

Perancangan Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Berbasis GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) Di Apartemen Taman Melati Rancaekek

Design Of Fiber To The Building (FTTB) Network Base On GPON (Gigabit Passive Optical Network) At Apartemen Taman Melati Rancaekek

1st Alfataniah Nur Fajrina
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
alfataniahn@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Tri Nopiani Damayanti
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
damayanti@telkomuniversity.ac.id

3rd Randany Maulana
PT. Telkom Akses
Regional Jawa Barat
Bandung, Indonesia
danypoema3@gmail.com

Abstrak—Minat akan layanan komunikasi dan informasi yang cepat, aman dan nyaman setiap tahunnya akan terus meningkat, terlebih lagi akan kebutuhan pada daerah perkotaan. Apartemen Taman Melati Rancaekek adalah salah satu apartemen yang terletak di daerah Jawa Barat, di Jl. Hegarmanah Kab, Sumedang. Apartemen ini memiliki jumlah lantai sebanyak 16 lantai. Banyaknya masyarakat yang tinggal di apartemen ini akan mengacu pada pembangunan layanan jaringan. Metode yang digunakan pada proyek akhir ini berupa perancangan menggunakan aplikasi GE Smallworld dan melakukan perhitungan power link budget, rise time budget dan bit error rate. Serta melakukan simulasi menggunakan software optisystem. Kemudian, nilai akhir yang dihasilkan akan dibandingkan antara hasil perhitungan manual, hasil pengukuran dilapangan dengan hasil simulasi menggunakan software optisystem. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakuakn, pada lantai 1 sampai dengan lantai 16 menggunakan splitter 1:8 sebanyak 2 buah splitter, didapatkan hasil perhitungan daya terima yang memenuhi standar ITU-T G984.6 yaitu daya terima tidak lebih dari -28 dBm. sehingga perancangan ini dianggap layak. Nilai rise time budget yang didapatkan pada lantai 1 sampai lantai 16 arah upstream dan downstream sebesar 0.25 ns nilai tersebut kurang dari 0.281 ns dan 0.562 ns untuk pengkodean NRZ.

Kata kunci — FTTB, *smallworld*, *power link Budget*, BER, *optisystem*

Apartemen taman melati rancaekek terletak di Jl Raya Hegarmanah, Desa Cikeruh, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Apartemen taman melati memiliki lokasi yang sangat strategis tepat berada dikawasan pendidikan terbesar Jawa Barat dikelilingi 4 kampus ternama seperti UNPAD, ITB, IKOPIN dan IPDN. Sebelumnya Apartemen Taman Melati menggunakan jasa telekomunikasi dari provider lain, dikarenakan provider tersebut mengalami kebangkrutan, kemudian apartemen taman melati berahli menggunakan jasa dari PT. Telkom Akses. PT Telkom Akses merupakan anak perusahaan dari PT. Telkom Indoneisa yang bergerak dalam penyedia layanna jasa konstruksi *fiber optik* untuk membangun infrastruktur *fiber to the bulding* di apartemen taman melati.

Fiber to the Building (FTTB) merupakan salah satu perancangan yang digunakan untuk komunikasi optik pada gedung bertingkat. Titik konversi optik (TKO) terletak didalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi yang terletak di *basement*. Teknologi yang digunakan pada perancangan ini adalah GPON (*Gigabit Passive Optical Network*). GPON adalah perkembangan dari PON (*Passive Optical Network*) dimana informasi didistribusikan dari *central* ke pelanggan menggunakan perangkat *splitter* [1]. Teknologi GPON menggunakan teknik *multiple access* TDMA dimana untuk kecepatan *upstream* sebesar 1.2 Gbps dengan panjang gelombang 1310 nm. Pada arah

I. PENDAHULUAN

downstream kecepatan data sebesar 2.5 Gbps dengan panjang gelombang 1490 nm [2].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Tri Nopiani Damayanti dan Hasanah Putri mengenai Perbandingan Unjuk Kerja Transmisi Jaringan FTTB menggunakan GEAPON dan GPON pada gedung bertingkat, pada penelitian tersebut didapatkan hasil perhitungan pada arah *downstream* jarak terjauh, link GEAPON menghasilkan nilai redaman 22.81 dB, BER sebesar 7×10^{-9} dan *rise time* sebesar 0.2506 ns. Pada link GPON memiliki redaman sebesar 25.94 dB, BER sebesar 3.62955×10^{-12} dan nilai *rise time* sebesar 0.25 ns. Pada arah *upstream* jarak terjauh link GEAPON menghasilkan nilai redaman sebesar 4.65 dB, dengan nilai BER ≈ 0 , dan nilai *rise time* sebesar 2061 ns. Pada GPON memiliki redaman sebesar 4.65 dB, BER ≈ 0 dan *rise time* sebesar 0.260 ns. dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja teknologi GPON lebih baik dibandingkan teknologi GEAPON untuk pengaplikasian jaringan optik digedung bertingkat [2].

Pada penelitian sebelumnya [3] [4]. Perancangan FTTB menggunakan *Draw.io* dan *Autocad* sedangkan pada proyek akhir ini perancangan FTTB di apartemen taman melati rancacekek menggunakan *software* GE *Smallworld*. Perancangan ini diawali dengan pengumpulan data informasi gedung, berlanjut membuat desain FTTB menggunakan *Smallworld* hingga menganalisis kelayakan sistem sesuai dengan parameter kelayakan yang telah ditentukan. PT. Telkom Indoneisa sangat mementingkan layanan jasa yang terbaik baik pelanggannya dikarenakan kualitas layanan jasa dianggap sebagai aspek yang penting bagi keberhasilan suatu penyelenggara layanan jasa dari PT. Telkom untuk produk indihome. Kualitas layanan jasa (*service quality*) merupakan salah satu kunci dari kesuksesan penyedia layanan, karena pelanggan merasa puas dengan layanan yang telah diberikan.

II. KAJIAN TEORI

A. Serat Optik

Fiber Optik merupakan saluran transmisi atau semacam kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang memiliki fungsi untuk mentransmisikan sinyal/data berupa cahaya dari satu tempat ke tempat yang lain dengan waktu yang sangat cepat. Cahaya yang ada didalam serat optik tidak keluar karena adanya indeks bias. Pada dasarnya cahaya dapat merambat lurus atau memantul didalam core serat optik, pemantulan cahaya terjadi karena indeks bias *core* lebih besar dibandingkan dengan indeks bias *cladding* [4].

Pada proses pengiriman sinyal menggunakan kabel fiber optik, informasi diubah menjadi sinyal listrik kemudian diubah menjadi sinyal optik/cahaya. Sinyal tersebut kemudian dilewatkan melalui serat

optik, setelah sampai dipenerima, cahaya tadi diubah kembali menjadi sinyal listrik dan akhirnya diterjemahkan menjadi informasi.

1. Struktur Fiber Optik

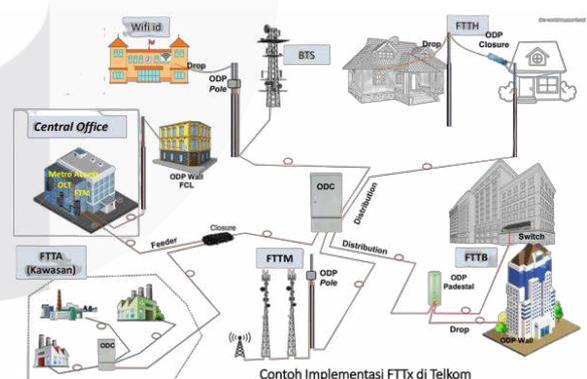


GAMBAR 2. 1
STRUKTUR SERAT OPTIK

Secara umum struktur serat optik terdiri dari 3 lapisan, dari lapisan tersebut mempunyai fungsi masing-masing yaitu sebagai berikut.

- Core**
Core atau inti serat merupakan bagian utama dari serat optik, bagian inilah informasi berupa cahaya akan ditransmisikan, lapisan ini berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu tempat ketempat yang lainnya.
- Cladding**
Cladding merupakan bagian pelindung *core*, indeks bias yang dihasilkan oleh *cladding* lebih kecil dari indeks bias *core*. *Cladding* berfungsi sebagai cermin yakni memantulkan cahaya agar dapat merambat dari satu tempat ketempat lainnya.
- Coating**
Coating berfungsi untuk melindungi *core* dari kerusakan dan berfungsi sebagai pengkodean warna. Indeks bias *core* selalu lebih besar daripada indeks bias *cladding*.

B. Fiber to The Bilding



GAMBAR 2. 2
TOPOLOGI FTTH

Fiber to the Building merupakan salah satu perancangan sistem komunikasi optik yang terletak di suatu gedung baik itu apartemen, hotel, mall dan perkantoran. Titik konversi optik terletak didalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi di *basement* atau tersebar di

beberapa lantai lalu akan didistribusikan ke ruangan-ruangan [5].

C. GPON

Teknologi GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan teknologi GEPON (Gigabit Ethernet PON), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi *Ethernet*. Baik GPON maupun GEPON menggunakan serat optik sebagai media transmisinya. Satu perangkat akan diletakkan pada sisi sentral, kemudian akan mendistribusikan trafik *triple play* hanya melalui media satu *core* kabel optik disisi pelanggan.

Yang menjadi ciri khas dari teknologi ini adalah dibandingkan teknologi SDH adalah teknik pendistribusian trafik dilakukan secara pasif, dari sentral menuju pelanggan akan didistribusikan menggunakan *passive splitter*. teknologi GPON menggunakan metode akses yaitu *Time Division Multiple Access* (TDMA) dimana Panjang gelombang untuk *upstream* adalah 1310 nm dengan kecepatan 1.2 Gbps dan panjang gelombang untuk *downstream* 1490 nm dengan kecepatan data sebesar 2.5 Gbps dan layanan yang diberikan berupa data, suara dan video [2].

D. GE Smallworld



GAMBAR 2.3
LOGO SOFTWARE GE SMALLWORLD

Aplikasi *GE Smallworld* merupakan aplikasi yang digunakan dalam pembuatan perancangan jaringan telekomunikasi. Aplikasi *GE Smallworld* merupakan aplikasi yang digunakan oleh PT. Telkom Group untuk menginventory alat produksi. Aplikasi *GE Smallworld* bersifat *private*, aplikasi ini sangat ideal digunakan dalam merancang jaringan FTTH maupun FTTB [6].

E. Parameter Kelayakan Perancangan

Dalam sistem komunikasi optik, parameter transmisi menjadi faktor yang sangat penting dalam perancangan. Berikut parameter transmisi komunikasi optik sebagai berikut.

1. Power Link Budget

Power Link budget digunakan untuk mengetahui besar daya yang akan diterima oleh perangkat penerima, sehingga sinyal informasi dapat terkirim dengan baik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan *power link budget* yaitu redaman *connector*, redaman *splicing*, redaman *splitter* dan redaman panjang kabel [7] [5]. Untuk

menghitung *power link budget* dapat menggunakan persamaan berikut.

a. Perhitungan Total Redaman.

$$\alpha_{tot} = (L \cdot \alpha_{serat}) + (Nc \cdot \alpha_c) + (Ns \cdot \alpha_s) + (sp) \quad (2.1)$$

b. Perhitungan *Power Receive*.

$$Prx = Ptx - \alpha_{tot} - SM \quad (2.2)$$

Keterangan:

Pt	= Daya keluaran sumber optik (dBm)
Pr	= Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)
SM	= Safety margin 3 dB
L	= Panjang serat optik (km)
Sp	= Redaman spliter (dB)
Ns	= Jumlah sambungan
Nc	= Jumlah Konektor
α_{tot}	= Redaman total (dB) (1310/1490)
α_{serat}	= Redaman serat optik
α_c	= Redaman Konektor (dB/buah)
α_s	= Redaman sambungan (dB/sambungan)

2. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu serat optik. Tujuan dari metode ini untuk menganalisa apakah hasil perancangan memiliki kinerja yang baik dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari suatu bit NRZ (*Non return to zero*) [4]. Adapun persamaan untuk menghitung *rise time budget* sebagai berikut.

Untuk mencari besarnya waktu batas (TR) untuk pengkodean NRZ dihitung dengan persamaan:

$$Tr = \frac{70\%}{Br} \quad (2.3)$$

Untuk mencari besarnya *rise time* dispersi material dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_{material} = D_{mat} \times L \times \sigma \quad (2.4)$$

Keterangan:

D_mat	: Dispersi Material (ps/nm/km)
L	: panjang serat optik
σ	: lebar Spektral

Sedangkan untuk mencari nilai *rise time* total dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$T_{total} = \sqrt{tTx^2 + tmat^2 + tmod^2 + tRx^2} \quad (2.5)$$

Keterangan:

tTx	: Rise Time Transmitter
-----	-------------------------

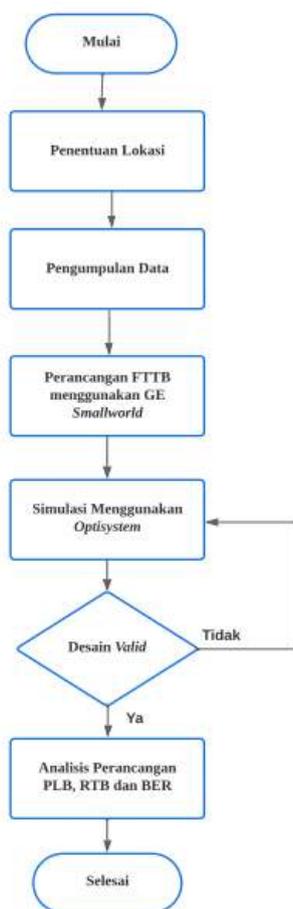
tRx : Rise Time Receiver
 T_{modus} : Bernilai nol (untuk serat optik single mode)

3. Bit Error Rate

Bit error rate merupakan perbandingan dari jumlah bit yang error dengan jumlah bit yang dikirimkan. Nilai BER untuk sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Semakin kecil nilai BER semakin baik kondisi suatu jaringan telekomunikasi. Faktor yang mempengaruhi BER yaitu noise, interferensi dan distorsi [8].

III. METODE

A. Diagram Alur Perancangan.



GAMBAR 3.1
 DIAGRAM ALIR PROYEK AKHIR

Proses pengerjaan proyek akhir ini dimulai menentukan lokasi perancangan yang akan dibangun jaringan fiber to the building. Pada proyek akhir ini, penulis menentukan lokasi perancangan di apartemen taman melati rancaekek. Dilanjutkan dengan mengumpulkan data pada apartemen tersebut.

Setelah mendapatkan data-data yang dibutuhkan maka langkah selanjutnya dilakukan perancangan menggunakan GE Smallworld. Selanjutnya

melakukan perancangan serta simulasi menggunakan optisystem dan dilakukan analisis perhitungan kelayakan perancangan. Maka akan didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian apakah perancangan jaringan FTTB di Apartemen Taman Melati Rancaeke layak atau tidak.

B. Alokasi Bandwidth

Perhitungan alokasi bandwidth merupakan faktor penting dalam perancangan jaringan akses fiber to the building (FTTB). Dalam perhitungan alokasi bandwidth, data yang dibutuhkan adalah berupa jumlah pelanggan atau homepassed dan layanan yang dibutuhkan setiap pelanggan atau user.

Layanan yang dibutuhkan setiap pelanggan adalah layanan triple play, dimana triple play terdiri dari internet (data), televisi (IPTV) dan telfon (VOIP). Jumlah bandwidth dapat diketahui dari jenis layanan yang digunakan dan jumlah layanan yang dipasang. Berikut kebutuhan bandwidth untuk setiap layanan.

TABEL 3.1
 JUMLAH BANDWIDTH SETIAP LAYANAN

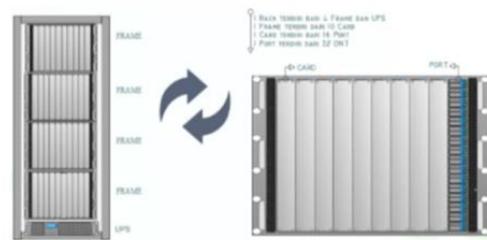
Layanan	Bandwidth
Telpon (VoIP)	1 Mbps
Televisi (IPTV)	5 Mbps
Internet (Data)	20 Mbps

TABEL 3.2
 PERHITUNGAN JUMLAH BANWIDTH

No	Jumlah Homepassed	Kebutuhan Bandwidth (Mbps)			Total Bandwidth (Mbps)
		Data (VoIP)	Televi si (IPTV)	Intern et (Data)	
1.	502	1 Mbps	5 Mbps	20 Mbps	26
Total = Jumlah Home passed x Bandwidth					13.052 Mbps

C. Desain Rak OLT

Berikut sandar desain rak Optical Line Termination (OLT) menurut PT. Telkom Akses Bandung Barat.



GAMBAR 3.2
 DIAGRAM RAK OLT

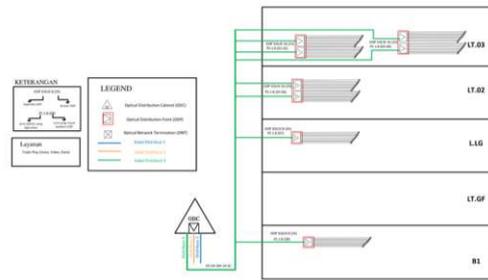
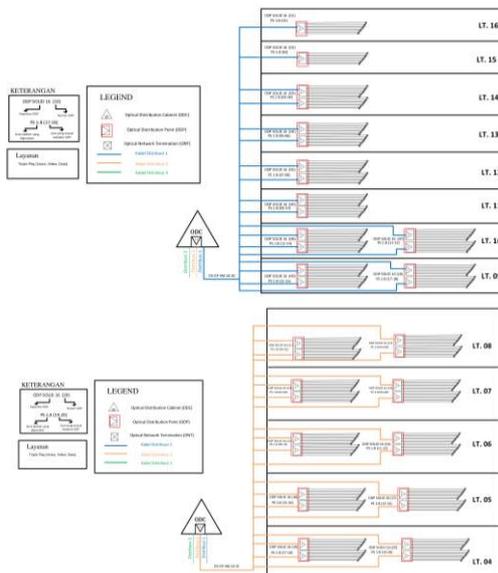
TABEL 3. 3
RAK DIAGRAM OLT

Bagian	Sub Bagian
1 Rak	4 Frame
1 Frame	10 Card
1 Card	16 Port
1 Port	32 User/ONT
Total	20.480 User/ONT Rak

Untuk membuat desain yang efisien, maka jumlah ONT yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan. pelanggan yang akan menggunakan jaringan fiber optik sebanyak 502 pelanggan. Kebutuhan pelanggan sebanyak 502, akan dilayani oleh 502 ONT. 502 ONT akan tersedia dalam 16 port, 1 card dan 1 frame.

D. Desain Fiber to The Building

Berikut desain kabel distribusi 1 sampai dengan distribusi 3 pada apartemen taman melati rancaekek. Kabel distribusi 1 berwarna biru, kabel distribusi 2 berwarna orage dan kabel distribusi 3 berwarna hijau. Tujuan pembuatan desain kabel ini agar memudahkan untuk memahami alur kabel dari ODC hingga ke ODP.



GAMBAR 3. 3
DESAIN FIBER TO BUILDING

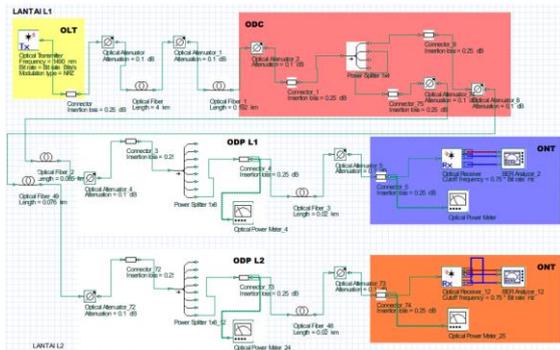
E. Simulasi Perancangan.

Setelah membuat perancangan jaringan *fiber to the building* (FTTB) menggunakan *Smallworld*, maka tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi perancangan menggunakan *optisystem*. Simulasi perancangan menggunakan *optisystem* dapat menggambarkan skema atau alur perancangan jaringan FTTB/FTTH.

Simulasi ini dilakukan karena dapat mengetahui hasil dari perancangan ini layak diimplementasikan atau tidak. Elemen yang dipakai pada *optisystem* disesuaikan dengan perangkat yang asli, sehingga hasil dari simulasi ini akan mendekati nilai real. Simulasi yang dibuat yaitu simulasi *downstream* dan *upstream* dimana untuk arah *downstream* menggunakan panjang gelombang 1490 nm untuk arah *upstream* menggunakan panjang gelombang 1310 nm.

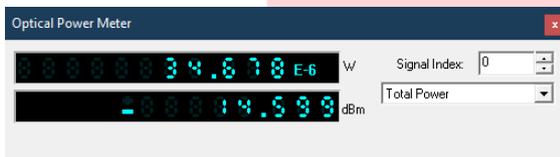
1. Simulasi Perancangan FTTB arah *Downstream* menggunakan *Optisystem*.

Gambar 3.4 merupakan perancangan jaringan FTTB yang sama dibuat berdasarkan spesifikasi perangkat yang digunakan. Simulasi untuk *downstream* menggunakan panjang gelombang 1490 nm sesuai dengan yang diterapkan pada Apartemen Taman Melati. Simulasi pada *optisystem* dilakukan pada lantai 1 sampai lantai 16. Pada simulasi, daya pancar yang digunakan di transmitter untuk arah *downstream* adalah 3 dBm. Pengukuran dilakukan pada bagian ONT.

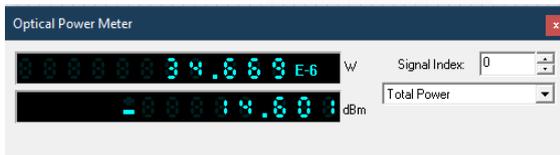


GAMBAR 3. 4 PERANCANGAN FTTB DOWNSTREAM

Dengan menggunakan optisystem maka dapat dilakukan pengukuran link budget, dengan menggunakan optical power meter. Berikut hasil pengukuran *power link budget* pada lantai 1 dan lantai 2 menggunakan optisystem.



GAMBAR 3. 5 HASIL PENGUKURAN OPTISYSTEM LT 1 ARAH DOWNSTREAM



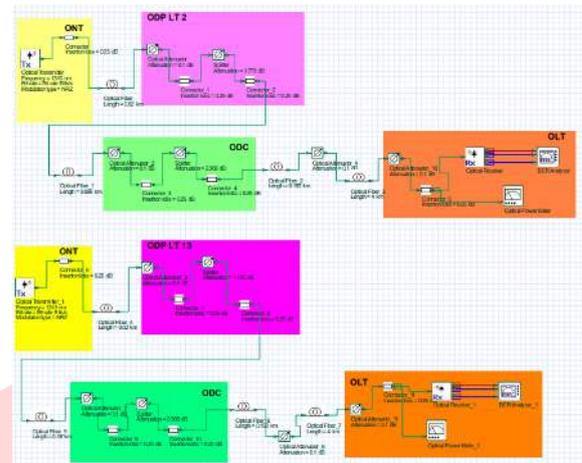
GAMBAR 3. 6 HASIL PENGUKURAN OPTISYSTEM LT 2 ARAH DOWNSTREAM

Hasil dari pengukuran menggunakan Optisystem pada lantai 1 arah downstream nilai Prx sebesar -14.59 dBm. Sedangkan pada lantai 2 arah *downstream* nilai Prx sebesar -14.60 dBm. Keluaran OPM untuk *power link budget* pada masing link ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 hasil yang didapatkan pada perancangan ini memenuhi standar ITU-T G984.6

2. Simulasi Perancangan FTTB arah *Upstream* menggunakan *Optisystem*.

Gambar 3.7 merupakan rancangan jaringan Fiber to the Building (FTTB) yang sama dibuat berdasarkan spesifikasi perangkat yang digunakan. Perancangan jaringan fiber to the building arah upstream menggunakan panjang gelombang 1310 nm. pada simulasi upstream yang menjadi sumber adalah ONT sedangkan pada penerima adalah OLT. Pada simulasi upstream tidak menggunakan splitter karna daya yang dipancarkan tidak mengalami

proses pembagian, melainkan nilai redaman splice diganti dengan nilai redaman splitter [9].



GAMBAR 3. 7 PERANCANGAN FTTB UPSTREAM

Berikut merupakan hasil pengukuran menggunakan *optical power meter* pada *software optisystem*, pada lantai 1 dan lantai 2.



GAMBAR 3. 8 HASIL PENGUKURAN OPTISYSTEM LT 2 UPSTREAM



GAMBAR 3. 9 HASIL PENGUKURAN OPTISYSTEM LT 13 ARAH UPSTREAM

Hasil dari perancangan menggunakan optisystem pada lantai 1 arah upstream nilai Prx sebesar -13.58 dBm. Sedangkan pada lantai 2 arah upstream nilai Prx sebesar -13.58 dBm. Keluaran OPM untuk *power link budget* pada masing-masing link ditunjukkan pada Gambar 3.8 untuk upstream lantai 1 dan Gambar 3.9 untuk upstream lantai 2.

F. Parameter Kelayakan Perancangan

Parameter kelayakan perancangan dapat ditinjau dari analisa *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate*. Berikut perhitungan *power link budget*, *rise time budget* dan hasil simulasi *bit error rate* menggunakan *optisystem* pada apartemen taman melati rancaekek.

1. *Power Link Budget Downstream*

Power Link Budget akan dihitung pada area pelanggan gedung saja. Dalam perhitungan ini,

digunakan perhitungan link budget pada lantai 2 dan lantai 13. Dikarenakan, jumlah *user* terbanyak berada pada lantai 2 sampai dengan lantai 13. Jarak ini diambil untuk mengetahui, berapa redaman yang dapat diterima dari letak ONT yang berbeda. Sebelum menghitung nilai daya yang akan diterima di ONT ada beberapa parameter yang harus diperhatikan sebagai berikut.

TABEL 3. 4
DAYA PANCAR OLT

Jenis	Nilai	Satuan
Daya OLT	3	dBm
Sensitivitas detektor	-28	dBm

TABEL 3. 5
DATA PERHITUNGAN PLB

Jenis Data	Nilai
Jarak STO ke ODC (L)	4.192 km
Jarak ODC ke ODP Lt 1 (L)	0.065 km
Jarak ODC ke OPD Lt 2 (L)	0.076 km
Jarak ODP ke ONT (L)	0.02 km
Jumlah Konektor (N_c)	6 buah
Jumlah sambungan (N_s)	6 buah
Redaman serat optik (α_{serat})	0.38 dB / 0.35 dB
Redaman sambungan (α_s)	0.1 dB
Redaman konektor (α_c)	0.25 dB
Redaman splitter 1:4/1:8 (S_p)	7.8 dB/11.4 dB

Perhitungan *power link budget* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2. 1), (2. 2) pada dua arah yaitu *downstream* dan *upstream*. Perhitungan *downstream* dilakukan dari OLT hingga ONT sedangkan perhitungan arah *upstream* dilakukan dari ONT hingga OLT.

2. Rise Time Budget

Rise time budget yaitu sebuah cara untuk menentukan batasan dispersi pada saluran transmisi. Perhitungan *rise time budget* menggunakan persamaan (2. 4), (2. 5). Untuk menghitung nilai *rise time budget* ada beberapa data yang harus dikumpulkan terlebih dahulu, data ini biasanya berisi tentang spesifikasi perangkat yang digunakan dalam perancangan FTTB yang akan dibuat. Data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan RTB adalah sebagai berikut.

TABEL 3. 6
DATA PERHITUNGAN RTB

Jenis Data	Nilai	Satuan
Pengkodean	NRZ	-
<i>Optical Spectrum Bandwidth</i>	1	nm
Dispersi Material (G.652.D) <i>downlink</i>	0.092	Ps/nm x km
Dispersi Material (G.657) <i>downlink</i>	0.11	Ps/nm x km
Dispersi Material (G.652.D) <i>uplink</i>	0.092	Ps/nm x km
Dispersi Material (G.657) <i>uplink</i>	0.11	Ps/nm x km
Rise Time Pengirim	150×10^{-3}	ps
Rise Time Penerima	200×10^{-3}	ps
Rise time modus <i>single mode</i>	0	ns
Panjang kabel G.657 Rak OLT ke ODC (L_{OLT})	4.192	km
Panjang kabel G.652.D Rak ODC ke ODP Lt 2 (L_{ODC})	0.066	km
Panjang kabel G.652.D Rak ODC ke ODP Lt 13 (L_{ODC})	0.18	km
Panjang kabel G.657 Rak ODP ke OLT (L_{OLP})	0.02	km

3. Bit Error Rate

Bit error rate merupakan perbandingan dari jumlah bit yang *error* dengan jumlah bit yang dikirimkan. Nilai BER untuk sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Semakin kecil nilai BER semakin baik kondisi suatu jaringan telekomunikasi. Faktor yang mempengaruhi BER yaitu *noise*, *interferensi* dan *distorsi*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Kelayakan Sistem

Perhitungan kelayakan sistem membutuhkan data berupa tata letak perangkat, jarak STO ke lokasi gedung dan jumlah ruangan yang ada pada gedung tersebut. Data yang telah dikumpulkan dimasukkan ke perhitungan kelayakan sistem dengan spesifikasi dari perangkat tersebut. Kelayakan sistem dianalisa dari 3 parameter yaitu *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate*. Analisis kelayakan menggunakan parameter *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* dan melakukan simulasi menggunakan *software optisystem*. Berikut

analisis perhitungan *power link budget*, *rise time budget* secara manual serta simulasi menggunakan *optisystem* dan analisis terhadap nilai BER.

1. Power Link Budget

Perhitungan power link budget dilakukan untuk mengetahui besar daya yang akan diterima di ONT. Referensi yang menjadi dasar perhitungan power link budget adalah standar ITU-T G.984.6 Menurut PT Telkom Akses total redaman tidak boleh lebih dari 28 dB, sedangkan daya yang diterima tidak boleh lebih dari -28 dBm Perhitungan power link budget dibagi menjadi dua yaitu, arah downstream dan arah upstream. Perhitungan power link budget dilakukan dengan 2 metode, yaitu perhitungan secara manual dan simulasi menggunakan *optisystem*.

Berikut adalah perbandingan perhitungan power link budget arah downstream untuk lantai 1 sampai lantai 16 dari hasil perhitungan manual dengan persamaan (2.1), (2.2) dan hasil simulasi menggunakan *optisystem*.

TABEL 4. 1
HASIL PERHITUNGAN PLB DOWNSTREAM

Lantai	Perhitungan			Ket Maks -28 dBm
	Redaman Total	Daya Terima	Pengukuran <i>Optisystem</i>	
Lt 1	14.11 dB	-14.11 dBm	- 14.59 dBm	Layak
Lt 2	14.12 dB	- 14.12 dBm	- 14.60 dBm	Layak
Lt 3	13.82 dB	- 13.82 dBm	- 13.58 dBm	Layak
Lt 4	14.02 dB	- 14.02 dBm	- 14.90 dBm	Layak
Lt 5	13.83 dB	- 13.83 dBm	- 13.80 dBm	Layak
Lt 6	14.13 dB	- 14.13 dBm	- 14.00 dBm	Layak
Lt 7	14.04 dB	- 14.04 dBm	- 14.10 dBm	Layak
Lt 8	16.15 dB	- 16.15 dBm	- 16.00 dBm	Layak
Lt 9	16.05 dB	- 16.05 dBm	- 16.80 dBm	Layak
Lt 10	15.95 dB	- 15.95 dBm	- 15.80 dBm	Layak
Lt 11	16.06 dB	- 16.06 dBm	- 16.80 dBm	Layak
Lt 12	17.38 dB	- 17.38 dBm	-17.81 dBm	Layak
Lt 13	16.87 dB	- 16.87 dBm	- 16.81 dBm	Layak
Lt 14	17.07 dB	- 17.07 dBm	- 17.51 dBm	Layak
Lt 15	17.28 dB	- 17.28 dBm	- 17.71 dBm	Layak
Lt 16	18.48 dB	- 18.48 dBm	- 18.81 dBm	Layak

Adapun analisa dari power link budget downstream pada Tabel 4.1 pada yang telah dirancang, memiliki nilai daya terima yang baik. pada perhitungan manual maupun simulasi menggunakan *optisystem* memiliki nilai tidak lebih dari -28 dBm, sehingga perancangan ini dianggap dapat mentransmisikan sinyal atau data dengan baik.

Berikut power link budget upstream pada lantai 1 sampai lantai 16 dari hasil perhitungan manual dengan persamaan (2.1), (2.2) dan hasil simulasi menggunakan *optisystem*.

TABEL 4. 2
HASIL PERHITUNGAN PLB UPSTREAM

Lantai	Perhitungan			Ket Maks -28 dBm
	Redaman Total	Daya Terima	Pengukuran <i>Optisystem</i>	
Lt 1	13.98 dB	-13.98 dBm	- 13.27 dBm	Layak
Lt 2	13.99 dB	-13.99 dBm	- 13.58 dBm	Layak
Lt 3	13.69 dB	-13.69 dBm	-13.58 dBm	Layak
Lt 4	13.89 dB	-13.89 dBm	- 13.48 dBm	Layak
Lt 5	13.70 dB	-13.70 dBm	- 13.38 dBm	Layak
Lt 6	14.00 dB	-14.00 dBm	- 14.18 dBm	Layak
Lt 7	13.91 dB	-13.91 dBm	- 13.28 dBm	Layak
Lt 8	16.02 dB	-16.02 dBm	- 16.08 dBm	Layak
Lt 9	15.91 dB	-15.91 dBm	- 15.98 dBm	Layak
Lt 10	15.82 dB	-15.82 dBm	- 15.08 dBm	Layak
Lt 11	15.93 dB	-15.93 dBm	- 15.49 dBm	Layak
Lt 12	17.24 dB	-17.24 dBm	- 17.29 dBm	Layak
Lt 13	16.44 dB	-16.44 dBm	- 16.29 dBm	Layak
Lt 14	16.94 dB	-16.94 dBm	- 16.49 dBm	Layak
Lt 15	17.14 dB	-17.14 dBm	- 17.39 dBm	Layak
Lt 16	18.35 dB	-18.35 dBm	- 18.89 dBm	Layak

Adapun analisa dari power link budget Upstream pada lantai 1 sampai lantai 16 memiliki nilai total redaman dan daya terima yang memenuhi standar ITU-T G984.6 yaitu tidak lebih dari -28 dBm

2. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu serat optik. Berikut rise time budget pada lantai 1 sampai lantai 16 dari hasil perhitungan manual dengan

menggunakan persamaan (2. 4) (2. 5) sebagai berikut.

TABEL 4. 3
HASIL PERHITUNGAN RTB *DOWNSTREAM*

Lantai	Rise Time Budget	Perbandingan	NRZ	Keterangan
Lt 1	0.25	<	0.281	Layak
Lt 2	0.25	<	0.281	Layak
Lt 3	0.25	<	0.281	Layak
Lt 4	0.25	<	0.281	Layak
Lt 5	0.25	<	0.281	Layak
Lt 6	0.25	<	0.281	Layak
Lt 7	0.25	<	0.281	Layak
Lt 8	0.25	<	0.281	Layak
Lt 9	0.25	<	0.281	Layak
Lt 10	0.25	<	0.281	Layak
Lt 11	0.25	<	0.281	Layak
Lt 12	0.25	<	0.281	Layak
Lt 13	0.25	<	0.281	Layak
Lt 14	0.25	<	0.281	Layak
Lt 15	0.25	<	0.281	Layak
Lt 16	0.25	<	0.281	Layak

Berikut rise time budget pada lantai 1 sampai lantai 16 dari hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2. 4) (2. 5) sebagai berikut.

TABEL 4. 4
HASIL PERHITUNGAN RTB *UPSTREAM*

Lantai	Rise Time Budget	Perbandingan	NRZ	Keterangan
Lt 1	0.25	<	0.526	Layak
Lt 2	0.25	<	0.526	Layak
Lt 3	0.25	<	0.526	Layak
Lt 4	0.25	<	0.526	Layak
Lt 5	0.25	<	0.526	Layak
Lt 6	0.25	<	0.526	Layak
Lt 7	0.25	<	0.526	Layak
Lt 8	0.25	<	0.526	Layak
Lt 9	0.25	<	0.526	Layak
Lt 10	0.25	<	0.526	Layak
Lt 11	0.25	<	0.526	Layak

Lt 12	0.25	<	0.526	Layak
Lt 13	0.25	<	0.526	Layak
Lt 14	0.25	<	0.526	Layak
Lt 15	0.25	<	0.526	Layak
Lt 16	0.25	<	0.526	Layak

Adapun analisa dari rise time budget upstream dengan bit rate 1.244 Ghz pada Tabel 4.4 Pada lantai 1 sampai lantai 16 seluruh perancangan memiliki nilai kurang dari nilai batas NRZ sebesar 0.526, sehingga dianggap memiliki performansi jaringan yang baik secara keseluruhan.

3. Bit Error Rate

Bit error rate merupakan salah satu cara agar mengetahui kualitas sinyal yang ditransmisikan melalui sistem komunikasi fiber optik. Perhitungan Bit Error Rate pada perancangan ini didapatkan dari hasil simulasi menggunakan optisystem. Berikut bit error rate arah downstream untuk lantai 1 sampai lantai 16 berdasarkan hasil simulasi menggunakan optisystem.

TABEL 4. 5
HASIL SIMULASI BER *DOWNSTREAM*

Lt	Hasil Simulasi	Perbandingan	Standar Kelayakan	ket
Lt 1	5.6235×10^{-66}	<	10^{-9}	Layak
Lt 2	1.4056×10^{-65}	<	10^{-9}	Layak
Lt 3	5.6233×10^{-94}	<	10^{-9}	Layak
Lt 4	9.0384×10^{-94}	<	10^{-9}	Layak
Lt 5	4.7394×10^{-72}	<	10^{-9}	Layak
Lt 6	1.4873×10^{-77}	<	10^{-9}	Layak
Lt 7	3.1714×10^{-76}	<	10^{-9}	Layak
Lt 8	9.7547×10^{-54}	<	10^{-9}	Layak
Lt 9	1.1103×10^{-67}	<	10^{-9}	Layak
Lt10	9.0130×10^{-52}	<	10^{-9}	Layak
Lt11	3.2806×10^{-74}	<	10^{-9}	Layak
Lt12	1.89336×10^{-58}	<	10^{-9}	Layak
Lt13	3.5961×10^{-75}	<	10^{-9}	Layak
Lt14	4.123×10^{-81}	<	10^{-9}	Layak
Lt15	1.9042×10^{-100}	<	10^{-9}	Layak
Lt16	1.943×10^{-85}	<	10^{-9}	Layak

Adapun analisa dari nilai bit error rate downstream pada Tabel 4.5 pada lantai 1 sampai lantai 16 yang telah dirancang memiliki nilai BER lebih kecil dari 10^{-9} . nilai tersebut telah memenuhi persyaratan nilai minimim BER yang harus didapatkan yaitu 10^{-9} . [10].

TABEL 4. 6
HASIL SIMULASI BER *UPSTREAM*

Lt	Hasil Simulasi	Perbandingan	Standar Kelayakan	ket
Lt 1	0	<	10^{-9}	Layak

Lt 2	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 3	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 4	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 5	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 6	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 7	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 8	0	<	10^{-9}	Layak
Lt 9	0	<	10^{-9}	Layak
Lt10	0	<	10^{-9}	Layak
Lt11	0	<	10^{-9}	Layak
Lt12	0	<	10^{-9}	Layak
Lt13	0	<	10^{-9}	Layak
Lt14	0	<	10^{-9}	Layak
Lt15	0	<	10^{-9}	Layak
Lt16	0	<	10^{-9}	Layak

Adapun analisa dari bit error rate arah upstream pada Tabel 4.6 Pada lantai 1 sampai lantai 16 yang sudah dirancang, seluruh perancangan memiliki nilai lebih kecil dari 10^{-9} . BER yang bernilai 0 dengan kata lain sama sekali tidak ada data yang error pada saat proses pengiriman data berlangsung [10].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perancangan FTTB di Apartemen Taman Melati, menggunakan 3 kabeal distribusi dari ODC ke ODP. Masing-masing kabel tersebut berkapasitas 24 core. Pada perancangan FTTB di Apartemen Taman Melati menggunakan ODP Solid sebanyak 25 ODP, masing-masing ODP memiliki kapasitas yang berbeda-beda.
2. Pada perancangan FTTB di Apartemen Taman Melati, menggunakan splitter 1:8 sebanyak 2 buah dalam 1 ODP. Dan jumlah Core yang masuk dalam ODP ada 2 core. Sehingga 1 ODP dapat melayani 16 pelanggan.
3. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakuakn, pada lantai 1 sampai dengan lantai 16 menggunakan splitter 1:8 sebanyak 2 buah splitter, didapatkan hasil perhitungan daya terima yang memenuhi standar ITU-T G yaitu daya terima tidak lebih dari -28 dBm. sehingga perancangan ini dianggap layak. Nilai rise time budget yang didapatkan pada lantai 1 sampai lantai 16 arah upstream dan downstream sebesar 0.25 ns nilai tersebut kurang dari 0.281 ns dan 0.562 ns untuk pengkodean NRZ.
4. Simulasi optisystem digunakan dalam analisis BER, pada lantai 1 dan 2 didapatkan nilai BER arah downstream sebesar 5.62357×10^{-66} dan 1.4056×10^{-65} . dan arah upstream pada lantai 1 dan 2 nilai BER yang didapatkan sebesar 0. Nilai tersebut memenuhi standar dari BER yaitu lebih kecil dari 10^{-9} .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Dunggio, B. P. Asmara, and S. Abdussamad, "Perancangan Jaringan Distribusi FTTH Menggunakan Teknologi GPON Di Perumahan Griya Dulomo Indah," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 28–33, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i2.10073.
- [2] T. N. Damayanti and H. Putri, "Perbandingan Unjuk Kerja Transmisi Jaringan Fttb Menggunakan Gepon Dan Gpon," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 356–368, 2017, doi: 10.25124/jett.v3i2.304.
- [3] A. Putra, A. Hambali, and B. Pamukti, "Perancangan Fiber To The Building (FTTB) Dengan Teknologi Berbasis GPON di Mall Cihampelas Walk," vol. 5, no. 2, pp. 2238–2246, 2018.
- [4] Johan Susilo, Hafidufin, and M.a Yusuf Latif, "Perancangan Jaringan Fiber To the Home (Ftth) Di Desa Pedan Telkom Klaten Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Untuk Layanan Triple Play," *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 2700–2707, 2018.
- [5] Telkom Indonesia, *PT TELEKOMUNIKASI INDONESIA Tbk. PEDOMAN INSTALASI KABEL DISTRIBUSI JARINGAN FIBER OPTIK TERPADU (I-ODN)*. 2019.
- [6] V. A. Lestari, T. N. Damayanti, and B. Uripno, "Desain Jaringan Fiber Optik Untuk Solusi Cluster Bumi Adipura," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 2421–2429, 2018.
- [7] H. B. Sembiring, T. N. D. S. T, B. Uripno, and S. Stat, "Perancangan Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Untuk Support Smart Building Menggunakan GPON Di Graha POS INDONESIA , Bandung," vol. 4, no. 2, pp. 558–564, 2018.
- [8] R. A. Aprillian, E. Wahyudi, and K. Masykuroh, "Analisis Parameter Bit Error Rate 10 Gbps OFDM-RoF dengan Sistem Mapping 4-QAM," *J. Litek J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 18, no. 2, p. 52, 2021, doi: 10.30811/litek.v18i2.2301.
- [9] N. Harpawi, "Desain Jaringan Fiber Optik Menggunakan Optisystem Untuk Kawasan Kota Pekanbaru," *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 21–30, 2017, doi: 10.35143/elementer.v3i2.183.
- [10] R. A. Aprillian, E. Wahyudi, and K. Masykuroh, "Analisis Parameter Bit Error Rate 10 Gbps OFDM-RoF dengan Sistem

Mapping 4-QAM,” *J. Litek J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 18, no. 2, p. 52, 2021, doi: 10.30811/litek.v18i2.2301.

