

Perancangan dan Analisis Jaringan *FTTB* Berbasis Teknologi *GPON* Pada Bangunan Hotel

Yoppi Lisyadi Octavianus¹, Ikhwana Elfitri², Onno W Purbo³

^{1,2} Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

³ Institut Teknologi Tangerang Selatan (ITTS), Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

Email: 2120952004_yoppi@student.unand.ac.id¹, ikhwana@eng.unand.ac.id², onno@indo.net.id³

Abstrack – This paper presents the design and implementation of a Fiber To The Building (FTTB) network infrastructure based on Gigabit Passive Optical Network (GPON) technology in a hotel cluster building located in West Sumatra, Indonesia. GPON technology was selected for its cost-effectiveness and efficiency in the distribution area, particularly when the terminal bandwidth is set at ≤ 500 Mbps. The waterfall method was utilized in the network's design. The results were tested and analyzed across three Open System Interconnection (OSI) layers: the physical layer, represented by the link power budget; the datalink layer, represented by the Traffic Container (T-CONT); and the network layer, represented by the QoS network performance. The link power budget showed a minimum received power of -16.41 dBm on the downlink and -18.95 dBm on the uplink, with a power margin value above zero. T-CONT has been implemented with the fixed bandwidth value set to provide a bandwidth guarantee meeting the minimum requirement of 1.1 Mbps. The network performance of the FTTB GPON demonstrated excellent performance, as per Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON) standards, recording a latency of 1.18 ms, jitter of 0.18 ms, and zero packet loss.

Keywords – FTTB, GPON, Waterfall, Open System Interconnection, TIPHON.

Intisari – Paper ini menyajikan perancangan dan implementasi infrastruktur jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) berbasis teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) pada kompleks bangunan hotel yang berlokasi di provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Teknologi GPON dipilih karena hemat biaya dan efisien pada area distribusi, terutama jika *bandwidth* yang diatur pada terminal bernilai ≤ 500 Mbps. Metode *waterfall* digunakan dalam perancangan jaringan FTTB Hotel. Hasil rancangan FTTB ini diuji dan dianalisis pada tiga layer OSI yaitu *physical layer*, *datalink layer*, dan *network layer*. *Physical layer* diwakilkan oleh *link power budget*, *datalink layer* diwakilkan oleh *Traffic container* (T-CONT) dan *network layer* diwakilkan oleh performansi jaringan QoS. Hasil pengukuran *link power budget* menunjukkan penerimaan daya terkecil senilai -16.41 dBm pada *downlink* dan -18,95 dBm pada *uplink*, serta margin daya bernilai diatas nol. T-CONT telah diterapkan dan nilai *fixed bandwidth* diatur agar memberikan jaminan *bandwidit* sesuai dengan kebutuhan minimal yang telah ditetapkan yaitu senilai 1,1 Mbps. Sedangkan performansi jaringan FTTB GPON menunjukkan kinerja dengan kategori sangat bagus berdasarkan standar *Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON) dengan latensi 1,18 ms, *jitter* 0,18 ms, dan *packet loss* 0%.

Kata Kunci - FTTB, GPON, *Waterfall*, *Open System Interconnection*, TIPHON.

I. PENDAHULUAN

Survei Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2022 menunjukkan jumlah pengguna Internet Indonesia mencapai 210 juta [1]. Pesatnya jumlah pengguna Internet disebabkan oleh tuntutan gaya hidup, kebutuhan pekerjaan dan tren komunikasi virtual. Tren komunikasi virtual menjadi penyebab utama dari pesatnya jumlah

pengguna internet. Hal tersebut dibuktikan berdasarkan survey APJII bahwa, sosial media merupakan konten internet yang paling sering diakses dengan persentase 89.15% [2].

Berdasarkan data survey Ookla Speedtest Global Index, kecepatan internet rata-rata di Indonesia pada Januari 2023 adalah 25,89 Mbps [3]. Jaringan *broadband* adalah jaringan telekomunikasi yang memiliki kapasitas atau kecepatan tinggi, minimal senilai 25 Mbps menurut *Federal Communications Commission* (FCC) Amerika Serikat. Dari data survey tersebut bisa diasumsikan bahwa pembangunan infrastruktur jaringan *broadband* di Indonesia sedang berkembang. Media transmisi yang paling banyak digunakan pada infrastruktur jaringan *broadband* adalah kabel serat optik. Kabel serat optik juga dapat dipakai pada jaringan dengan skala *Local Area Network* (LAN) yang cakupan jangkauannya luas contohnya bangunan hotel.

Pemerintah Provinsi (Pemprov) Sumatera Barat (Sumbar) Indonesia, menjadikan pariwisata sebagai program unggulan[4]. Hotel merupakan sarana pokok kepariwisataan. Oleh karena itu pengembangan pelayanan hotel merupakan hal yang menantang. Di era digital ini, peran internet menjadi kebutuhan dasar dalam kehidupan sehari-hari, termasuk pada bidang pariwisata. Pengelola hotel juga dapat ikut serta dalam mengembangkan pelayanan hotel dengan menyediakan jaringan internet *broadband* berbasis kabel serat optik.

Penerapan kabel serat optik pada jaringan telekomunikasi ke berbagai jenis lokasi atau titik akhir disebut dengan arsitektur jaringan *Fiber To The x* (FTTx). Khusus untuk jaringan telekomunikasi di bangunan hotel, dapat diterapkan salah satu dari jenis *Fiber To The x* (FTTx) yaitu *Fiber To The Building* (FTTB). Dengan penerapan kabel serat optik tersebut maka area jangkauan jaringan akan semakin panjang dan akses internet menjadi lebih cepat. Salah satu teknologi yang dapat digunakan pada format arsitektur *Fiber To The Building* (FTTB) adalah *passive optical network* (PON)[5]. Dari segi ekonomis, penggunaan teknologi PON akan menghemat biaya investasi pembangunan jaringan karena tidak memerlukan perangkat aktif pada area distribusi [6]

Gigabit Passive Optical Network (GPON) merupakan salah satu teknologi PON yang dikembangkan berdasarkan standar ITU-T G.984. Menurut penelitian [7] yang melakukan analisis perbandingan tekno-ekonomis pada *passive optical network* (PON), GPON merupakan salah satu pilihan terbaik karena dinilai sebagai teknologi paling hemat biaya jika *bandwidth* yang diatur pada terminal bernilai rendah, yaitu ≤ 100 Mbps pada pengguna akhir dengan kategori nonbisnis dan ≤ 500 Mbps pada pengguna akhir dengan kategori bisnis.

Perancangan arsitektur FTTx berbasis teknologi GPON telah dibahas dalam beberapa literatur. Pada penelitian [12], dilakukan perancangan FTTH dengan menggunakan teknologi GPON untuk kawasan perumahan Griya Mukti di Bekasi, Indonesia, dengan 214 pelanggan. Pada penelitian ini dilakukan analisis *link power budget*, *rise time budget*, perbandingan jaringan *aerial* dan *ducting*, serta analisis biaya untuk mengukur kelayakan desain. Sedangkan pada penelitian [13], dilakukan perancangan FTTH menggunakan teknologi GPON untuk kawasan perumahan dan bisnis di kota Erriadh, Tunisia. Pada penelitian ini dilakukan analisis *link power budget* dan *bit error rate* (BER) untuk mengukur kelayakan desain. Pada penelitian [14], dilakukan perancangan jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON untuk kebutuhan antar kantor pemerintahan di Kabupaten Pidie Jaya, Indonesia. Untuk mengukur kelayakan desain, beberapa parameter dianalisis, yaitu kebutuhan *bandwidth*, *link power budget*, *rise time budget*, *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), dan *Bit Error Rate* (BER).

Perbedaan utama dari penelitian-penelitian di atas adalah karakteristik lokasi dari instalasi. Sedangkan persamaannya yaitu parameter analisis pada perancangan tersebut. Parameter analisis penelitian di atas masih dominan pada pembahasan *layer physical Open System Interconnection* (OSI) *reference model* yaitu *link power budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* pada media transmisi kabel serat optik. Parameter analisis kelayakan lainnya diluar *layer physical* media transmisi kabel serat optik adalah alokasi atau kebutuhan *bandwidth* dan analisa biaya.

Jaringan akses serat optik dengan teknologi GPON umumnya dipakai untuk menyelenggarakan layanan komunikasi data dan internet. Dalam membahas kelayakan layanan komunikasi data dan internet, parameter analisis dirasa kurang jika hanya fokus pada pembahasan di *layer physical* OSI. Parameter analisis *quality of service* (QoS) juga diperlukan untuk menilai kinerja suatu perancangan jaringan [15]. QoS merupakan teknologi yang digunakan untuk mengatur dan mengelola lalu lintas jaringan berdasarkan prioritas layanan, di mana QoS merupakan pembahasan pada *layer data link* dan *network* pada OSI [16]. Dengan alasan diatas peneliti menambahkan parameter pembahasan *layer data link* dan *network* OSI pada jaringan GPON untuk melengkapi kekurangan variasi parameter analisis pada penelitian sebelumnya.

Demi meningkatkan kualitas layanan hotel, peneliti mengimplementasikan jaringan broadband melalui perancangan dan implementasi infrastruktur jaringan FTTB berbasis teknologi GPON pada kompleks hotel X yang berlokasi di provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Pemilihan teknologi GPON dilakukan berdasarkan pertimbangan ekonomis karena hotel X berlangganan internet *dedicated* dengan *bandwidth* sebesar 500 Mbps kepada *provider* internet Y. Perancangan jaringan FTTB dilakukan dengan menggunakan metode waterfall, dengan 3 tahapan yaitu *requirement analysis & definition*, *system design* dan *testing*.

Dalam tahapan *requirement analysis & definition* perancangan jaringan, layanan yang ditetapkan sesuai dengan kebutuhan setiap ruangan hotel meliputi jaringan *local area network* (LAN), akses internet, telepon, CCTV, dan televisi berbasis IP. Sedangkan kebutuhan minimal layanan berpatokan pada kebutuhan *streaming* video televisi berbasis IP, dengan resolusi minimum SD 480p dengan *bandwidth* sebesar 1.1 Mbps. Tahapan selanjutnya adalah *system design*, merupakan kegiatan perancangan skema dan topologi jaringan FTTB. Tahap akhir yaitu *testing*, merupakan kegiatan pengujian dan analisa perancangan jaringan FTTB pada tiga layer OSI, yaitu *physical layer*, *layer data link*, dan *network layer*. Untuk memastikan transmisi sinyal optik dari hulu ke hilir sesuai dengan standar ITU-T, G.984, penelitian ini menggunakan parameter *link power budget* untuk pembahasan *physical layer* OSI. Selain itu, dalam layer data link OSI, digunakan Transmission Container (T-CONT) untuk mengatur alokasi bandwidth dan prioritas trafik di dalam jaringan atau disebut juga dengan QoS layer dua. Untuk memenuhi kebutuhan minimal layanan dan memaksimalkan pemanfaatan bandwidth yang tersedia, tipe T-CONT yang digunakan adalah tipe 3, 4, dan 5. Terakhir, performansi jaringan QoS, seperti latensi, jitter, dan packet loss, menjadi fokus dalam pembahasan network layer OSI atau QoS layer tiga.

II. SIGNIFIKANSI STUDI

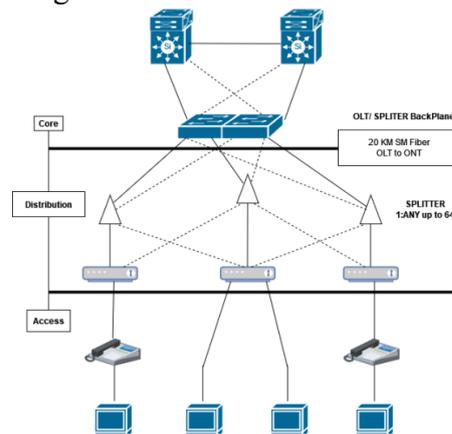
A. Studi Literatur

1. Fiber To The x (FTTx) dan Fiber to The Building (FTTB)

Fiber To The x (FTTx) merupakan arsitektur jaringan telekomunikasi yang menggunakan kabel serat optik yang sebagai media transmisi untuk mengirimkan informasi digital kepada pelanggan. X dalam FTTX dapat diartikan sebagai lokasi ujung titik konversi optik (TKO), seperti rumah (FTTH), gedung (FTTB), *tower* (FTTT), atau bahkan kotak atau kabinet (FTTC). Terdapat beberapa jenis topologi jaringan dan metode instalasi pada jaringan FTTX yaitu topologi *star*, topologi *tree-and-branch* dan topologi *point to point*. *Fiber To The building* (FTTB) merupakan salah satu dari jenis *Fiber To The x* (FTTx) di mana format jaringan serat optik digunakan untuk bangunan atau gedung, perkantoran dan hotel. Titik konversi optik (TKO) pada FTTB dapat beragam dan fleksibel mengikuti kebutuhan dari masing-masing bangunan. FTTB dapat mendistribusikan jaringan telekomunikasi antar bangunan atau gedung dan antar ruangan-ruangan di dalam bangunan atau gedung [9].

2. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON merupakan salah satu teknologi jaringan akses berbasis serat optik yang menggunakan topologi *point-to-multipoint tree-and-branch*. Sistem utama GPON terdiri dari perangkat sumber yaitu *optical line terminal* (OLT), perangkat distribusi elemen pembagi optik pasif disebut dengan *optical distribution network* (ODN) dan perangkat terminal yaitu *optical network unit* (ONU) atau *optical network terminal* (ONT). GPON dikembangkan berdasarkan standar ITU-T G.984, di mana teknologi akses yang digunakan pada GPON adalah *wavelength division multiplexing* (WDM) dan *time division multiplexing access* (TDMA). Dengan WDM, komunikasi antara *optical line terminal* (OLT) dan *optical network terminal* (ONT) dilakukan secara *bi-directional* melalui serat optik tunggal (1 *core* serat optik), di mana komunikasi *downstream* menggunakan panjang gelombang 1490 nm dan komunikasi *upstream* menggunakan panjang gelombang 1310nm.



Gambar 1. Skema Jaringan GPON

GPON menggunakan TDMA sebagai teknik *multiple access upstream* dengan data rate senilai 1,244 Gbps dan menggunakan *broadcast* kearah *downstream* dengan menggunakan protokol khusus yang disebut dengan GEM (*GPON Encapsulation Method*) dengan data rate senilai 2,488 Gbps [10].

3. Metode Waterfall

Metode *waterfall* adalah salah satu metode perancangan perangkat lunak yang dikenal dengan pendekatan sekuensial linier, di mana setiap tahapan dilakukan secara berurutan dan berhubungan satu sama lain dalam suatu jalur yang jelas, seperti aliran air pada air terjun. Selain digunakan dalam pengembangan perangkat lunak, metode *waterfall* juga dapat diadopsi dalam bidang lain seperti manajemen proyek konstruksi [8]. Menurut Ian Sommerville [11] metode *waterfall* terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

a) Requirement Analysis and Definition

Tahapan ini merupakan tahapan awal dari model *waterfall*, di mana prosesnya dilakukan dengan menganalisis kebutuhan, karakteristik dan ketentuan dari perangkat lunak yang akan dibangun. Analisis dilakukan dengan cara spesifik, terukur, dan konsisten dengan tujuan untuk penetapan fitur, ketentuan, dan spesifikasi sistem.

b) System and Software Design

System and software design merupakan tahapan perancangan arsitektur sistem berdasarkan ketetapan pada tahap sebelumnya dan menghasilkan dokumen desain perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak melibatkan pengidentifikasi dan penggambaran abstraksi sistem perangkat lunak fundamental dan hubungannya.

c) Implementation and Unit Testing

Implementation and unit testing merupakan tahap implementasi desain perangkat lunak yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Selama tahap ini kode program ditulis dan diuji

dalam bentuk unit atau modul. Pada pengujian unit atau modul juga terdapat proses verifikasi pada setiap unit apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dan ketentuan yang telah ditetapkan.

d) *Integration and System Testing*

Setiap unit program atau modul diintegrasikan satu sama lain menjadi sistem yang lengkap lalu diuji untuk memastikan bahwa sistem sudah sesuai dengan spesifikasi dan ketentuan yang ada. Setelah melalui tahap pengujian, sistem perangkat lunak kemudian dikirim kepada pelanggan.

e) *Operation and Maintenance*

Dibandingkan dengan tahap sebelumnya, tahap *operation and maintenance* biasanya merupakan tahap yang lebih panjang. Pemeliharaan melibatkan perbaikan kesalahan yang tidak ditemukan pada tahap-tahap sebelumnya, meningkatkan implementasi unit sistem, dan meningkatkan layanan sistem saat ketentuan baru ditemukan.

B. *Parameter Analisis*

Pengujian rancangan GPON nantinya akan dianalisis pada tiga parameter, di mana pada masing-masing parameter tersebut akan mewakili tiga *layer* pada *OSI* yaitu *physical layer*, *data link layer* dan *network layer*.

1. *Analisis parameter layer physical OSI*

Link power budget merupakan parameter yang mengacu pada *layer* satu pada *OSI*. Definisinya adalah nilai selisih antara daya *transceiver* pengirim, dengan daya yang diterima pada *transceiver* penerima. Nilai selisih tersebut menunjukkan kerugian yang disebabkan oleh redaman total dari hulu ke hilir dalam suatu sistem. Redaman total terdiri dari redaman konektor, redaman kabel serat optik, redaman sambungan kabel serat optik dan redaman lekukan kabel serat optik. Perhitungan *link power budget* dilakukan dari sisi hulu ke hilir dan juga sebaliknya dari sisi hilir ke hulu. *Link power budget* digunakan untuk memprediksi atau menilai apakah kinerja hubungan komunikasi tersebut memenuhi spesifikasi atau standar yang ditetapkan. Dalam standar ITU-T, G.984 daya terima (P_r) pada terminal tidak boleh lebih tinggi dari sensitifitas penerima yaitu -28 dBm untuk terminal dan -32 untuk OLT. Sementara itu untuk nilai margin tidak boleh bernilai nol atau negatif. Keterangan fungsi rumus dapat dilihat pada Tabel I.

$$P_{rx} = P_{tx} - (\alpha_{tot}) \tag{1}$$

Dimana:

$$\alpha_{tot} = L \times \alpha_f + N_c \times \alpha_c + N_s \times \alpha_s + \alpha_{Sp}$$

$$M = (P_t - P_r(\text{sensitivitas}) - \alpha_{tot} - SM) \tag{2}$$

TABEL I
KETERANGAN FUNGSI PADA RUMUS

Simbol	Fungsi
P_{rx}	kekuatan sinyal yang diterima pada OLT atau ONT
P_{tx}	kekuatan sinyal yang dikirim oleh transmitter (OLT atau ONT)
α_{tot}	total redaman yang terjadi pada sistem GPON
Margin	nilai selisih antara sinyal yang diterima dengan sensitifitas penerima
SM	<i>safety margin</i> (daya yang dicadangkan)
L	Panjang Kabel
α_f	redaman kabel fiber optic
N_c	jumlah konektor
α_c	redaman konektor
N_s	jumlah sambungan
α_s	redaman sambungan
α_{Sp}	redaman <i>Splitter</i>

C. Analisis layer data link OSI (QoS layer dua)

Berdasarkan IEEE 802.1P, RFC 4594, dan ITU-T *Recommendation G.984.4*, QoS layer dua OSI merupakan mekanisme pengaturan prioritas trafik dan alokasi *bandwidth*. Mekanisme QoS layer dua OSI dibutuhkan agar layanan jaringan GPON dapat berjalan dengan lancar. Konfigurasi prioritas trafik dan pembatasan *bandwidth* pada GPON berada pada *traffic container* (T-CONT) *traffic profile* [17][18]. Terdapat 5 tipe T-CONT *profile*.

1. Fixed bandwidth (Tipe 1)

Jenis *profile* T-CONT yang memiliki alokasi *bandwidth* yang tetap dan dijamin, serta juga memiliki slot waktu khusus (TDMA). karena memiliki slot waktu yang khusus maka alokasi *bandwidth* yang sudah diset untuk T-CONT ini tidak bisa digunakan oleh T-CONT lainnya. T-CONT tipe satu tidak bisa mendapatkan alokasi tambahan di luar alokasi yang sudah ditetapkan.

2. Assured bandwidth (Tipe 2)

Jenis *profile* T-CONT yang memiliki jaminan alokasi *bandwidth* akan tetapi tidak memiliki slot waktu khusus (TDMA). Pemenuhan jaminan alokasi *bandwidth* pada tipe ini memperhatikan kondisi pemakaian *bandwidth* pada tipe 1 (*fixed bandwidth*), ketika pemakaian alokasi *bandwidth* tipe satu tidak menghabiskan kapasitas total *bandwidth* sepenuhnya, maka dapat dipakai oleh tipe 2 (*Assured bandwidth*).

3. Assured & Non-assured bandwidth (Tipe 3)

Jenis *profile* T-CONT yang memiliki jaminan alokasi *bandwidth* minimum (*Assured bandwidth*) dan alokasi *bandwidth* maksimum (*Non-assured bandwidth*) yang dapat dipakai saat jaringan tidak sibuk.

4. Best-effort bandwidth (Tipe 4)

Jenis *profile* T-CONT yang tidak memiliki jaminan alokasi *bandwidth* minimum dan hanya dapat menggunakan kelebihan *bandwidth* yang tersedia dengan limitasi maksimum *bandwidth*.

5. Maximum bandwidth (Tipe 5)

Maximum bandwidth merupakan gabungan dari semua tipe di atas, pada *profile* T-CONT tipe 5 dapat ditetapkan *fixed bandwidth*, *assured bandwidth* dan maksimum *bandwidth*.

Fixed bandwidth, *assured bandwidth* dan maksimum *bandwidth* dalam konteks T-CONT dalam teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) dapat disamakan dengan *Committed Information Rate* (CIR) dan *Peak Information Rate* (PIR) dalam konsep *Quality of Service* (QoS) secara umum. Di mana CIR mengacu pada *bandwidth* minimum yang dijamin tersedia untuk suatu layanan dalam jangka waktu tertentu, sedangkan PIR mengacu pada tingkat maksimum *bandwidth* yang dapat dicapai oleh suatu layanan pada waktu tertentu. Dalam menentukan nilai minimum *bandwidth* dengan acuan pemanfaatan kapasitas yang terbatas, maka kita dapat menggunakan rumus berikut [16].

$$\text{Bandwidth minimum} = \frac{\text{bandwidth total}}{\text{jumlah pengguna (terminal)}} \quad (3)$$

D. Analisis layer network OSI (QoS layer tiga)

Pembahasan *layer network* OSI nantinya akan mengacu pada performansi jaringan sesuai standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON). TIPHON merupakan standar penilaian parameter QoS yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Parameter yang dibahas, yaitu

1. Latensi

Latensi merupakan ukuran yang digunakan untuk melihat seberapa lama suatu data dikirimkan dari asal ke tujuan dalam satuan waktu ms, berdasarkan TIPHON standarisasi nilai latensi bisa kita lihat pada Tabel II [19].

TABEL II
STANDAR LATENSI

Kategori	Latency
Sangat Bagus	<150ms
Bagus	150 - 300ms
Sedang	300 - 450ms
Buruk	> 450ms

2. Jitter

Jitter merupakan ukuran variabilitas dari beberapa latensi atau perbedaan dari lama waktu kedatangan beberapa pengiriman paket, dapat dilihat pada Tabel III [19].

$Jitter = \text{Total variasi delay atau total paket yang diterima}$ [18].

TABEL II
STANDAR JITTER TIPHON

Kategori	Jitter
Sangat Bagus	<0ms
Bagus	0 - 75ms
Sedang	75 - 125ms
Buruk	125 - 225ms

3. Packet loss

Packet loss merupakan ukuran persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data dari sumber ke tujuan. *Packet loss* dapat terjadi karena *collision* (tabrakan data, sehingga data jadi rusak) dan *congestion* (kemacetan pengiriman data) pada jaringan tersebut dapat dilihat pada Tabel IV [19].

TABEL IV
STANDAR PACKET LOSS TIPHON

Kategori	Packet loss
Sangat Bagus	0%
Bagus	3%
Sedang	15%
Buruk	25%

E. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, perancangan jaringan FTTB berbasis teknologi GPON pada bangunan Hotel X menggunakan metode *waterfall*. Tahapan perancangan menggunakan tiga tahapan dari metode *waterfall* terdiri dari:

a) Requirement Analysis and Definition

Requirement Analysis and Definition merupakan tahapan menganalisis kebutuhan dan karakteristik, ketentuan konfigurasi jaringan dan penetapan spesifikasi jaringan FTTB.

b) System Design

System Design merupakan tahapan perancangan skema dan topologi jaringan.

c) Testing

Pengujian dilakukan dengan menganalisis pada tiga layer OSI, yaitu *physical layer*, *data link layer* dan *network layer* pada *Open System Interconnection reference model*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Requirement Analysis dan Definition

1. Analisis Kebutuhan dan Karakteristik

Desain FTTB yang diusulkan dan diimplementasikan pada kompleks bangunan hotel X terdiri dari tiga tipe bangunan yaitu villa, *ballroom* dan penginapan. Sebelum memulai

pembangunan jaringan FTTB, terlebih dahulu dilakukan penentuan jenis layanan jaringan berdasarkan karakteristik kebutuhan masing-masing ruangan. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap ruangan memiliki akses jaringan komunikasi data yang sesuai dengan kebutuhannya. Jenis layanan jaringan komunikasi data pada hotel X terdiri dari :

- a. Layanan jaringan *local area network* (LAN)
- b. Layanan jaringan akses Internet
- c. Layanan telepon
- d. Layanan kamera pengawasan (CCTV)
- e. Layanan televisi berbasis *internet protocol* (IP)

Dari lima layanan jaringan komunikasi data diatas, hanya terdapat dua layanan yang terkoneksi dengan internet yaitu layanan jaringan akses internet dan layanan televisi berbasis *internet protocol* (IP). Pada setiap tipe bangunan hotel X terdiri dari :

- a. Ruang Kantor
- b. Ruang hunian
- c. Ruang ballroom
- d. Ruang khusus dan bagian bangunan

Semua layanan pada setiap ruangan dapat diakomodir oleh perangkat terminal yaitu *Optical network terminal* (ONT). Untuk satu unit ONT dapat mengakomodir maksimal lima layanan karena memiliki empat *interface ethernet* dan satu *interface wireless*. Dalam menentukan jumlah kebutuhan *Optical network terminal*, maka jumlahnya akan disesuaikan dengan jumlah ruangan. Berikut Tabel V menjelaskan tipe ruangan, jumlah ruangan, jenis layanan jaringan komunikasi data sesuai dengan jenis ruangan.

TABEL V
DAFTAR JENIS RUANGAN, JENIS LAYANAN JARINGAN BANGUNAN VILLA, BALLROOM DAN PENGINAPAN

Deskripsi	Jumlah ruangan	Jumlah ONT	Jumlah Interface Layanan LAN	Jumlah Interface Layanan Internet	Jumlah Interface Layanan telepon	Jumlah interface layanan IPTV	Jumlah interface layanan kamera CCTV
Ruangan hunian Villa	23	23	0	23	23	9	8
Ruangan khusus Villa	2	2	2	0	0	0	2
Ruangan pertemuan ballroom	12	12	12	36	0	0	12
Ruangan khusus ballroom	1	1	1	0	1	0	1
Ruangan hunian penginapan	115	115	0	115	115	115	0
Ruangan kantor penginapan	2	2	2	2	2	0	2
Ruangan khusus atau bagian bangunan khusus	12	12	12	0	12	0	12
Total	167	167	29	176	153	124	37

Berdasarkan Tabel lima di atas, bangunan villa terdiri dari 25 ruangan, bangunan *ballroom* terdiri dari 13 ruangan, serta pada bangunan penginapan terdiri dari 129 ruangan. Maka total ruangan berjumlah 167, dengan demikian jumlah *Optical network terminal* (ONT) juga sebanyak 167 unit. Sementara itu untuk jumlah total layanan jaringan komunikasi data terdapat 516 layanan. Layanan yang terkoneksi dengan internet hanya berjumlah 300 layanan. Khusus layanan camera pengawasan (cctv) dan *high density wifi*, ONT hanya menjadi sumber koneksi saja, untuk distribusi menuju kamera dan akses poin *high density wifi* akan menggunakan *switch power over ethernet* (POE).

2. *Spesifikasi Jaringan FTTB*

a) *Spesifikasi Perangkat*

Tipe perangkat yang akan diimplementasikan pada bangunan Hotel X dicantumkan pada Tabel VI

TABEL VI
TIPE PERANGKAT

Alat	Spesifikasi
Router	Mikrotik CCR1036-8G-2S+
Switch	Mikrotik CRS326-24G-2S+
OLT	ZTE ZXA10 C320
ONT	ZTE F660 V8

Sedangkan untuk spesifikasi Perangkat GPON (OLT dan ONT) dicantumkan pada Tabel VII.

TABEL VII
SPESIFIKASI PERANGKAT OLT DAN ONT

Tipe	OLT	ONT
antarmuka upstream	1 x SMXA 1G	1 x antarmuka GPON
Jarak Transmisi	0-20km	0-20km
Tingkat transmisi	2.488Gbps <i>downstream</i> ; 1.244Gbps <i>upstream</i>	2.488Gbps <i>downstream</i> ; 1.244Gbps <i>upstream</i>
Antarmuka Jaringan Pengguna	GTGO 8 x GPON <i>class C+</i>	1GE +3FE <i>port</i> 1 x antarmuka Wi-Fi 2,4 GHz 1 x antarmuka host USB 1 x antarmuka POTS
panjang gelombang	<i>Downstream</i> : 1490~ <i>upstream</i> 1310 nm	<i>Downstream</i> : 1490~ <i>upstream</i> 1310 nm
Sensitivitas Daya Terima	-32dBm	-28dBm
Minimum Mengirimkan Daya Optik	3 dBm	0.5 dBm
Maximum Mengirimkan Daya Optik	7 dBm	5 dBm

b) *Spesifikasi kabel serat optik, konektor & splitter*

Kabel serat optik, konektor dan *splitter* yang akan digunakan pada jaringan ini memiliki spesifikasi dapat dilihat pada Tabel VIII.

TABEL VIII
SPESIFIKASI KABEL FIBER OPTIK, KONEKTOR DAN SPLITTER

A Spesifikasi Kabel Serat Optik	
Parameter	Standar/Nilai
1 <i>Operating wavelengths</i>	1260 nm - 1625 nm
2 <i>Reference standart</i>	ITU-T G.652.D
3 Nilai redaman kabel pada 1310 nm	< 0,35 dB/km
pada 1490 nm	<0,28 dB/km
B Spesifikasi, <i>Fution Splice</i> , Konektor dan <i>Splitter</i>	
<i>Attenuation on Fution Splice</i>	0,01 - 0,05 dB
<i>Attenuation on Adapter SC UPC</i>	0,2 - 0,25 dB
<i>Attenuation on 1:4 splitter</i>	7-7.5 dB
<i>Attenuation on 1:8 splitter</i>	10-11 dB

c) Penetapan Jumlah Material Utama

TABEL IX
DAFTAR DAN JUMLAH MATERIAL UTAMA

No	Nama Material	Kuantitas	Satuan
1	Router	1	Unit
2	Switch	1	Unit
3	OLT	1	Unit
4	ODC/FTB 48 Core	2	Unit
5	OTB 24 core	2	Unit
6	ODP 8 core	21	Unit
7	ODP Roset 4 Core	6	Unit
8	Kabel 8 core single mode	1000	Meter
9	Kabel 1 core single mode	10000	Meter
10	Splitter 1:8	21	Unit
11	Splitter 1:4	14	Unit

3. Ketentuan konfigurasi jaringan dan QoS

Berdasarkan pertimbangan ekonomis ditetapkan bahwa Hotel X berlangganan *internet dedicated* kepada *provider* internet Y dengan *bandwidth* sebesar 500 Mbps. Dengan kondisi tersebut maka dibutuhkan QoS *layer* dua OSI yaitu pembatasan kecepatan, segmentasi layanan dan prioritas untuk penggunaan internet secara bersama diimplementasikan pada pembatasan *bandwidth* pada *port* dan *interface* ONT yang menggunakan koneksi ke internet.

Pembatasan kecepatan, segmentasi layanan dan prioritas menggunakan *virtual local area network* (VLAN) dan *traffic container* (T-CONT) *bandwidth profile*. VLAN *tagging interface* ONT akan diset dengan VLAN ID berdasarkan tipe layanan pada setiap lokasi. Selain itu masing-masing jenis layanan juga akan disegmentasi dengan *traffic container* (T-CONT) *bandwidth profile*.

a) Komunikasi data lokal (LAN)

Layanan komunikasi data lokal seperti *dial pppoe* ONT ke *router*, *windows file sharing* dan akses server lokal. Penomoran VLAN komunikasi data lokal (LAN) menggunakan VLAN ID 1542 dan T-CONT menggunakan tipe 4.

b) IPTV

Layanan televisi berbasis IP over the top (OTT), penomoran VLAN IPTV menggunakan VLAN ID 1543 dan T-CONT menggunakan tipe 5.

c) Telepon IP PBX

Layanan telepon berbasis *internet protocol* (IP) dengan komunikasi lokal, penomoran vlan telepon IPPBX menggunakan VLAN ID 1544 dan T-CONT menggunakan tipe 4.

d) Internet khusus

Layanan internet dengan skala prioritas tinggi seperti kebutuhan internet pimpinan, tamu VIP hotel dan acara pertemuan. Penomoran VLAN internet khusus menggunakan VLAN ID 1545 dan T-CONT menggunakan tipe 5.

e) Kamera pengawasan (CCTV)

Layanan kamera pengawasan (*cctv*) berbasis *internet protocol* (IP) dengan komunikasi lokal, penomoran VLAN menggunakan VLAN ID 1546 dan T-CONT menggunakan tipe 4.

f) Internet umum

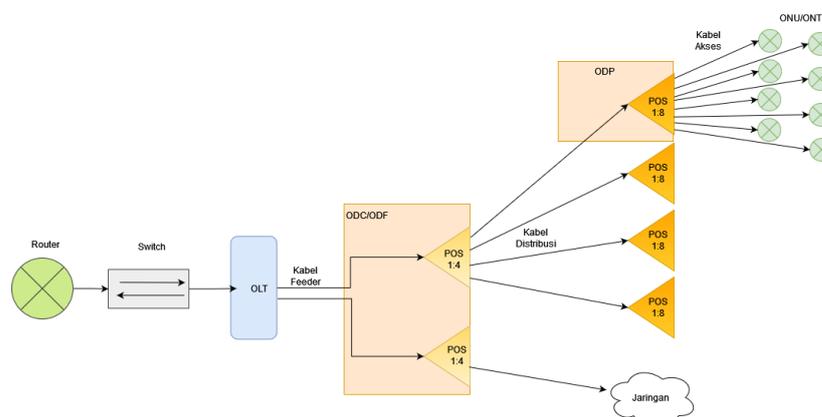
Merupakan layanan internet dengan skala prioritas rendah, penomoran VLAN internet umum menggunakan VLAN ID 1547 dan T-CONT menggunakan tipe 3.

Untuk kelayakan QoS *layer* dua OSI, nilai *bandwidth* minimum (*fixed*), *assured* dan maksimum pada penelitian ini memperhatikan parameter sebagai berikut.

- a. Standar *bandwidth* minimum berpatokan pada aplikasi yang sensitif dengan *bandwidth* yaitu *streaming* video, dengan resolusi minimum SD 480p sebesar 1.1 Mbps.
 - b. *Bandwidth* maksimum pada layanan internet prioritas rendah dan *assured bandwidth* pada layanan internet prioritas tinggi berpatokan pada kebutuhan *streaming* video dengan resolusi video 4K sebesar 20 Mbps.
 - c. *Bandwidth* maksimum pada layanan internet prioritas tinggi berpatokan pada *default bandwidth* pada *port* atau *interface optical network terminal* (ONT).
- Sementara itu untuk analisa *Quality of Services* (QoS) *layer* tiga *OSI reference model*, pengukuran *latensi*, *jitter* dan *packet loss* dilakukan dengan membandingkan antara koneksi protokol ICMP dari ONT Hotel X ke arah *server Google Global Cache* (GGC) pada *provider* Y dengan koneksi protokol ICMP dari perangkat terminal *provider* Y ke arah *server Google Global Cache* (GGC) pada *provider* Y.

B. System desain

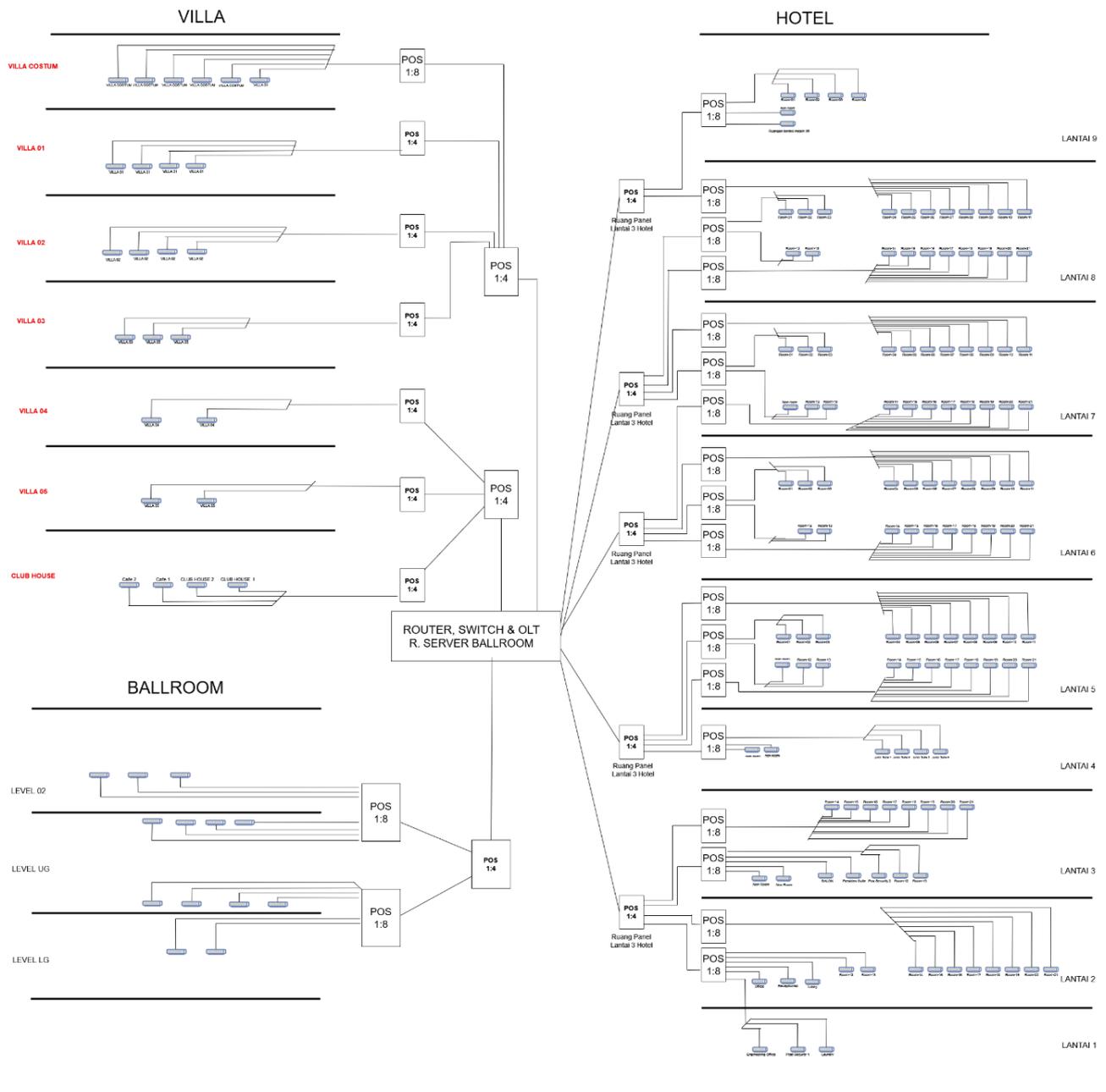
Perancangan desain diawali dengan pembuatan skema dasar desain jaringan FTTB. Skema dasar jaringan yang akan dirancang pada penelitian ini adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Dasar Desain Jaringan FTTB

Berdasarkan gambar 2, *router* menjadi hulu dari jaringan FTTB, *optical line terminal* (OLT) menjadi sentral dan *optical network terminal* (ONT) akan menjadi perangkat hilir. *Router*, *Switch*, *Optical line terminal* (OLT) dan ODF akan dipasang di ruang *server* pada bangunan *ballroom*. Pendistribusian jaringan dari *optical line terminal* (OLT) ke *optical network terminal* (ONT) nantinya akan dibagi menggunakan *passive optical splitter* (POS). Terdapat dua jenis *passive optical splitter* (POS) yang dipakai yaitu 1:4 *passive optical splitter* (POS) dan 1:8 *passive optical splitter* (POS). 1:4 *passive optical splitter* (POS) dan 1:8 *passive optical splitter* (POS) akan dipasang pada perangkat *optical distribution frame* (ODF) dan *optical distribution poin* (ODP) sesuai dengan kebutuhan dilapangan.

Pemanfaatan *port* atau *interface* GPON menggunakan skema 1:64 sesuai standar ITU-T G.984.2, di mana 1 *port* atau *interface* pada GPON dapat terkoneksi dengan 64 unit ONT. Kabel *feeder* dihubungkan dari OLT (Antarmuka GPON) ke arah input dari *passive optical splitter* (POS) di dalam *optical distribution frame* (ODF). Dikarenakan posisi ODF di dalam ruangan yang sama dengan OLT maka kabel *feeder* hanya menggunakan *pacthcord*. Kabel distribusi menghubungkan ouput dari *passive optical splitter* (POS) di dalam *optical distribution frame* (ODF) dengan input dari *passive optical splitter* (POS) pada *optical distribution poin* (ODP), di mana kabel distribusi menggunakan kabel 8 *core single mode* . Ke arah hilir, kabel akses digunakan untuk menghubungkan ouput dari *passive optical splitter* (POS) pada *optical distribution poin* (ODP) ke arah ONT dengan menggunakan kabel 1 *core single mode*. Setelah menentukan skema desain jaringan, langkah selanjutnya adalah desain topologi jaringan FTTB berbasis teknologi GPON pada hotel X disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Topologi Jaringan FTTB Kompleks Hotel X

C. Testing

1. Link Power Budget

Sesuai perhitungan *Link Power Budget* (1), daya penerima (P_r) diperoleh pada jarak terdekat, terjauh dan daya penerima (P_r) terkuat dari tautan OLT ke ONT dan sebaliknya. Untuk jarak terdekat, dengan melewati *passive optical splitter* 1:4 pada ODF dan 1:8 pada ODP diperoleh nilai -15.75 dBm untuk *downlink* dan -18.26 dBm untuk *uplink*. Untuk jarak terjauh, nilainya berturut-turut adalah - 16.41 dBm untuk *downlink* dan -18.95 dBm untuk *uplink*. Sedangkan daya penerima (P_r) terkuat untuk dengan melewati *passive optical splitter* 1:4 pada ODF dan 1:4 pada ODP diperoleh nilai -12.76 dBm untuk *downlink* dan -15.26 dBm untuk *uplink*. Perhitungan margin daya dapat dihitung dengan rumus (1) dengan nilai daya cadangan (*safety margin*) sebesar 5dB. Margin daya untuk jarak terdekat diperoleh nilai 7.25 dBm untuk *downlink* dan 8.74 untuk *uplink*. Untuk jarak terjauh diperoleh nilai 6.59 dBm untuk *downlink* dan 8.05 untuk *uplink*. Sedangkan pada daya penerima (P_r) terkuat diperoleh nilai 10,24 dBm untuk *downlink* dan 11.74 untuk *uplink*.

TABEL X
PERHITUNGAN LINK POWER BUDGET

<i>Link</i>	<i>Panjang (m)</i>	<i>ODC splitter</i>	<i>ODP Splitter</i>	<i>Jumlah Sambungan (dB)</i>	<i>Jumlah Adaptor (dB)</i>	<i>Redaman (dB)</i>	<i>Daya Rx (dBm)</i>	<i>Margin Daya (dBm)</i>
<i>Downlink Terdekat</i>	26	1:4	1:8	5	6	18,75	-15,75	7,25
<i>Uplink Terdekat</i>	26	1:4	1:8	5	6	18,76	-18,26	8,74
<i>Downlink Terjauh</i>	582	1:4	1:8	5	8	19.41	-16,41	6.59
<i>Uplink Terjauh</i>	582	1:4	1:8	5	8	19,45	-18,95	8,05
<i>Daya Rx Downlink Tekuat/</i>	52	1:4	1:4	5	6	15,76	-12,76	10,24
<i>Daya Rx Uplink Tekuat</i>	52	1:4	1:4	5	6	15,76	-15,26	11,74

Berdasarkan Tabel 10, nilai *link power budget* yang diperoleh menunjukkan lebih besar dari - 28 dBm untuk terminal ONT dan -32 untuk OLT. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai *link power budget* pada jaringan FTTB kompleks hotel X telah memenuhi standar ITU-T G.984. Untuk nilai margin daya menunjukkan nilai lebih besar dari nilai nol sehingga jaringan ini lebih tahan terhadap gangguan redaman dan memiliki umur pakai lebih lama karena nilai daya cadangan masih cukup besar.

2. *Quality of Services (QoS) layer 2 OSI Reference Model*

Dalam rangka mengatur pembagian pemanfaatan *bandwidth* senilai 500 Mbps secara bersama-sama. Penentuan *assured bandwidth* T-CONT IPTV dan internet umum menggunakan rumus (3), sedangkan *fixed bandwidth* T-CONT mengacu pada kebutuhan akses video *streaming* minimum dengan resolusi SD 480p sebesar 1,1 Mbps.

TABEL XI
LIMITASI BANDWIDTH, VLAN DAN T-CONT

No	Layanan	VLAN ID	Number of Interface ONT	Fixed bandwidth	Assured bandwidth	Maksimum bandwidth	T-CONT
1	LAN	1542	1	None	None	1 Gbps	Tipe 4
2	IPTV	1543	4	1.1 Mbps	1.66 Mbps	20Mbps	Tipe 5
3	Telephone	1544	3	None	None	100Mbps	Tipe 4
4	Internet Khusus	1545	2 dan wireless	1.1 Mbps	20Mbps	100Mbps	Tipe 5
5	CCTV	1546	1	None	None	100Mbps	Tipe 4
6	Internet Umum	1547	2 dan wireless	None	1.66Mbps	20Mbps	Tipe 3

Berdasarkan Tabel XI, *quality of Services (QoS) layer dua OSI reference model* telah diterapkan. *Traffic container (T-CONT)* mengatur pemanfaatan *bandwidth* yang terbatas secara bersama-sama dengan memastikan masing-masing terminal layanan memiliki batasan *bandwidth* dan tingkat prioritas sehingga tidak saling mengganggu. Dengan mempertimbangkan kebutuhan akses video *streaming* dengan resolusi SD 480p sebesar 1,1 Mbps, maka layanan IPTV ditetapkan *fixed bandwidth* yang dijamin senilai 1,1 mbps, *assured bandwidth* senilai 1,66 mbps dan *maximum bandwidth* senilai 20Mbps. Untuk layanan internet dengan skala prioritas tinggi (internet khusus) ditetapkan *fixed bandwidth* yang dijamin senilai 1,66 mbps, *assured bandwidth* senilai 20 mbps dan *maximum bandwidth*

senilai 100Mbps. Sedangkan layanan internet dengan skala prioritas rendah (internet umum) ditetapkan *assured bandwidth* senilai 1,66 mbps dan maximum *bandwidth* senilai 20Mbps. Sementara itu layanan lain yang tidak menggunakan internet tidak diberikan jaminan *fixed bandwidth* atau *assured bandwidth* karena tidak memanfaatkan bandwidth internet.

3. *Quality of Services (QoS) layer 3 OSI reference model*

TABEL XII
PENGUKURAN LATENSI, JITTER DAN PACKET LOSS

Koneksi	Latensi	Jitter	Packes loss
ONT Hotel X - GGC	23,71 ms	0,64 ms	0%
Modem ISP Y - GGC	22,53 ms	0,46 ms	0%
Selisih	1,18 ms	0,18 ms	0%

Berdasarkan standar TIPHON, *quality of Services (QoS) layer tiga OSI reference model* pada jaringan FTTB kompleks hotel X menunjukkan kinerja yang sangat bagus, dengan latensi 1,18 ms, *jitter* 0,18 ms, dan *packet loss* 0%.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah diperkenalkan model jaringan FTTB berbasis teknologi GPON pada kompleks bangunan hotel x dengan menganalisis 3 *layer* pada *OSI reference model*. Hasil analisis pada *layer physical OSI reference model* menunjukkan bahwa jaringan FTTB hotel X telah memenuhi standar ITU-T G.984, dengan hasil pengukuran *link power budget* menunjukkan penerimaan daya pada tautan terjauh dan terlemah pada *downlink* dan *uplink* sebesar - 16.41 dBm dan -18,95 serta margin daya bernilai di atas nol. Pada *layer data link OSI reference model*, *traffic container (T-CONT)* telah diterapkan dan memberikan jaminan *fixed bandwidth* sesuai dengan kebutuhan yang sudah ditetapkan yaitu senilai 1,1 mbps. Hasil analisis *layer network OSI reference model* menunjukkan kinerja peformansi jaringan FTTB GPON dengan kategori sangat bagus berdasarkan standar TIPHON dengan latensi 1,18 ms, *jitter* 0,18 ms, dan paket *loss* 0%.

REFERENSI

- [1] APJII, "APJII di Indonesia Digital Outlook 2022," *Bul. APJII*, no. June 2022, p. 1, 2022.
- [2] APJII, "Profil Internet Indonesia 2022," *Apji*, no. June, p. 10, 2022.
- [3] Ookla, "Speedtest Global Index," *diakses pada 2 februari 2023*. pp. 1–9.
- [4] Diskominfo Pemprov Sumbar, "Pariwisata Program Unggulan Pemprov Sumbar," *diakses pada 1 september 2022*. pp. 3–4, 2020.
- [5] R. van der Linden, *Adaptive modulation techniques for passive optical networks*, no. 2018. 2018.
- [6] R. Jirachariyakool, N. Sra-Ium, and S. Lerkvaranyu, "Design and implement of GPON-FTTH network for residential condominium," *Proc. 2017 14th Int. Jt. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng. JCSSE 2017*, pp. 0–4, 2017, doi: 10.1109/JCSSE.2017.8025942.
- [7] D. Ulloa, G. Arevalo, and R. Gaudino, "Optimal deployment of next-generation PON for high and ultra-high bandwidth demand scenarios in large urban areas," *Int. Conf. Transparent Opt. Networks*, vol. 2020-July, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1109/ICTON51198.2020.9203528.
- [8] project management Institute, *A Guide to the project management body of knowledge pmbok guide sixth edition*. 2017.
- [9] G. Keiser, "FTTX Concepts and Applications," *FTTX Concepts Appl.*, pp. 1–293, 2006, doi: 10.1002/047176910X.
- [10] D. Trojer, Elmar; Hood, *Gigabit-capable passive optical networks*. 2012.

- [11] I. Sommerville, *Software Engineering (9th ed.; Boston, Ed.). Massachusetts: Pearson Education*. 2011.
- [12] M. A. K. Adhi *et al.*, “Design of Fiber To The Home (FTTH) for Urban Housing of Griya Mukti Residence,” *Proc. - IEIT 2021 1st Int. Conf. Electr. Inf. Technol.*, pp. 257–262, 2021, doi: 10.1109/IEIT53149.2021.9587339.
- [13] Z. Abdellaoui, Y. Dieudonne, and A. Aleya, “Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON,” *Array*, vol. 10, no. February, p. 100058, 2021, doi: 10.1016/j.array.2021.100058.
- [14] M. Fahmi, Nasaruddin, and Syahrial, “Perancangan dan Analisis Kinerja Jaringan Fiber Optik Menggunakan Teknologi GPON pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya,” *KITEKTRO J. Online Tek. Elektro*, vol. 3, no. 3, pp. 1–5, 2018.
- [15] K. Sambanis, “Quality of service for IP-based networks.,” 2001.
- [16] A. S. Tanenbaum, *Computer Network*, vol. 13, no. 1. 1959.
- [17] ZTE, “ZX10 Optical Access Convergence Equipment,” in *V2.0.IP3*, no. 55, 2015.
- [18] ITU-T, “ITU-T G.984.4 Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification,” *ITU-T*, pp. 1–430, 2008.
- [19] ETSI, “Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS),” *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol. 1, pp. 1–37, 2020.