

ANALISIS IMPLEMENTASI JARINGAN FTTH DAN FTTB DI GEDUNG PERKANTORAN

Ferry Erwanto¹, Eka Wahyudi, S.T., M.Eng.², Fauza Khair, S.T., M.Eng.³

¹Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro IT Telkom Purwokerto
Email: 17101097@ittelkom-pwt.ac.id, ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id², fauzakhair@ittelkom-pwt.ac.id³

Abstrak – Penelitian ini berfokus pada perbandingan penerapan jaringan *Fiber to The Home* (FTTH) dan *Fiber to The Building* (FTTB) di gedung DSP IT Telkom Purwokerto menggunakan teknologi *10-Gigabyte Passive Optical Network* (XGPON). Tujuan penelitian ini meninjau performansi antara penerapan jaringan FTTH dan FTTB di gedung bertingkat. Parameter perbandingan yang digunakan meliputi *Link Power Budget* (LPB), *Rise Time Budget* (RTB), *Q Factor* dan *Bit Error Rate* (BER). Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi pada penerapan jaringan FTTH didapatkan nilai pada perhitungan LPB sebesar -22,75 dBm dan simulasi sebesar -21,35 dBm. Sedangkan untuk perhitungan RTB dengan menggunakan pengkodean NRZ didapatkan nilai sebesar 0,04 ns (*threshold* sebesar 0,07 ns). Berdasarkan hasil simulasi didapatkan nilai *Q Factor* sebesar 12,13 dan nilai BER sebesar $3,68703 \times 10^{-34}$, sedangkan hasil simulasi didapatkan nilai *Q Factor* sebesar 7,62 dan nilai BER sebesar $1,22832 \times 10^{-14}$. Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi pada penerapan jaringan FTTB didapatkan nilai pada perhitungan LPB sebesar -11,62 dBm dan nilai pada simulasi sebesar -11,29 dBm. Sedangkan untuk perhitungan RTB dengan menggunakan pengkodean NRZ didapatkan nilai RTB sebesar 0,04 ns (*threshold* sebesar 0,07 ns). Berdasarkan hasil pada perhitungan nilai *Q Factor* sebesar 6,31 dan nilai BER sebesar $1,42864 \times 10^{-10}$, sedangkan berdasarkan hasil simulasi didapatkan nilai *Q Factor* sebesar 4,58 dan nilai BER sebesar $1,92987 \times 10^{-6}$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa penerapan jaringan FTTH dengan menggunakan teknologi XGPON memiliki nilai performansi lebih baik jika dibandingkan dengan penerapan FTTB.

Kata-kata kunci: FTTH, FTTB, XGPON, LPB, RTB

Abstract – This study focuses on the comparison of the application of *Fiber to The Home* (FTTH) and *Fiber to The Building* (FTTB) networks at the IT Telkom Purwokerto DSP building using *10-Gigabyte Passive Optical Network* (XGPON) technology. The purpose of this study is to review the performance between the application of FTTH and FTTB networks in high-rise buildings. The comparison parameters used include *Link Power Budget* (LPB), *Rise Time Budget* (RTB), *Q Factor* and *Bit Error Rate* (BER). Based on the results of theoretical calculations and simulations on the application of the FTTH network, the value in the LPB calculation is -22.75 dBm and the simulation is -21.35 dBm. Meanwhile, for the calculation of RTB using NRZ coding, the value is 0.04 ns (*threshold* is 0.07 ns). Based on the simulation results, the *Q Factor* value is 12.13 and the BER value is 3.68703×10^{-34} , while the simulation results obtained a *Q Factor* value of 7.62 and a BER value of 1.22832×10^{-14} . Based on the results of theoretical calculations and simulations on the application of the FTTB network, the value in the LPB calculation is -11.62 dBm and the value in the simulation is -11.29 dBm. As for the RTB calculation using NRZ coding, the RTB value is 0.04 ns (*threshold* is 0.07 ns). Based on the results of the calculation of the *Q Factor* value of 6.31 and a BER value of 1.42864×10^{-10} , while based on the simulation results obtained a *Q Factor* value of 4.58 and a BER value of 1.92987×10^{-6} . Therefore, it can be concluded that the application of the FTTH network using XGPON technology has a better performance value when compared to the application of FTTB.

Keywords: FTTH, FTTB, XGPON, LPB, RTB

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu kebutuhan masyarakat dalam berkomunikasi menjadi kebutuhan yang sangat prioritas. Hal ini mendorong permintaan untuk teknologi komunikasi yang semakin banyak. Dengan teknologi yang berkembang pesat, maka diperlukan kapasitas *bandwidth* yang besar untuk dapat melayani kebutuhan layanan internet, seperti *video*, *voice*, dan *data*. Teknologi *10-Gigabyte Passive Optical Network* (XGPON) diharapkan mampu melayani kebutuhan *broadband* yang semakin besar dimasa yang

akan datang. Teknologi XGPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh *International Telecommunications Union* (ITU-T) G.987.x. Teknologi XGPON memberikan layanan *bandwidth* yang ditawarkan mencapai 10 Gbps *downstream* dan *upstream* 2,5 Gbps[1].

Fiber to The x (FTTx) merupakan istilah umum arsitektur jaringan *broadband* yang menggunakan serat optik untuk menggantikan seluruh atau sebagian dari kable tembaga yang digunakan untuk telekomunikasi *last mile*. *Fiber to The Home* (FTTH) merupakan bagian dari istilah teknologi FTTx. Jaringan FTTH merupakan

arsitektur jaringan kabel fiber optik yang mengacu pada penyebaran serat optik dari kantor pusat beralih langsung menuju rumah atau di ruangan terminal berada[2].

Bagian arsitektur lain dari FTTx antara lain *Fiber to The Building* (FTTB). Jaringan FTTB mendistribusikan fiber optik ke suatu bangunan atau gedung bertingkat yang letak TKO berada di ruang server bangunan atau *basement*[2]. Penelitian ini berfokus pada perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB diperkantoran. Perkantoran yang akan digunakan untuk perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB adalah gedung Dwi Sasongko Purnomo (DSP) IT Telkom Purwokerto. Gedung ini merupakan bangunan dari salah satu perguruan tinggi yang berada di Kawasan Pendidikan Telkom terpadu di Jawa Tengah. Perbandingan yang dilakukan pada penerapan jaringan FTTH dan FTTB ini diharapkan mendapatkan hasil perbandingan peromansi jaringan internet yang lebih unggul. Parameter yang akan digunakan untuk perbandingan meliputi *Link Power Budget* (LPB), *Rise Time Budget* (RTB), *Bit Error Rate* (BER), *Q Factor*, BER, serta *Bill Of Quantity* (BOQ).

B. Tinjauan Pustaka

Perancangan jaringan FTTB untuk support *smart building* menggunakan GPON di Graha Pos Indonesia Bandung. Penelitian ini membahas mengenai perancangan jaringan FTTB dengan menggunakan analisis parameter kelayakan, yaitu LPB, RTB, dan BER dengan standar parameter pada PT. Telkom Akses Jakarta Barat dan ITU-T G.984. Dari hasil ini diperoleh nilai LPB *downstream* sebesar -22,57 dBm dan simulasi *optisystem* sebesar -19,17 dBm. Standar kelayakan pada LPB adalah -28 dBm.

Nilai RTB dengan menggunakan pengkodean *Non Return to Zero* (NRZ) pada *downstream* nilai sebesar 0,25 ns, standar kelayakan RTB sebesar 70% atau 0,281 ns pada *downstream* (2,488 GHz). Nilai BER yang dihasilkan simulasi adalah sebesar $5,7099 \times 10^{-60}$, pada nilai BER masuk dalam kategori ideal karena lebih kecil dari standar BER yaitu sebesar 10^{-9} [3].

Uji kelayakan jaringan akses fiber optik dalam arsitektur FTTB di pelanggan apartemen Tamansari panoramic. Uji kelayakan didasarkan atas standar ITU-T, meliputi uji batas-batas redaman berdasarkan LPB. Penelitian ini mendapatkan hasil dari perhitungan LPB berdasarkan pengukuran di setiap lantai. Dari hasil tersebut pengukuran dilakukan dari lantai terdekat, menengah, dan terjauh dan di setiap lantai dilakukan perhitungan dari kamar 1, 14, dan 28. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai daya terima yang memenuhi standar PT. Jabar Telematika, yaitu -28 dBm, dan nilai redaman total yang didapatkan sudah memenuhi standar dari ITU-T, yaitu 28 dB[4].

Penelitian analisis peromansi teknologi XGPON menggunakan *splitter*. Pembahasan dalam penelitian ini menganalisis peromansi *splitter* dengan cara melihat peromansi jaringan pada teknologi XGPON menggunakan berbagai jenis rasio *splitter*, yaitu 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 dan 1:64 yang akan disimulasikan

menggunakan *software optisystem* dengan mengubah parameter jarak dan daya transmisi. Berdasarkan hasil dari penelitian ini menunjukkan peromansi XGPON menggunakan 1:2 sampai 1:64 menunjukkan jaringan yang layak diimplementasikan untuk transmisi *upstream* jarak 20 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dB, *splitter* 1:2 sampai 1:16 jarak 40 km menggunakan daya sebesar 2 dB dan daya 4 dB untuk *splitter* 1:32. Jarak yang layak diimplementasikan untuk 1:2 sampai 1:4 data *upstream* jarak 60 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dB, daya 4 dB untuk *splitter* 1:8 dan daya 6 dB untuk 1:16. Jaringan yang layak untuk *splitter* 1:2 sampai 1:16 *downstream* jarak 40 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dB, 5 dB untuk *splitter* 1:32 dan 6 dB 1:64 jarak 40 km. Jaringan yang layak untuk 1:2 sampai 1:8 *downstream* dapat menggunakan daya sebesar 2 dB jarak 60 km Jaringan yang layak diimplementasikan untuk 1:2 menggunakan daya sebesar 4 dB jarak 80 km[5].

Penelitian Analisis perbandingan perancangan jaringan FTTB *Multi Rasio Passive Splitter* dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) di Ujungberung Town Square, dengan tujuan untuk melakukan perbandingan pengimplementasian dari teknologi *passive splitter* baik secara *one stage* maupun *two stage* yang baik untuk diterapkan pada jaringan FTTB. Parameter yang digunakan dalam perbandingan ini berupa LPB, RTB, dan BER. Berdasarkan hasil perhitungan simulasi yang sudah dilakukan, skenario pertama dengan menggunakan *splitter* 1:32 didapatkan hasil perhitungan daya terima LPB sebesar -26,6393 dBm, dan hasil simulasi *optisystem* -19,626 dBm dari arah *downstream*. Hasil perhitungan daya terima LPB sebesar -12,6173 dBm. Hasil simulasi *optisystem* -5 dBm dari arah *upstream*. Nilai RTB yang dihasilkan kurang dari pengkodean NRZ yaitu 0,562 ns dan nilai pengkodean RZ yaitu 0,281 ns. BER dengan arah *downstream* mendapat nilai sebesar $3,56002 \times 10^{-76}$ sementara pada arah *upstream* diperoleh nilai sebesar 0[6].

C. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pembahasan perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB menggunakan teknologi XGPON di gedung DSP IT Telkom Purwokerto adalah menghasilkan perbandingan penerapan jaringan akses optik FTTH dan FTTB di gedung DSP IT Telkom Purwokerto, sebagai acuan dalam melakukan penerapan dan meningkatkan kualitas jaringan yang ada.

Tujuan dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui kualitas peromansi dan meningkatkan layanan *bandwidth* yang lebih lebar, maka dilakukan perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB menggunakan XGPON di Gedung DSP IT Telkom Purwokerto dengan menggunakan parameter perbandingan LPB, RTB, *Q Factor* dan BER. Selain itu, mendapatkan hasil penerapan pada jaringan FTTH dan FTTB dan mendapatkan hasil perbandingan perhitungan parameter teoritis dan simulasi.

II. METODOLOGI

Dalam perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB dengan menggunakan teknologi XGPON di gedung DSP IT Telkom Purwokerto, diperlukan metodologi meliputi:

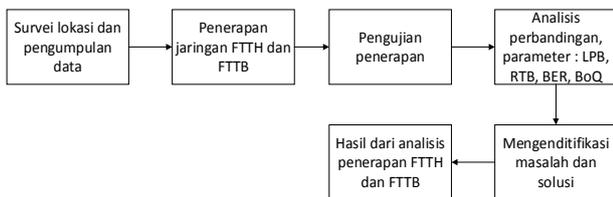
A. Alat Yang Digunakan

Dalam penelitian ini digunakan satu perangkat keras unit laptop untuk membantu kegiatan penelitian, dan perangkat lunak yaitu:

- *Microsoft Visio 2013*
- *Google Earth*
- *Autocad*
- *Optisystem*

B. Blok Diagram Alur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, untuk memudahkan proses penelitian secara sistematis, seperti pada Gambar 1.



Gbr. 1 Blok diagram alur penelitian

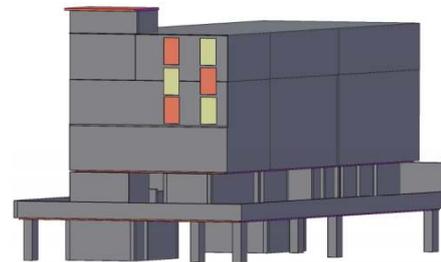
Tahapan pertama melakukan survei lokasi dan pengumpulan data yang akan dilakukan perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB. Pada tahapan ini, sebagai kelengkapan bukti penelitian, melakukan penerapan jaringan FTTH dan FTTB di gedung DSP IT Telkom Purwokerto, dilakukan dari STO Telkom Purwokerto menuju gedung DSP IT Telkom Purwokerto. Tahap pengujian penerapan digunakan untuk mendapatkan hasil data perhitungan teoritis dan simulasi yang akan dibandingkan dengan kedua nilai tersebut dengan menggunakan parameter LPB, RTB, BER, Q Factor dan BER. Tahap selanjutnya melakukan analisis terhadap parameter tersebut dan melakukan perbandingan terhadap jaringan FTTH dan FTTB. Jika terjadi suatu masalah maka dilakukan indentifikasi masalah dan solusi mengenai analisis tersebut. Tahap selanjutnya mendapatkan hasil dari analisis perbandingan parameter dengan jaringan FTTH dan FTTB.

C. Survei Lokasi

Gedung perkantoran yang akan digunakan untuk melakukan perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB di gedung Dwi Sasongko Purnomo (DSP) Institut Teknologi (IT) Telkom Purwokerto merupakan bangunan baru yang akan digunakan untuk menunjang kegiatan akademik dan non akademik mahasiswa maupun dosen.

Gedung yang dibuat melalui *autocad* dan mempunyai ukuran tinggi 35 m, lebar 26 m, dan panjang 43 m.

Ukuran ini didapatkan berdasarkan pengamatan penulis yang telah melakukan *survey* dan pengukuran bantuan melalui aplikasi *google earth*. Ilustrasi gedung DSP IT Telkom Purwokerto menggunakan *autocad* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gbr.2 Ilustrasi Gedung DSP IT Telkom Purwokerto

Berdasarkan hasil survei menuju lokasi di Gedung DSP IT Telkom Purwokerto, gedung tersebut memiliki 42 ruangan yang digunakan untuk memfasilitasi kegiatan dosen dan mahasiswa IT Telkom Purwokerto. Detail lantai dan ruangan di gedung DSP IT Telkom Purwokerto ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I
Detail Gedung DSP IT Telkom Purwokerto

Area	Detail Lantai	Jumlah Ruangan
Lantai 1	Digunakan untuk parkir kendaraan roda dua, lift, dan koperasi	1
Lantai 2	Digunakan untuk kegiatan non akademik seperti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM), Aula, dan Musholla	17
Lantai 3	Digunakan untuk kegiatan akademik seperti perkuliahan.	8
Lantai 4	Digunakan untuk kegiatan akademik seperti perkuliahan.	8
Lantai 5	Digunakan untuk kegiatan akademik seperti perkuliahan.	8
Total Jumlah Ruangan		42

D. Drive Test

Drive test merupakan metode pengukuran jaringan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara *real*. *Drive test* dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu *drive test* dan *walk test*. Metode *drive test* dilakukan di luar ruangan (*outdoor*) dengan menggunakan kendaraan sedangkan metode *walk test* dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) seperti di dalam gedung[7]. Pengukuran jaringan di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dilakukan dengan menggunakan metode *walk test*. Pengukuran dilakukan di titik lantai 2, 3, 4, dan 5 pada gedung.

Aplikasi yang digunakan untuk melakukan pengukuran yaitu *G-NetWifi*. *G-NetWifi* merupakan salah satu aplikasi untuk mengetahui informasi performansi pada jaringan yang digunakan. *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) adalah parameter yang digunakan untuk nilai standar kualitas. RSSI adalah parameter yang menentukan kualitas dari sinyal yang diterima. Semakin besar nilai RSSI yang didapatkan maka semakin bagus

sinyal yang diterima. Hal ini dipengaruhi pengguna dan perangkat berada di jangkauan layanan *wifi*. Jika Semakin jauh jarak antara perangkat dengan pengguna, maka nilai RSSI yang diterima pengguna semakin kecil, sehingga layanan tidak akan didapatkan jika pengguna berada di luar jangkauan *wifi*. Tabel parameter untuk kategori standar RSSI pada *G-NetWifi* ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II
Standar Kualitas RSSI

Kategori	Range Nilai RSSI (dBm)
Sangat Bagus	≤ -50
Bagus	-51 to -59
Normal	-60 to -69
Buruk	-70 to -90
Sangat Buruk	≤ -80

Berdasarkan Tabel III standar kualitas dari sinyal yang diterima memiliki kategori sangat bagus, bagus, normal, buruk dan sangat buruk. Standar dari kategori ini akan digunakan untuk pengukuran di gedung DSP IT Telkom Purwokerto. Hasil pengukuran metode *walk test* menggunakan aplikasi *G-NetWifi* yang dilakukan di titik lantai 2, lantai 3, lantai 4, dan lantai 5 dengan jarak pengukuran 20 meter dari perangkat ONT di gedung DSP IT Telkom Purwokerto ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III
Hasil *Walk Test* Gedung DSP IT Telkom Purwokerto

Lantai	Jarak (meter)	Nilai RSSI (dBm)
Lantai 2	20	-42
Lantai 3	20	-63
Lantai 4	20	-72
Lantai 5	20	-58

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode *walk test* menggunakan *G-NetWifi* di gedung DSP IT Telkom Purwokerto mendapatkan hasil yang berbeda. Berdasarkan hasil di lantai 2, nilai RSSI yang didapatkan -42 dBm, menunjukkan hasil angka pada standar yang sangat bagus. Berdasarkan hasil di lantai 3, nilai RSSI yang didapatkan -63 dBm, nilai ini berada di angka standar yang normal. Berdasarkan hasil di lantai 4, nilai RSSI yang didapatkan -72 dBm, nilai ini berada di angka standar yang buruk. Hal ini dipengaruhi oleh pengguna dan perangkat yang berada di luar jangkauan *wifi*. Berdasarkan hasil di lantai 5, nilai RSSI yang didapatkan -58 dBm, berada pada nilai standar yang bagus.

Berdasarkan hasil pengukuran di setiap titik nilai dipengaruhi nilai RSSI. Jika semakin besar nilai RSSI yang didapatkan maka semakin bagus sinyal yang diterima. Hal ini dipengaruhi oleh pengguna dan perangkat yang berada di jangkauan layanan *wifi*. Jika Semakin jauh jarak antara perangkat dengan pengguna, nilai RSSI yang diterima pengguna semakin kecil, layanan tidak akan didapatkan jika pengguna berada di luar jangkauan *wifi*.

E. Speed Test

Pengecekan parameter kualitas internet dilakukan menggunakan *website Nperfspeed test* sehingga diketahui kecepatan internet di gedung DSP IT Telkom Purwokerto. *Website Nperf* dapat mengetahui kinerja *download*, *upload* dan *latency* pada jaringan. Pengambilan data dilakukan setelah *walk test* di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dengan jarak pengambilan *speed test* yang sama dengan *drive test*. Hasil *speed test* ditunjukkan pada Tabel IV.

TABEL IV
Hasil *Walk Test* Gedung DSP IT Telkom Purwokerto

Lantai	Download	Upload	Latency
Lantai 2	1,904 Mb/s	1,653 Mb/s	37,10 ms
Lantai 3	1,862 Mb/s	1,675 Mb/s	33,70 ms
Lantai 4	0,194 Mb/s	1,485 Mb/s	37,40 ms
Lantai 5	1,873 Mb/s	1,636 Mb/s	34,20 ms

F. Jumlah Pengguna

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner melalui *google form* yang diisi oleh beberapa jurusan yang ada di Kampus IT Telkom Purwokerto, estimasi jumlah pengguna yang akan menggunakan layanan *wifi* di gedung DSP IT Telkom Purwokerto sejumlah 300 orang. Estimasi jumlah pengguna ini akan menggunakan *bandwidth* yang berbeda beda dan sesuai kebutuhannya. Jumlah estimasi pengguna ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V
Jumlah Estimasi Pengguna

Jurusan	Jumlah Pengguna
S1 Teknik Telekomunikasi	132
S1 Teknik Informatika	79
S1 Software Engineering	19
S1 Sistem Informasi	18
S1 Teknik Industri	11
S1 Desain Komunikasi Visual	17
D3 Teknik Telekomunikasi	15
S1 Teknik Elektro	9

G. Alokasi *Bandwidth*

Alokasi *bandwidth* ini digunakan untuk pengguna internet yang akan beraktifitas di gedung DSP IT Telkom Purwokerto yang didapatkan dari hasil *survey* kuesioner melalui *google form*. Setiap pengguna melakukan aktifitas mengakses internet yang berbeda-beda dan sesuai dengan kebutuhannya. Pengguna yang menggunakan internet terbagi menjadi 3 kategori, yaitu internet ringan, sedang, dan berat[8]. Kategori pemakaian *bandwidth* ditunjukkan pada Tabel VI. Estimasi jumlah pengguna sejumlah 300 orang yang menggunakan *bandwidth* akan dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu kategori ringan, sedang, dan berat seperti pada Tabel VI.

TABEL VI
Kategori *Bandwidth*

Kategori	Bandwidth (Kbps)	Aplikasi
Ringan	80-100	<i>Email, browsing</i> ringan, <i>website</i> , media sosial, <i>upload/download</i> file ringan.
Sedang	100-250	<i>Email, browsing</i> yang intensif, <i>website</i> , media sosial akses multimedia, <i>upload/download</i> video file lebih intensif.
Berat	250-500	<i>Platform</i> berbasis <i>cloud</i> dan program <i>software</i> dan <i>video streaming</i> .

Jumlah estimasi *bandwidth* didapatkan melalui survei kuesioner *google form* dan akan dihitung dengan Persamaan (1). Untuk menentukan asumsi jumlah kebutuhan *bandwidth* dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$B = N \times B_w \quad (1)$$

dengan :

B = *Bandwidth* yang dibutuhkan

N = Jumlah pengguna jaringan

B_w = Kebutuhan *bandwidth*

Perhitungan yang dilakukan menggunakan Persamaan (1), jumlah estimasi pengguna 300 orang dengan asumsi alokasi pemakaian *bandwidth* yang berbeda-beda berdasarkan kategori ringan, sedang, dan berat. Jumlah pengguna yang menggunakan kategori *bandwidth* ringan sebanyak 48 orang, pengguna *bandwidth* sedang sebanyak 99 orang, dan pengguna *bandwidth* berat sebanyak 152 orang. Hasil dari estimasi pengguna *bandwidth* ditunjukkan pada Tabel VII.

TABEL VII
Asumsi Kebutuhan *Bandwidth*

Kategori <i>Bandwidth</i>	Jumlah Pengguna	Kebutuhan <i>Bandwidth</i> / Pengguna (Kbps)		Kebutuhan <i>Bandwidth</i> Total (Kbps)	
		Min	Maks	Min	Maks
Ringan	48	80	100	3.840	4.800
Sedang	99	100	250	9.900	24.750
Berat	152	250	500	38.250	76.500
			Total	51.990	106.050

H. Spesifikasi Perangkat

Optical Line Termination (OLT) merupakan penyedia *interface* antara sistem PON dengan penyedia layanan (*service provider*) data, telepon, dan video. OLT yang digunakan pada penerapan jaringan FTTH dan FTTB menggunakan OLT jenis ZTE ZXA10_C300. Spesifikasi OLT ZTE ZXA10_C300 ditunjukkan pada Tabel VIII[9]. Konektor yang digunakan dalam penerapan jaringan FTTH dan FTTB berjenis SC UPC dan memiliki standar redaman sebesar 0,5 dB, dan sambungan memiliki standar 0,1 dB[2]. Adapun *passive splitter* yang digunakan untuk implementasi jaringan FTTH dan FTTB, memiliki standar redaman seperti ditunjukkan pada Tabel IX[10].

TABEL VIII
Spesifikasi OLT ZTE ZXA10_C300

Parameter	Spesifikasi
<i>Support</i>	IPTV, VoIP, HSI, VPN, <i>mobile backhaul</i> , etc 1550 nm, <i>for third party CATV broadcasting</i>
<i>Standar</i>	GPON = ITU-T G.984.x XG-PON1 = ITU-T G.987.x
<i>Split ratio</i>	Up to 1:128
<i>Physical reach</i>	20 km
<i>GPON transceiver</i>	Min +30 dBm and max +7 dBm
<i>XG-PON transceiver power</i>	Min +2 dBm and max +6 dBm
<i>Receiver sensitivity</i>	Better than -28 dBm
<i>Power supply</i>	-48 V(±20%) or -60V(±20%)

TABEL IX
Redaman Splitter

Jenis Splitter	Loss (dB)
<i>Passive Splitter</i> 1:2	≤ 3,6
<i>Passive Splitter</i> 1:4	≤ 7,3
<i>Passive Splitter</i> 1:8	≤ 10,5
<i>Passive Splitter</i> 1:16	≤ 13,5
<i>Passive Splitter</i> 1:32	≤ 17,2

Berdasarkan spesifikasi redaman *splitter* yang akan digunakan, setiap jenis *splitter* memiliki redaman *loss* yang berbeda, antara lain *passive splitter* 1:2 memiliki redaman $loss \leq 3,6$, *passive splitter* 1:4 memiliki redaman $loss \leq 7,3$, *passive splitter* 1:8 memiliki redaman $loss \leq 10,5$, *passive splitter* 1:16 memiliki redaman $loss \leq 10,5$, dan *passive splitter* 1:32 memiliki redaman $loss \leq 17,2$.

Dalam Implementasi jaringan FTTH dan FTTB menggunakan dua jenis kabel fiber optik, yaitu *Single mode fiber* (SMF) tipe G.657.A[11] dan G.652.D[12]. Spesifikasi jenis kabel ditunjukkan pada Tabel X dan XI.

TABEL X
Spesifikasi Kabel Fiber Optik G.657.A

Parameter	Detail	Spesifikasi	Unit
<i>Attenuation coefficient</i>	<i>Max from</i> 1310 nm to 1625 nm	0,40	dB/km
	<i>Max at</i> 1383 nm ±3 nm after hydrogen ageing	0,40	dB/km
	<i>Max at</i> 1530-1565 nm	0,30	dB/km

TABEL XI
Spesifikasi Kabel Fiber Optik G.652D

Parameter	Detail	Spesifikasi	Unit
<i>Attenuation coefficient</i>	<i>Max from</i> 1310 nm to 1625 nm	0,40	dB/km
	<i>Max at</i> 1382 nm ±3 nm after hydrogen ageing	0,40	dB/km
	<i>Max at</i> 1530-1565 nm	0,30	dB/km

Pada implementasi penerapan jaringan FTTB digunakan kabel *Unshielded Twisted-Pair* (UTP) fungsi dari kabel dari UTP untuk menghubungkan perangkat ONU menuju ONT. Spesifikasi kabel ditunjukkan pada Tabel XII.

TABEL XII
Spesifikasi Kabel UTP

Parameter	Spesifikasi
Attenuation	22 dB/1000 kaki
Frekuensi	100 MHz
Maksimal Jarak	100 meter

Berdasarkan ketersediaan perangkat *Optical Network Unit* (ONU) yang digunakan di gedung DSP IT Telkom Purwokerto menggunakan perangkat dengan model D-Link DGS-1026MP 26 *Port Gigabit Max*. Spesifikasi perangkat ditunjukkan pada Tabel XIII.

TABEL XIII
Spesifikasi ONU D-Link DGS-1026MP

Parameter	Spesifikasi
Number of ports	16 to 28 ports
Main type of ports	1000BASE-T Gigabit Ethernet
Type of uplink ports	Combo 1000BASE-T/SFP
Switching capacity	201 to 400W

Perangkat *Optical Network Terminal* (ONT) untuk penerapan jaringan FTTH menggunakan ONT model ZTE ZHN_F609, dan untuk penerapan jaringan FTTB menggunakan ONT model Rujie RG-AP720-I. Perangkat ONT model Rujie RG-AP720-I berdasarkan ketersediaan perangkat di gedung DSP IT Telkom Purwokerto Spesifikasi kedua ONT ditunjukkan pada Tabel XIV.

TABEL XIV
Spesifikasi ONT ZTE dan ONT Rujie

ONT ZTE ZHN_F609	
Parameter	Spesifikasi
Receiver sensitivity	Better than -28 dB 244 Gbps burts mode upstream & 2.488 Gbps downstream
Output optical power	Min 0,5 dBm, Max +5 dBm Upstream 1310nm, Downstream 1490nm
Frequency	2,4 GHz
ONT Rujie RG-AP720-I	
Radio Protocol	Concurrent Dual-band 802.11a/b/g/n/ac
Operating Bands	802.11b/g/n: 2.483GHz & 802.11a/n/ac: 5/150GHz to 5.350GHz
Antenna	Built-in Omni-directional Antenna
Antenna Gain	2.4G: 3dBi, 5G: 3dBi
Receiver sensitivity	11b: -91dBm (1Mbps), -88dBm (3Mbps), -85dBm(11Mbps) 11a/g: -89 (6Mbps), -80dBm (24Mbps), -76dBm (36Mbps), -71dBm (54 Mbps)

I. Implementasi FTTH

Titik awal pada implementasi jaringan FTTH menggunakan teknologi XGPON berada pada STO Telkom Purwokerto yang berada di Jalan Merdeka No. 26, Brubahan, Purwanegara, Kecamatan Purwokerto

Timur menuju gedung DSP IT Telkom Purwokerto yang berda di Jalan DI Panjaitan No.128 Karangreja, Purwokerto Kidul, Kecamatan Purwokerto Selatan. Tabel XV merupakan jarak perangkat dalam penerapan jaringan FTTH di gedung DSP IT Telkom Purwokerto. Jarak antar perangkat meliputi OLT, ODC, ODP dan ONT dalam penerapan jaringan FTTH.

TABEL XV
Jarak Perangkat FTTH

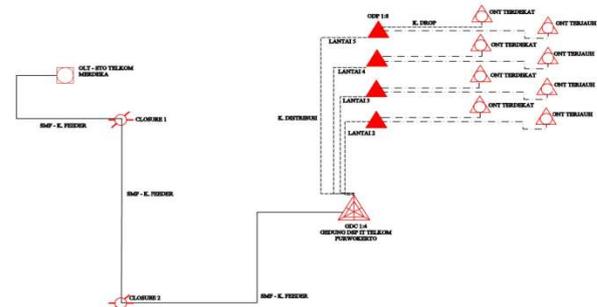
Perangkat	Jarak (meter)	
	Terdekat	Terjauh
OLT – ODC	3.700,0	3.700,0
ODC – ODP	7,0	28,0
ODP – ONT	15,7	55,6

Tabel XVI merupakan jumlah perangkat yang akan digunakan untuk melakukan penerapan jaringan FTTH di gedung DSP IT Telkom Purwokerto.

TABEL XVI
Jumlah Perangkat FTTH

Perangkat	Splitter	Jumlah Perangkat
ODC	1:4	1
ODP	1:8	4
ONT	-	32

Implementasi jaringan FTTH di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dilakukan titik awal dari STO Telkom Purwokerto, dengan menggunakan kabel *feeder* sepanjang 3.700 meter, sambungan *closure* sebanyak 2 buah masing-masing sambungan *closure* dengan jarak 1.490 m, kemudian disambungkan melalui ODC yang berada di gedung DSP IT Telkom Purwokerto untuk menghubungkan wilayah penerapan menuju ODP dengan menggunakan kabel distribusi. ODP yang akan diterapkan dengan menggunakan jenis *splitter* 1:8 untuk menghubungkan ONT dengan menggunakan kabel *drop*. Blok diagram FTTH ditunjukkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 Blok Diagram Sistem FTTH

J. Implementasi FTTB

Titik awal pada implementasi jaringan FTTB menggunakan teknologi XGPON berada pada STO Telkom Purwokerto yang berada di Jalan Merdeka No. 26, Brubahan, Purwanegara, Kecamatan Purwokerto

Timur menuju gedung DSP IT Telkom Purwokerto yang berada di Jalan DI Panjaitan No.128 Karangreja, Purwokerto Kidul, Kecamatan Purwokerto Selatan. Jarak perangkat FTTB ditunjukkan pada Tabel XVII. Tabel ini merupakan jarak perangkat dalam penerapan jaringan FTTB di gedung DSP IT Telkom Purwokerto Jarak antar perangkat meliputi OLT, ODC, ONU dan ONT dalam penerapan jaringan FTTB.

TABEL XVII
Jarak Perangkat FTTB

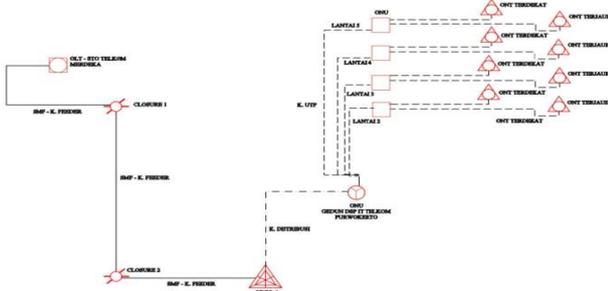
Perangkat	Jarak (meter)	
	Terdekat	Terjauh
OLT – ODC	2.990,0	2.990,0
ODC – ONU	710,0	710,0
ONU – ONU	1,0	28,0
ONU – ONT	15,7	55,6

Jumlah perangkat yang akan digunakan untuk melakukan penerapan jaringan FTTB di gedung DSP IT Telkom Purwokerto ditunjukkan pada Tabel XVIII.

TABEL XVIII
Jumlah Perangkat FTTB

Perangkat	Splitter	Jumlah Perangkat
ODC	1:4	1
ONU	-	5
ONT	-	32

Implementasi jaringan FTTB di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dilakukan titik awal dari STO Telkom Purwokerto, dengan menggunakan kabel *feeder* sepanjang 2.990 m menuju ODC di Jalan Notosuwiryo, sambungan *closure* sebanyak 2 buah, masing masing sambungan *closure* dengan jarak 1.000 m, kemudian dari ODC menuju ONU yang berada di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dengan menggunakan kabel distribusi dengan jarak 710 m. ONU berfungsi menampilkan informasi yang telah dibawa berupa data, telepon, dan video, kemudian ONU dimengirimkan data menuju ONT dengan menggunakan kabel UTP. Blok diagram sistem FTTB ditunjukkan pada Gambar 4.



Gbr. 4 Blok Diagram Sistem FTTB

K. Link Power Budget FTTH

Perhitungan pada implementasi jaringan FTTH dari sisi *downstream* ditinjau dari pemancar OLT menuju ONT

yang berada di gedung DSP IT Telkom Purwokerto. Untuk mengetahui nilai daya yang diterima oleh ONT maka terlebih dahulu melakukan perhitungan redaman total pada *downstream*.

- Panjang G.652 OLT ke ODC : 3700 meter = 3,7 km
- Panjang G.652 ODC ke ODP : 28 meter = 0,028 km
- Panjang G.657 ODP ke ONT : 55,6 meter = 0,0556 km
- Jumlah konektor : 6 buah
- Jumlah *splitter* 1:4, 1:8 : 1 buah
- Jumlah sambungan : 6 sambungan
- Redaman konektor : 0,5 dB
- Redaman sambungan : 0,1 dB
- Redaman G.652 (1575 nm) : 0,25 dB/km
- Redaman G.657 (1490 nm) : 0,40 dB/km
- Redaman *splitter* 1:4, 1:8 : 7,1 dB, 10,1 dB

$$\alpha_{total} = (L \cdot \alpha_{kabel}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + \alpha_{sp} \tag{2}$$

$$= ((3,7 \cdot 0,25) + (0,028 \cdot 0,25) + (0,0556 \cdot 0,40) + (6 \cdot 0,5) + (6 \cdot 0,1) + (17,2))$$

$$= 0,95424 + 3 + 0,6 + 17,2$$

$$\alpha_{total} = 21,75 \text{ dB}$$

Setelah mendapatkan nilai redaman total, maka dapat diketahui nilai daya yang diterima oleh ONT terjauh pada implementasi jaringan FTTH.

- Prx : 5 dBm
- α_{total} : 21,75 dB
- Safety Margin* : 6 dB

$$P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{total} - SM \tag{3}$$

$$= 5 - 21,75 - 6$$

$$P_{Rx} = -22,75 \text{ dBm}$$

$$M = (P_t - P_r (\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM \tag{4}$$

$$= (5 - (-28)) - 21,75 - 6$$

$$= (5 + 28) - 21,75 - 6$$

$$= 33 - 21,75 - 6$$

$$M = 5,25 \text{ dB}$$

Pada implementasi jaringan FTTH dapat ditunjukkan dari perhitungan di atas nilai M (*Margin* daya) bernilai lebih dari 0 (nol), bahwa perhitungan link di atas memenuhi kelayakan *link power budget*.

L. Link Power Budget FTTB

Perhitungan pada implementasi FTTB dihitung pada sisi *downstream* dan ditinjau dari sisi pemancar OLT ke ONU gedung DSP IT Telkom Purwokerto.

- Panjang G.652 OLT ke ODC : 2.990 meter = 2,99 km
- Panjang G.652 ODC ke ONU : 710 meter = 0,71 km
- Jumlah konektor : 4 buah
- Jumlah *splitter* 1:4 : 1 buah
- Jumlah sambungan : 6 sambungan
- Redaman konektor : 0,5 dB
- Redaman sambungan : 0,1 dB
- Redaman G.652 (1575 nm) : 0,25 dB/km
- Redaman *splitter* 1:4 : 7,1 dB

$$\alpha_{total} = (L \cdot \alpha_{kabel}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + \alpha_{sp}$$

$$= ((2,99 \cdot 0,25) + (0,71 \cdot 0,25)) + (4 \cdot 0,5) + (6 \cdot 0,1) + (7,1)$$

$$= (0,925 + 2 + 0,6 + 7,1)$$

$$\alpha_{total} = 10,62 \text{ dB}$$

Setelah mendapatkan nilai redaman total, maka dapat diketahui nilai daya yang diterima oleh ONU pada implementasi jaringan FTTB.

$$Prx : 5 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{total} : 10,62 \text{ dB}$$

$$\text{Safety Margin} : 6 \text{ dB}$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{total} - SM$$

$$= 5 - 10,62 - 6$$

$$P_{Rx} = -11,62 \text{ dBm}$$

$$M = (Pt - Pr (\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM$$

$$= (5 - (-28)) - 11,62 - 6$$

$$= (5 + 28) - 11,62 - 6$$

$$= 33 - 11,62 - 6$$

$$M = 15,38 \text{ dB}$$

Nilai M (*Margin* daya) pada implementasi jaringan FTTB bernilai lebih dari 0 (nol), sehingga nilai *margin* daya pada jaringan FTTB dapat memenuhi kelayakan *link power budget* (LPB). Hasil perhitungan daya terima LPB jaringan FTTH dan FTTB ditunjukkan pada Tabel XIX.

TABEL XIX
Nilai Perhitungan *Link Power Budget*

Skenario	Perhitungan		
	Redaman Total (dB)	Daya Terima (dBm)	Margin Daya (dB)
FTTH	21,75	-22,75	5,25
FTTB	10,62	-11,62	15,38

Berdasarkan hasil perhitungan LPB dihasilkan penerapan jaringan FTTH redaman total yang dihasilkan 21,75 dB, sedangkan dihasilkan daya terima -22,75 dBm, dan dihasilkan *margin* daya 5,25 dB.

M. Rise Time Budget FTTH

Rise time budget (RTB) adalah metode analisa kualitas lebar pulsa yang terjadi pada proses pengiriman sinyal. Batas kelayakan nilai pada jaringan NRZ tidak kurang dari 70%.

$$\text{Pengkodean (NRZ)} : 70\%$$

$$\text{Bit rate downlink (Br)} : 10 \text{ Gbps}$$

$$Tr = \frac{70\%}{Br} = \frac{0,7}{10 \cdot 10^9} = 0,07 \text{ ns} = 70 \text{ ps.}$$

Untuk menentukan nilai RTB pada implementasi jaringan FTTH perlu diperhatikan beberapa parameter berikut.

$$\text{Optical spectrum bandwidth } (\sigma) : 0,00001 \text{ nm}$$

$$\text{Dispersi material G.652 downlink} : 17,46 \text{ ps/(nm.km)}$$

$$\text{Dispersi material G.657 downlink} : 0,11 \text{ ps/(nm.km)}$$

$$\text{Panjang G.652 OLT ke ODC} : 3700 \text{ meter} = 3,7 \text{ km}$$

$$\text{Panjang G.652 ODC ke ODP} : 28 \text{ meter} = 0,028 \text{ km}$$

$$\text{Panjang G.657 ODP ke ONT} : 55,6 \text{ meter} = 0,0556 \text{ km}$$

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm \tag{5}$$

$$= 0,00001 \times ((3,7 + 0,028 \cdot 17,46) + (0,0556 \cdot 0,11))$$

$$t_{material} = 0,00615 \text{ ns}$$

$$t_{modus} = 0, \text{ karena single mode}$$

Maka nilai RTB dari implementasi FTTH ini adalah:

$$\text{Rise time pengirim } (t_{tx}) : 0,035 \text{ ns}$$

$$\text{Rise time penerima } (t_{rx}) : 0,035 \text{ ns}$$

$$\text{Rise time material } (t_{material}) : 0,00615 \text{ ns}$$

$$\text{Rise time modus } (t_{modus}) : 0$$

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{modus}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \tag{6}$$

$$= (0,035^2 + 0,00615^2 + 0^2 + 0,035^2)^{1/2}$$

$$t_{total} = 0,04 \text{ ns}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai t_{total} sebesar 0,04 ns. Nilai ini berada di bawah waktu batasan yang bernilai 0,07 ns untuk pengkodean NRZ. Melihat hasil perhitungan tersebut dapat diketahui sistem ini memenuhi kelayakan RTB pada implementasi jaringan FTTH.

N. Rise Time Budget FTTB

$$\text{Pengkodean (NRZ)} : 70\%$$

$$\text{Bit rate downlink (Br)} : 10 \text{ Gbps}$$

$$Tr = \frac{70\%}{Br} = \frac{0,7}{10 \cdot 10^9} = 0,07 \text{ ns} = 70 \text{ ps}$$

Untuk menentukan nilai RTB pada implementasi jaringan FTTH perlu diperhatikan beberapa parameter berikut :

$$\text{Optical spectrum bandwidth } (\sigma) : 0,00001 \text{ nm}$$

$$\text{Dispersi material G.652 downlink} : 17,46 \text{ ps/(nm.km)}$$

$$\text{Panjang G.652 OLT ke ODC} : 2990 \text{ meter} = 2,99 \text{ km}$$

$$\text{Panjang G.652 ODC ke ONU} : 710 \text{ meter} = 0,71 \text{ km}$$

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 0,00001 \times ((2,99 + 0,71 \cdot 17,46))$$

$$t_{material} = 0,00015 \text{ ns}$$

$$t_{modus} = 0, \text{ karena single mode}$$

Maka nilai RTB dari implementasi FTTB ini adalah :

$$\text{Rise time pengirim } (t_{tx}) : 0,035 \text{ ns}$$

$$\text{Rise time penerima } (t_{rx}) : 0,035 \text{ ns}$$

$$\text{Rise time material } (t_{material}) : 0,00015 \text{ ns}$$

$$\text{Rise time modus } (t_{modus}) : 0$$

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{modus}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,035^2 + 0,00015^2 + 0^2 + 0,035^2)^{1/2}$$

$$t_{total} = 0,04 \text{ ns}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai t_{total} sebesar 0,04 ns. Nilai ini berada di bawah waktu batasan yang bernilai 0,07 ns untuk pengkodean NRZ. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat diketahui sistem ini memenuhi kelayakan LPB pada implementasi jaringan FTTH dan FTTB. Hasil perhitungan *rise time budget* pada implementasi jaringan FTTH dan FTTB ditunjukkan pada Tabel XX.

TABEL XX
Nilai Perhitungan *Rise Time Budget*

Skenario	$T_{material}$	T_{total}
FTTH	0,00615 ns	0,04 ns
FTTB	0,00015 ns	0,04 ns

O. SNR, *Q Factor*, BER FTTH

Parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas sistem adalah SNR, *Q factor*, dan BER. Dengan syarat kelayakan nilai pada $SNR \geq 22$ dB, *Q factor* ≥ 6 , serta $BER \leq 10^{-9}$. Perhitungan dilakukan untuk membandingkan perhitungan dengan simulasi.

$Prx = Pin = -16,75$ dBm = $-46,75$ dBw : $2,1281 \times 10^{-5}$ W
Resposintivity (R) : 1 A/W
Avalanche Photodiode Gain (M) : 3
Electron charge (q) : $1,69 \times 10^{-19}$ C
Noise Figure F(M) : $10^{0,7}$
Receiver Electrical Bandwidth (Be) : 10 GHz
Konstanta Boltzman's (K_B) : $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
 Suhu Ruangan Kabinet (T) : 300 K
 Resistensi (R_L) : 30 Ω

$$SNR = 10 \log \left(\frac{(Pin.Rm)^2}{2q.Pin.Rm^2.F(M).Be + 4.KB.T.Be / RL} \right) \tag{7}$$

$$SNR = 10 \log \left(\frac{4,0759 \times 10^{-9}}{1,3968 \times 10^{-12} + 5,52 \times 10^{-12}} \right)$$

$$SNR = 10 \log 589,275$$

$$SNR = 27,703dB$$

$$Q = \left(\frac{10^{SNR / 20}}{2} \right) \tag{8}$$

$$Q = \left(\frac{10^{27,703 / 20}}{2} \right)$$

$$Q = 12,13$$

$$BER = \left(\frac{1}{Q \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{Q^2}{2}} \tag{9}$$

$$BER = \left(\frac{1}{12,13 \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{12,13^2}{2}}$$

$$BER = 3,68703 \times 10^{-34}$$

P. SNR, *Q Factor*, BER FTTB

$Prx = Pin = -5,62$ dBm = $-35,62$ dBw : $2,7415 \times 10^{-4}$ W
Resposintivity (R) : 1 A/W
Avalanche Photodiode Gain (M) : 10

Electron charge (q) : $1,69 \times 10^{-19}$ C
Noise Figure F(M) : $10^{0,7}$
Receiver Electrical Bandwidth (Be) : 10 GHz
Konstanta Boltzman's (K_B) : $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
 Suhu Ruangan Kabinet (T) : 300 K
 Resistensi (R_L) : 30 Ω

$$SNR = 10 \log \left(\frac{(Pin.Rm)^2}{2q.Pin.Rm^2.F(M).Be + 4.KB.T.Be / RL} \right)$$

$$SNR = 10 \log \left(\frac{7,5158 \times 10^{-6}}{4,6441 \times 10^{-10} + 5,52 \times 10^{-12}} \right)$$

$$SNR = 10 \log 159,934$$

$$SNR = 22,03dB$$

$$Q = \left(\frac{10^{SNR / 20}}{2} \right)$$

$$Q = \left(\frac{10^{22,03 / 20}}{2} \right)$$

$$Q = 6,31$$

$$BER = \left(\frac{1}{Q \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{Q^2}{2}}$$

$$BER = \left(\frac{1}{6,31 \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{6,31^2}{2}}$$

$$BER = 1,42864 \times 10^{-10}$$

Hasil perhitungan peromansi *Q Factor*, dan BER ditunjukkan pada Tabel XXI.

TABEL XXI
Nilai Perhitungan *Q Factor* dan BER

Skenario	<i>Q Factor</i>	BER
FTTH	11,31	$3,68703 \times 10^{-34}$
FTTB	6,31	$1,42864 \times 10^{-10}$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan *Bandwidth*

Pada perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB, melakukan penentuan jumlah perangkat dan jenis perangkat yang digunakan dipengaruhi oleh alokasi *bandwidth* yang telah diperhitungkan. Perhitungan alokasi *bandwidth* menjadi faktor penting dalam perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB menggunakan teknologi XGPON. Dalam perhitungan ini jumlah *bandwidth* yang dibutuhkan dan dikumpulkan melalui pengisian kuesioner oleh pengguna internet di kampus Institut Teknologi Telkom Purwokerto. Estimasi kebutuhan *bandwidth* ditunjukkan pada tabel XXII.

TABEL XXII
Jumlah Estimasi *Bandwidth*

Kategori <i>Bandwidth</i>	Jumlah Pengguna	Kebutuhan <i>Bandwidth</i> (Kbps)	
		Min	Maks
Ringan	48	3.840	4.800
Sedang	99	9.900	24.750
Berat	153	38.250	76.500
Total	300	51.990	106.050

Tabel XXII merupakan jumlah estimasi pengguna *bandwidth*. Hasil tersebut didapatkan melalui Persamaan (1) dan jumlah pengguna yang akan menggunakan layanan internet berjumlah 300 orang, dengan pemakaian internet yang berbeda beda meliputi pengguna internet ringan, internet sedang, dan internet berat. Dari kategori *bandwidth* tersebut dihasilkan nilai total *bandwidth* minimal 51.990 Kbps dan nilai total *bandwidth* maksimal 106.050 Kbps, kemudian diambil nilai rata rata dari nilai minimal dan maksimal diperoleh hasil *bandwidth* sebesar 78 Mbps.

Pengguna internet di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dilayani oleh 32 ONT, dengan penempatan ONT yang berbeda-beda disetiap lantainya. Berdasarkan hasil, *bandwidth* yang dibutuhkan di gedung DSP IT Telkom Purwokerto adalah 2.496 Mbps. Jumlah kebutuhan *bandwidth* yang ditentukan adalah rata-rata dari estimasi pengguna internet yang akan menggunakan layanan internet di gedung DSP IT Telkom Purwokerto. Total *Bandwidth* yang dibutuhkan untuk seluruh ONT ditunjukkan pada Tabel XXIII.

TABEL XXIII
Kebutuhan *bandwidth* ONT

Jumlah ONT	Jumlah Kebutuhan Bandwidth	Total Jumlah Kebutuhan Bandwidth
32	78 Mbps	2.496 Mbps

B. Analisis Perbandingan Jaringan

Setelah melakukan penerapan jaringan FTTH dan FTTB di gedung DSP IT Telkom Purwokerto dengan menggunakan teknologi XGPON, selanjutnya melakukan analisis kelayakan kedua jaringan tersebut yang telah diimplementasikan dengan perhitungan maupun simulasi.

Pada perhitungan *link power budget* dilakukan untuk menentukan total batas redaman yang diizinkan antara daya *output* pemancar dan sensitivitas penerima. Referensi yang menjadi dasar perhitungan untuk *link power budget* menggunakan standar ITU-T yaitu jarak yang telah ditentukan tidak lebih dari 20 km, total redaman dengan syarat tidak lebih dari 28 dB, sedangkan sinyal yang diterima tidak boleh kurang dari -28 dBm.

Hasil *link power budget* untuk penerapan jaringan FTTH dan FTTB dari hasil perhitungan teoritis dan hasil simulasi menggunakan *optisystem* ditunjukkan pada Tabel XXIV.

TABEL XXIV
Perhitungan *Link Power Budget*

Skenario	Perhitungan			Simulasi	Keterangan Min (-28 dBm)
	Redaman Total (dB)	Daya Terima (dBm)	Margin Daya (dB)	Daya Terima (dBm)	
FTTH	21,75	-22,75	5,25	-21,35	Layak
FTTB	10,62	-11,62	15,38	-11,29	Layak

Tabel XXIV adalah nilai *link power budget downstream* dari penerapan jaringan FTTH dan FTTB.

Penerapan jaringan FTTH dengan nilai redaman total tidak melebihi 28 dB, yaitu mendapatkan hasil 21,75 dB. Dari hasil yang didapatkan, redaman total dapat dikatakan layak. Hasil perhitungan daya terima yang dihasilkan yaitu -22,75 dBm. Nilai ini masih di bawah dari ketentuan ITU-T, yaitu -28 dBm. Untuk perhitungan *margin*, daya yang tersisa dari penerapan jaringan FTTH mendapatkan nilai 5,25 dB. Hasil dari perhitungan berada di atas 0 yang merupakan standar yang harus didapatkan pada hasil *margin* daya. Hasil simulasi daya terima jaringan FTTH mendapatkan nilai -21,35 dBm. Nilai yang didapatkan berada di bawah standar kelayakan, yaitu -28 dBm.

Pada penerapan jaringan FTTB, nilai redaman total serat optik adalah 10,62 dB. Nilai ini berada di bawah nilai standar redaman total serat optic, yaitu 28 dB. Perhitungan daya terima yang dihasilkan oleh FTTB adalah -11,62 dBm. Nilai ini berada di nilai standar yaitu -28 dBm. *Margin* daya yang tersisa dari penerapan jaringan FTTB diperoleh nilai 15,38 dB. Nilai tersebut berada di atas 0 yang merupakan standar yang harus didapatkan pada hasil *margin* daya. Hasil simulasi pada jaringan FTTB, daya terima yang didapatkan -11,29 dBm, nilai ini berada di bawah standar kelayakan yaitu -28 dBm. Hal ini membuktikan bahwa implementasi penerapan jaringan FTTH dan FTTB menggunakan teknologi XGPON dengan daya awal sebesar 5 dBm, memenuhi persyaratan dari perangkat untuk nilai daya terima bernilai -28 dBm. Dari hasil perhitungan nilai *link power budget*, maka implementasi jaringan FTTH dan FTTB layak diimplementasikan.

Untuk parameter RTB merupakan perhitungan *link* optik berdasarkan pada dispersi yang terjadi pada *link*. RTB yang dihasilkan menggunakan perhitungan teoritis, dan tidak ditentukan pada simulasi. RTB *downstream* untuk penerapan jaringan FTTH dan FTTB ditunjukkan pada Tabel XXV.

TABEL XXV
Perhitungan *Rise Time Budget*

Skenario	RTB	Perbandingan	NRZ
FTTH	0,04 ns	<	0,07 ns
FTTB	0,04 ns	<	0,07 ns

Pada Tabel XXV, dari penerapan jaringan FTTH dan FTTB yang sudah diimplementasikan, seluruh perancangan memiliki nilai kurang dari nilai batas NRZ yaitu sebesar 0,07 ns. Maka nilai jaringan FTTH dan FTTB masih berada di bawah nilai NRZ atau dalam kategori baik.

Parameter *Q factor* merupakan nilai kualitas suatu jaringan. Nilai *Q factor* yang dihasilkan dipengaruhi oleh SNR sebagai perbandingan daya sinyal terhadap noise pada satu titik yang sama. Semakin besar nilai SNR maka sistem tersebut bekerja dengan baik. Nilai *Q factor* dicirikan sebagai kualitas sinyal digital dari sudut pandang sinyal analog. *Q Factor* sebagai penentu baik atau buruknya suatu sistem, dengan nilai minimal sebesar 6, agar memenuhi standar kelayakan dari kualitas sinyal yang ditransmisikan. BER merupakan rasio

perbandingan antara bit yang salah dengan bit keseluruhan yang dikirimkan. BER menunjukkan banyak kesalahan pembacaan di sisi penerima pada setiap pengiriman. BER untuk sistem komunikasi optik yaitu sebesar 10^{-9} agar memenuhi standar kelayakan dari kualitas sinyal yang ditransmisikan.

Perhitungan hasil teoritis dan simulasi parameter Q Factor dan BER jaringan FTTH dan FTTB sebagai perbandingan nilai performansi ditunjukkan pada tabel XXVI.

TABEL XXVI
Perbandingan Performansi Perhitungan Teoritis dan Simulasi

Skenario	Perhitungan Teoritis		Simulasi	
	Q Factor	BER	Q Factor	BER
FTTH	12,13	$3,68703 \times 10^{-34}$	7,62	$1,22832 \times 10^{-14}$
FTTB	6,31	$1,42864 \times 10^{-10}$	4,58	$1,92987 \times 10^{-6}$

Pada Tabel XXVI terdapat penentuan untuk menguji kelayakan sistem, yaitu dengan cara perhitungan teoritis dan simulasi dengan aplikasi *optisystem*. Nilai yang didapat dari perhitungan teoritis lebih baik dibandingkan dengan simulasi karena terdapat factor-faktor seperti *random sequence*, dan efek *non linier* pada saat *multiplexing* yang dapat menurunkan nilai Q factor dan BER. Berdasarkan nilai Q factor untuk jaringan FTTH mendapatkan nilai 12,13 sedangkan nilai Q factor menggunakan simulasi sebesar 7,62.

Berdasarkan nilai BER yang dihasilkan oleh penerapan jaringan FTTH perhitungan teoritis yaitu $3,68703 \times 10^{-34}$, sedangkan nilai BER menggunakan simulasi $1,22832 \times 10^{-14}$. Nilai Q factor yang dihasilkan dalam penerapan jaringan FTTB berdasarkan perhitungan teoritis mendapatkan nilai 6,31 dan menggunakan simulasi *optisystem* mendapatkan nilai kurang dari standar ketentuan yaitu 4,58. Nilai BER yang dihasilkan berdasarkan perhitungan teoritis yaitu $1,42864 \times 10^{-10}$ dan nilai BER menggunakan simulasi *optisystem* yaitu $1,92987 \times 10^{-6}$ nilai yang dihasilkan oleh simulasi tidak memenuhi nilai standar yaitu 10^{-9} .

Berdasarkan hasil perbandingan penerapan jaringan FTTH dan FTTB dari parameter performansi perhitungan nilai Q factor dan BER, nilai yang didapatkan lebih baik jika dibandingkan dengan penerapan jaringan FTTB. Dari hasil perbandingan jaringan FTTH dan FTTB dengan menggunakan teknologi XGPON di gedung DSP IT Telkom Purwokerto, dalam kelayakan *bandwidth* yang diberikan saat ini untuk estimasi kebutuhan pengguna internet sebanyak 300 orang belum mampu memenuhi, karena rata-rata kecepatan *bandwidth* yang dimiliki saat ini, 2 Mbps. Jika estimasi kebutuhan pengguna internet dengan jumlah 300 pengguna, maka layanan internet yang bisa diberikan hanya memenuhi kategori layanan internet ringan.

Dalam hal ini penulis merekomendasikan dalam penerapan jaringan FTTH untuk meningkatkan kualitas layanan *bandwidth*. Berdasarkan hasil penerapan jaringan FTTH memiliki nilai performansi yang lebih baik jika dibandingkan dengan penerapan jaringan FTTB, yang dapat ditunjukkan pada nilai parameter Q

Factor dan BER baik secara perhitungan teoritis dan simulasi. Adapun keunggulan dan kelemahan dari penerapan jaringan FTTH di gedung DSP IT Telkom Purwokerto, sinyal pada serat optik menuju ONT mengalami *loss* yang rendah, sehingga dapat memberikan jumlah *bandwidth* yang lebar.

Adapun kelemahan pada penerapan jaringan FTTH jika kapasitas *splitter* yang semakin besar akan menimbulkan *loss*, maka menurunnya kecepatan pada *bandwidth* yang diberikan kepada pengguna internet yang berada di gedung DSP IT Telkom Purwokerto.

C. Bill Of Quantity (BOQ)

Tabel XXVII dan XXVIII adalah BOQ data dari FTTH dan FTTB yang diimplementasikan di gedung DSP IT Telkom Purwokerto. Perhitungan BOQ digunakan sebagai perbandingan jumlah perangkat yang digunakan dalam penerapan jaringan FTTH dan FTTB menggunakan teknologi XGPON di gedung DSP IT Telkom Purwokerto.

TABEL XXVII
BOQ FTTH

No	Nama Perangkat	Jumlah	Satuan
1	Kabel feeder G.652.D	3.700,0	m
2	Kabel distribusi	28,0	m
3	Kabel drop G.657.A	55,6	m
4	ODC 1:4	1	Buah
5	ODP 1:8	4	Buah
6	ONT ZTE ZHN_F609	32	Buah
7	Konektor	6	Buah
8	Sambungan	6	Buah

TABEL XXVIII
BOQ FTTB

No	Nama Perangkat	Jumlah	Satuan
1	Kabel feeder G.652.D	2.990,0	m
2	Kabel distribusi	710,0	m
3	ODC 1:4	1	Buah
4	ONU D-Link DGS-1026 Mp	1	Buah
5	Kabel UTP	55,6	m
6	Tenda-TEF1110p-8	4	Buah
7	ONT Rujie RG-AP720-I	32	Buah
8	Konektor	4	Buah
9	Sambungan	6	Buah

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi pada penerapan jaringan FTTH didapatkan nilai pada perhitungan LPB sebesar -22,75 dBm dan simulasi sebesar -21,35 dBm. Sedangkan untuk perhitungan RTB dengan menggunakan pengkodean NRZ didapatkan nilai sebesar 0,04 ns (*threshold* sebesar 0,07 ns). Hasil Q Factor 12,13 dan nilai BER $3,68703 \times 10^{-34}$, sedangkan hasil simulasi didapatkan nilai Q Factor 7,62 dan nilai BER $1,22832 \times 10^{-14}$.

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi pada penerapan jaringan FTTB didapatkan nilai pada

perhitungan LPB sebesar -11,62 dBm dan nilai pada simulasi sebesar -11,29 dBm. Sedangkan perhitungan RTB dengan menggunakan pengkodean NRZ didapatkan nilai RTB sebesar 0,04 ns (*threshold* sebesar 0,07 ns). Hasil pada perhitungan nilai *Q Factor* sebesar 6,31 dan nilai BER sebesar $1,42864 \times 10^{-10}$, sedangkan berdasarkan hasil simulasi didapatkan nilai *Q Factor* sebesar 4,58 dan nilai BER sebesar $1,92987 \times 10^{-6}$.

Perhitungan BOQ menunjukkan bahwa penerapan FTTH memerlukan kabel fiber optik yang lebih panjang dibandingkan dengan penerapan FTTB di gedung tersebut, sedangkan FTTB memerlukan perangkat yang lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan penerapan FTTH.

Dalam penelitian ini memberikan rekomendasi untuk menggunakan penerapan jaringan FTTH dengan teknologi XGPON. Hal ini dipengaruhi nilai performansi yang dimiliki lebih baik jika dibandingkan dengan menggunakan penerapan jaringan FTTB.

REFERENSI

- [1] ITU. (2012). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks, Recommendation ITU-T G.987*. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU.
- [2] PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. (2012). *Panduan Desain FTTH*. Jakarta, Indonesia: Divisi Akses.
- [3] Sembiring, H. B., Damayanti, T. N., & Uripno, B. (2018). Perancangan Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Untuk Support Smart Building Menggunakan Gpon Di Graha Pos Indonesia, Bandung. *eProceedings of Applied Science*, 4(2), 558-564.
- [4] Mafazi, I. R. (2016). Uji kelayakan Jaringan Akses Fiber Optik dalam Arsitektur Fiber to The Building (FTTB) di Pelanggan Apartemen Tamansari Panoramic. Proyek Akhir Mahasiswa Universitas Telkom Bandung.
- [5] Pamungkas, N. S., Hambali, A., & Saputri, D. M. (2017). Analisis Performansi Teknologi XG-PON Menggunakan Splitter. *eProceedings of Engineering*, 4(3), 3595-3602.
- [6] Soedradjat, O. F., Damayanti, T. N., & Putri, H. (2019). Analisis Perbandingan Perancangan Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Multi Rasio Passive Splitter Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (gpon) Di Ujungberung Town Square. *eProceedings of Applied Science*, 5(2), 1502-1517.
- [7] Setiaji, W., Muayyadi, A. A., & Wijanto, H. (2018). Analysis Performance and Optimization of Long Term Evolution Network In Tol Padaleunyi. *e-Proceeding Eng*, 5(1), 252-258.
- [8] Hanafi, H. (2021). Estimasi Kebutuhan Bandwidth Internet di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe. *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 18(1), 13-20.
- [9] ZTE, China. ZXA10 C300 XGPON OLT PRODUCTS. [Online]. <http://enterprise.zte.com.cn>.
- [10] Keiser, G. (2006). *FTTX concepts and applications* (Vol. 91). John Wiley & Sons.
- [11] ITU. (2016). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks, Recommendation ITU-T G.657*. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU.
- [12] ITU. (2016). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks, Recommendation ITU-T G.652*. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU.