
- [14] P. E. Green, “Fiber To The Home White Paper,” *Telecommun. Cosultant Feb*, vol. 21, 2003.
- [15] A. Weka, “Perencanaan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Di Taman Kopo Indah 3 Bandung (Design Of FTTH Network In Taman Kopo Indah 3 Bandung).”
- [16] S. Rahmatia dan A. Syahriar, “FTTH di Dunia Telekomunikasi,” Universitas Al Azhar Indonesia, 2008.
- [17] K. S. Kim, “On The Evolution of PON-Based FTTH Solutions,” *ArXiv Prepr. ArXiv14042415*, 2014.
- [18] “FTTH Handbook,” *Fibre to the Home Council Europe*, vol. Edition 7, 02-2016.
- [19] W. P. Sasmita, “Analisis Quality Of Service (Qos) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura),” *J. Sist. Dan Teknol. Inf. JustIN*, vol. 1, no. 1, 2013.

- [20] T. ITU, “G. 1010: End-User Multimedia QoS Categories,” *Tech. Rep. ITU*, 2001.
- [21] “SteelCentral Riverbed Modeler | Riverbed | ID.” [Daring]. Tersedia pada: <https://www.riverbed.com/id/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html>. [Diakses: 06-Apr-2018].
- [22] Scott Beer, “How To Determine Bandwidth Requirements,” 2008. [Daring]. Tersedia pada: www.ingate.com/files/Application_Note_Bandwidth.pdf. [Diakses: 19-Mei-2018].
- [23] M. Winatha, “Analisis Pengaruh Perubahan Codec Terhadap Quality Of Service VoIP Pada Jaringan UMTS,” *J. Ilm. Mhs. SPEKTRUM*, no. Vol 1, No 01 (2014): Jurnal Ilmiah Mahasiswa SPEKTRUM, 2014.
- [24] M. H. Miraz, S. A. Molvi, M. Ali, M. A. Ganie, dan A. H. Hussein, “Analysis of QoS of VoIP Traffic Through WiFi-UMTS Networks,” *CoRR*, vol. abs/1708.05068, 2017.
- [25] L. Magalhaes dan R. Kravets, “Transport Level Mechanisms for Bandwidth Aggregation on Mobile Hosts,” in *Proceedings Ninth International Conference on Network Protocols. ICNP 2001*, 2001, hal. 165–171.