

PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME (FTTH)* DENGAN TEKNOLOGI GPON KONFIGURASI STAR DI CLUSTER CEMPAKA DAN CEMARA PERUMAHAN BUMI BUMI ADIPURA

DESIGN OF FIBER TO THE HOME ACCESS NETWORK WITH STAR CONFIGURATION GPON TECHNOLOGY IN THE CEMPAKA AND CEMARA CLUSTER BUMI ADIPURA HOUSING

Rizki Indrawan Tarigan¹, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T.², Hafidudin, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹Rizkiindrawan73@gmail.com, ²damavanti@telkomuniversity.ac.id, ³hafid@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Provider telekomunikasi di Indonesia mulai gencar meningkatkan penetrasi fixed broadband melalui kabel fiber optik dengan teknologi yang dinamakan dengan *passive optical network (PON)*. Tantangan penyediaan fixed broadband ini membutuhkan kecepatan dan juga pembangunan jaringan broadband yang handal untuk meminimalisir biaya dan juga redaman (loss). Hasil perancangan dihasilkan nilai *Power link budget downstream* sebesar -14.652 dan *upstream* -15.825 untuk Cluster Cemara. Nilai *Power link budget downstream* untuk Cluster Cempaka sebesar -14.618 dan *upstream* -15.925 dengan perhitungan manual. Nilai tersebut masih dikatakan layak karena masih diatas -28 dBm. Untuk Perhitungan *rise time budget* tidak melebihi batas minimal 70% NRZ dan *bit error rate* tidak melebihi 10^{-9} .

Kata Kunci: *Fiber to The Home, Loss, Rise time budget, PON, GPON, Passive Splitter*

Abstract

Telecommunication Provider in Indonesia began to increase the penetration of fixed broadband through fiber optic cable with technology called Passive Optical Network (PON). This fixed broadband Tuner challenge requires speed and also development of reliable broadband network to minimize cost and also damping (loss). The results of the design resulted in the budget downstream link Power value of -14,652 and upstream -15,825 for Cluster Cemara. The value of the budget downstream Power link for Cluster Cempaka is -14,618 and upstream -15,925 with manual calculation. The value is still said to be worthy because it is still above -28 dBm. For a budget rise time calculation does not exceed the minimum limit of 70% NRZ and the bit error rate does not exceed 10^{-9} .

Keywords : *Fiber to The Home, Loss, Rise time budget, PON, GPON, Passive Splitter*

1. Pendahuluan

Fiber to The Home adalah jaringan yang terdiri dari perangkat aktif OLT (*Optical Line Termination*) dan ONT (*Optical Network Termination*) yang dihubungkan langsung dengan media *fiber optic* dan perangkat pendukung lainya atau yang biasa disebut ODN (*Optical Distribution Network*) seperti ODC, ODP, *Splitter*, ODF. FTTH ini merupakan teknologi akses jaringan tetap yang sekarang sedang menjadi primadona (*hot*). Hal ini dibuktikan dengan adanya *vendor-vendor* asing yang masuk ke indonesia baik dari China, Jepang dan Korea ditambah juga dengan semakin banyaknya layanan yang membutuhkan jaringan pita lebar.

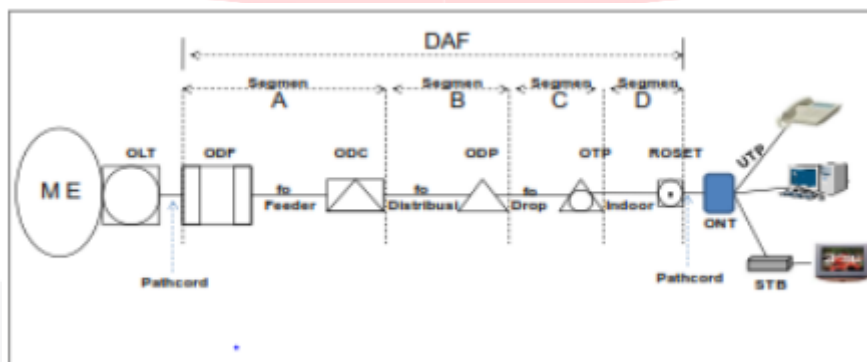
Penelitian sebelumnya telah dibuat perancangan jaringan akses FTTH di perumahan Bumi Adipura Cluster Cempaka. Pada perancangan tersebut perancangan dilakukan dari STO Cijawura hingga ke rumah pelanggan. Namun, pada Proyek Akhir ini dilakukan perancangan STO Cijawura ke rumah pelanggan menggunakan konfigurasi Star yang dimana pada perancangan ini menggunakan 3 ODC.

Penelitian ini akan membahas tentang perancangan jaringan *Fiber to The Home (FTTH)* menggunakan konfigurasi star beserta Infrastruktur yang akan digunakan. Pada penelitian ini akan menganalisis jaringan dari OLT (*Central Office*) hingga ke pelanggan menggunakan konfigurasi star di Cluster Cempaka dan Cemara perumahan Bumi Adipura yang meliputi *Power Link Budget, Rise Time Budget, Bill Of Quantity*, dan *Bit Error Rate (BER)*.

2. Dasar Teori

2.1 FTTH (Fiber to The Home)

Fiber to The Home (FTTH) adalah suatu format isyarat optik dari pusat penyedia (provider) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai medium penghantaran. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan kabel konvensional. Dan juga didorong oleh keinginan untuk mendapatkan layanan yang dikenal dengan istilah *Triple Play Services* yaitu layanan akan akses internet yang cepat, suara (jaringan telepon, PSTN) dan video (TV Kabel) dalam satu infrastruktur pada unit pelanggan[9].



Gambar 2. 1 Arsitektur FTTH[9].

2.2 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Gigabit Passive Optical Network merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEAPON (*Gigabit Ethernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi Ethernet. GPON memiliki dominasi pasar yang lebih tinggi dan *roll out* lebih cepat dibanding GEAPON. Yang menjadi ciri khas dari teknologi ini dibanding teknologi optik lainnya adalah teknik distribusi dilakukan secara pasif. Dari sentral ke pelanggan akan didistribusikan menggunakan passive splitter (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32)[3].

Tabel 2. 1 Standarisasi GPON[3].

Karakteristik	GPON
Standarisasi	ITU-T G.984
Frame	ATM / GEM
Speed Upstream	1.2 G / 1.2 Gbps
Speed Downstream	1.2 G / 2.4 Gbps
Layanan	Data, suara, video
Jarak Transmisi	10 Km / 20 Km
Maksimum Jumlah Cabang	64
Wavelength Upstream	1310 nm
Wavelength Downstream	1490 nm
Splitter	Passive

2.3 Performasi Sistem

2.3.1 Power Link Budget

Power Link Budget adalah perhitungan daya yang dilakukan pada suatu system transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran (rugi-rugi), sumber optik dan sensitivitas detector. Daya

optik yang diterima tergantung pada jumlah cahaya yang di kopel kedalam serat optik & redaman yang terjadi selama cahaya berada di serat, konektor dan splices. *Power Link Budget* dihitung sebagai syarat agar link yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Perhitungan Link Budget ini sangat penting dalam suatu perancangan jaringan karena dengan Link Budget ini kita dapat mengetahui seberapa besar daya yang dipancarkan oleh pemancar agar dapat diterima dengan baik di sisi penerima.

Untuk menghitung *Power Link Budget* dapat dihitung dengan rumus total redaman sebagai berikut :

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (1)$$

Keterangan :

α_{tot}	= Redaman total sistem (dB)	L	= Panjang serat optik (Km)
α_{serat}	= Redaman serat optik (dB/Km)	N_c	= Jumlah Konektor
α_c	= Redaman Konektor	N_s	= Jumlah Sambungan
S_p	= Splitter		

Setelah diketahui nilai dari redaman total jalur dari sentral hingga ke pelanggan selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai daya yang diterima di ONT sebagai berikut :

$$Pr_x = P_t - \alpha_{tot} - SM \quad (2)$$

Keterangan :

Pr_x	= Daya terima, Sensitivitas penerima (dB)	α_{tot}	= Redaman total sistem (dB)
P_t	= Power Transmit	SM	= Safety Margin, berkisar 6-8 dB

Setelah melakukan perhitungan nilai daya yang diterima oleh ONT lakukan perhitungan Margin Daya yang diterima oleh ONT sebagai berikut :

$$M = (P_t - Pr_{(sensitivitas)}) - \alpha_{tot} - SM \quad (3)$$

Keterangan :

P_t	= Power Transmit	$Pr_{(sensitivitas)}$	= Sensitivitas daya detektor
SM	= Safety Margin, berkisar 6-8 dB	α_{tot}	= Redaman total

2.3.2 Rise Time Budget

Rise Time Budget adalah metode untuk menentukan batasan *dispersi* suatu link serat optic. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik pada *bit rate* yang diinginkan. Konsep *rise time* digunakan untuk mengalokasikan bandwidth antar komponen. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link digital* tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (*non-return-to-zero*) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (*return-to-zero*).

Untuk menghitung nilai *Rise Time Budget* dapat dihitung dengan rumus :

$$T_{total} = \sqrt{T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2} \quad (4)$$

Keterangan :

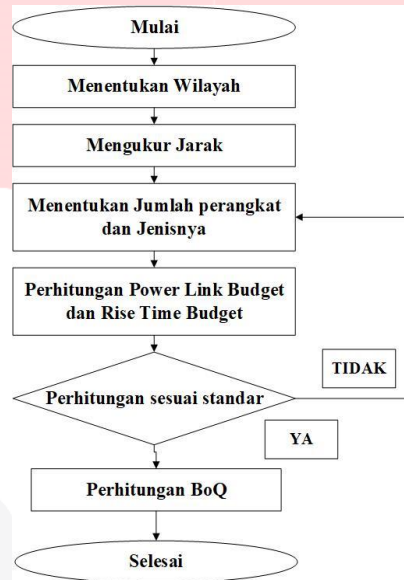
T_{tx}	= Rise time Transmitter	T_{mat}	= $\Delta\sigma \times L \times D_m$
$T_{intermodal}$	= 0 (untuk single mode)	T_{rx}	= Rise time Receiver
$\Delta\sigma$	= Lebar spektral	L	= Panjang serat optik
D_m	= Dispersi Material		

2.3.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate merupakan jumlah kesalahan *bit* yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. BER untuk sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} adalah terdapat kemungkinan 1 bit yang error dari 10^9 data yang dikirimkan dalam 1 kali proses transmisi. Semakin kecil nilai *Bit Error Rate* maka semakin baik kondisi suatu jaringan telekomunikasi.

3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Alir Pengerjaan



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan

3.2 Perhitungan Manual

Perhitungan manual akan dilakukan pada perhitungan *Power Link Budget* , *Rise Time Budget* dimana perhitungannya sebagai berikut :

3.2.1 Power Link Budget (PLB)

Downstream Cluster Cemara :

- Redaman dari OLT – ODC Cijawura

$$\begin{aligned} \alpha_{OLT - ODC} &= L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\ &= (1.3 \cdot 0.28) + (1 \cdot 0.2) + (0 \cdot 0.05) + (0) \\ &= 0.364 + 0.2 + 0 + 0 \\ &= 0.564 \text{ dB} \end{aligned}$$
- Redaman dari ODC Cijawura – ODC Adipura

$$\begin{aligned} \alpha_{ODC \text{ Cijawura} - ODC \text{ Adipura}} &= L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\ &= (1.8 \cdot 0.28) + (4 \cdot 0.2) + (4 \cdot 0.05) + (1.22 \cdot 2) \\ &= 0.504 + 0.8 + 0.2 + 2.44 \\ &= 3.944 \text{ dB} \end{aligned}$$
- Redaman dari ODC Adipura – ODC Cluster

$$\begin{aligned} \alpha_{ODC \text{ Adipura} - ODC \text{ Cluster Cemara}} &= L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\ &= (1 \cdot 0.28) + (4 \cdot 0.2) + (4 \cdot 0.05) + (1.22 \cdot 2) \\ &= 0.28 + 0.8 + 0.2 + 2.44 \\ &= 3.72 \text{ dB} \end{aligned}$$
- Redaman dari ODC Cluster Cemara – ODP

$$\begin{aligned} \alpha_{ODC \text{ Cluster Cemara} - ODP} &= L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\ &= (0.05 \cdot 0.28) + (4 \cdot 0.2) + (4 \cdot 0.05) + (1.22+1.33) \\ &= 0.014 + 0.8 + 0.2 + 2.55 \\ &= 3.564 \text{ dB} \end{aligned}$$

Redaman total OLT hingga ke pelanggan :

$$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{total}} &= \alpha_{\text{OLT-ODC}} + \alpha_{\text{ODC Cijawura-ODC Adipura}} + \alpha_{\text{ODC Adipura-ODC Cluster Cemara}} + \alpha_{\text{ODC Cluster Cemara-ODP}} \\
 &= 0.564 + 3.944 + 3.72 + 3.564 \\
 &= 11.792 \text{ dB} \\
 \text{Prx} &= \text{Pt} - \alpha_{\text{tot}} - \text{SM} \\
 &= 3.23 - 11.792 - 6 \\
 &= -14.562 \text{ dB} \\
 \text{M} &= (\text{Pt} - \text{Pr}_{(\text{Sensitivitas})}) - \alpha_{\text{tot}} - \text{SM} \\
 &= (3.23 - (-28)) - 11.792 - 6 \text{ dB} \\
 &= (3.23 + 28) - 11.792 - 6 \text{ dB} \\
 &= 31.23 - 11.792 - 6 \text{ dB} \\
 &= 13.438 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Upstream Cluster Cemara :

- a) Redaman dari OLT – ODC Cijawura
- $$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{OLT-ODC}} &= L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\
 &= (1.3 \cdot 0.35) + (1 \cdot 0.2) + (0 \cdot 0.05) + (0) \\
 &= 0.455 + 0.2 + 0 + 0 \\
 &= 0.655 \text{ dB}
 \end{aligned}$$
- b) Redaman dari ODC Cijawura – ODC Adipura
- $$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{ODC Cijawura-ODC Adipura}} &= L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\
 &= (1.8 \cdot 0.35) + (4 \cdot 0.2) + (4 \cdot 0.05) + (1.22 \cdot 2) \\
 &= 0.63 + 0.8 + 0.2 + 2.44 \\
 &= 4.07 \text{ dB}
 \end{aligned}$$
- c) Redaman dari ODC Adipura – ODC Cluster Cemara
- $$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{ODC Adipura-ODC Cluster Cemara}} &= L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\
 &= (1 \cdot 0.35) + (4 \cdot 0.2) + (4 \cdot 0.05) + (1.22 \cdot 2) \\
 &= 0.35 + 0.8 + 0.2 + 2.44 \\
 &= 3.79 \text{ dB}
 \end{aligned}$$
- d) Redaman dari ODC Cluster Cemara – ODP
- $$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{ODC Cluster Cemara-ODP}} &= L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \\
 &= (0.05 \cdot 0.35) + (4 \cdot 0.2) + (4 \cdot 0.05) + (1.22 + 1.33) \\
 &= 0.0175 + 0.8 + 0.2 + 2.55 \\
 &= 3.5675 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Redaman total OLT hingga ke pelanggan :

$$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{total}} &= \alpha_{\text{OLT-ODC}} + \alpha_{\text{ODC Cijawura-ODC Adipura}} + \alpha_{\text{ODC Adipura-ODC Cluster Cemara}} + \alpha_{\text{ODC Cluster Cemara-ODP}} \\
 &= 0.655 + 4.07 + 3.79 + 3.5675 \\
 &= 12.0825 \text{ dB} \\
 \text{Prx} &= \text{Pt} - \alpha_{\text{tot}} - \text{SM} \\
 &= 2.2 - 12.0825 - 6 \\
 &= -15.8825 \\
 \text{M} &= (\text{Pt} - \text{Pr}_{(\text{Sensitivitas})}) - \alpha_{\text{tot}} - \text{SM}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (2.2 - (-28)) - 12.0825 - 6 \text{ dB} \\
 &= (2.2 + 28) - 12.0825 - 6 \text{ dB} \\
 &= 30.2 - 12.0825 - 6 \text{ dB} \\
 &= 12.1175 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

3.2.2 Rise Time Budget (RTB)

Downlink Cluster Cemara

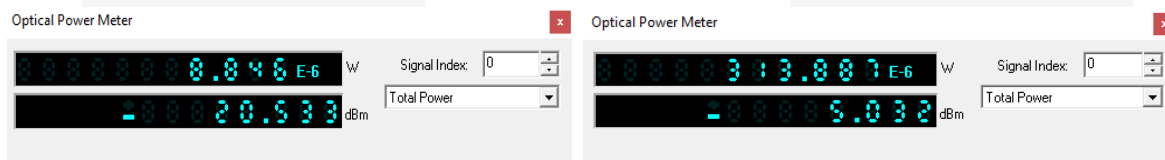
$$\begin{aligned}
 T_{total} &= \sqrt{T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2} \\
 &= \sqrt{(0.15)^2 + (0.056606)^2 + (0)^2 + (0.2)^2} \\
 &= \sqrt{(0.0225) + (0.003204) + (0) + (0.04)} \\
 &= \sqrt{0.065704} \\
 &= 0.2563 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Uplink Cluster Cemara

$$\begin{aligned}
 T_{total} &= \sqrt{T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2} \\
 &= \sqrt{(0.2)^2 + (0.01477)^2 + (0)^2 + (0.15)^2} \\
 &= \sqrt{(0.04) + (0.0002181) + (0) + (0.0225)} \\
 &= \sqrt{0.0627181} \\
 &= 0.25043 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

3.3 Simulasi

Pada perancangan kali ini menggunakan *Optisystem* untuk mendapatkan hasil *Power Link Budget* (PLB) simulasi untuk Cluster Cemara, pada aplikasi *Optisystem* nantinya akan didapatkan hasil simulasi yang hampir menyerupai pemasangan perangkat aslinya.



(a)

(b)

Gambar 3. 2 (a) Daya Terima Downstream, (b) Daya Terima Upstream

4. Analisa

4.1 Analisa Power Link Budget

Berdasarkan perhitungan manual dan perhitungan dari *OptiSystem*, hasil perhitungan manual untuk power link budget adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Perhitungan Manual dan Optisystem Downstream

<i>Power Link Budget Downstream</i>		Nilai	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Downstream 2.4 Gbps	Perhitungan	-14.562 dBm	>	-28 dBm	Layak
	Optisystem	-20.533 dBm	>	-28 dBm	Layak

Tabel 4. 2 Perhitungan Manual dan Optisystem Upstream

<i>Power Link Budget Upstream</i>		Nilai	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Upstream 1.2 Gbps	Perhitungan	-15.825 dBm	>	-28 dBm	Layak
	Optisystem	-5.032 dBm	>	-28 dBm	Layak

4.2 Analisa Rise Time Budget

Tabel 4. 3 Rise Time Budget Downstream

<i>Rise Time Budget Downstream</i>		Nilai	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Downstream 2.4 Gbps	Cluster Cemara	0.2563 ns	<	0.2917 ns	Layak
	Cluster Cempaka	0.2569 ns	<	0.2917 ns	Layak

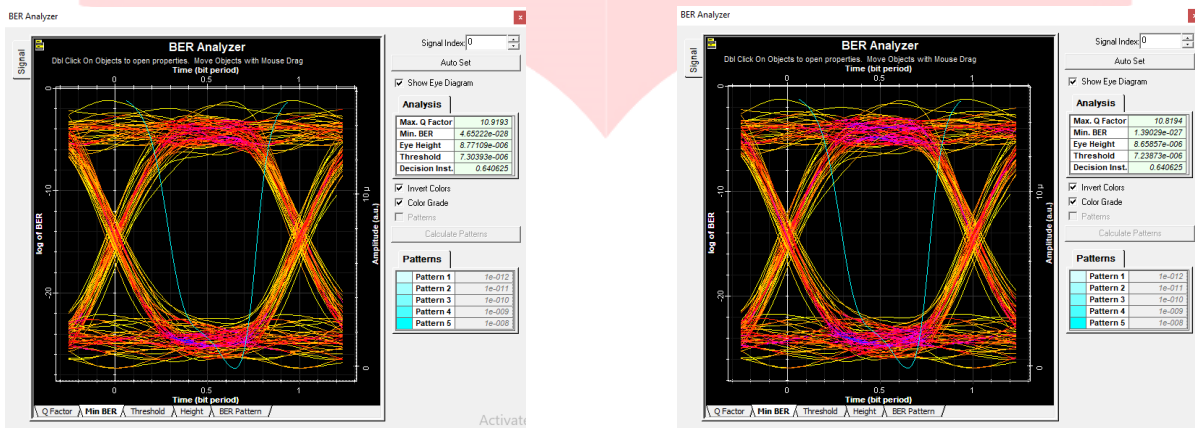
Tabel 4. 4 Rise Time Budget Upstream

<i>Rise Time Budget Upstream</i>		Nilai	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Upstream 1.2 Gbps	Cluster Cemara	0.25043 ns	<	0.5833 ns	Layak
	Cluster Cempaka	0.25047 ns	<	0.5833 ns	Layak

4.3 Analisa Bit Error Rate

Tabel 4. 5 Tabel Bit Error Rate

Bit Error Rate Downstream		Nilai	Perbandingan	Standar Kelayakan	Keterangan
Downstream 2.4 Gbps	Cluster Cemara	4.652×10^{-28}	<	10^{-9}	Layak
	Cluster Cempaka	1.390×10^{-27}	<	10^{-9}	Layak



(a)

(b)

Gambar 4. 1 (a) Downstream Cluster Cemara, (b) Downstream Cluster Cempaka

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi sistem dapat disimpulkan bahwa :

- a) Nilai *power link budget downstream* untuk link terjauh berdasarkan nilai dari simulasi menggunakan *Optisystem* adalah -20.533 dBm untuk Cluster Cemara dan -20.569 dBm untuk Cluster Cempaka dan hasil dari perhitungan manual diperoleh -14.562 dBm untuk Cluster Cemara dan -14.618 dBm untuk Cluster Cempaka. Sedangkan batas minimal kelayakan dari *power link budget* yang ditetapkan oleh PT Telkom adalah -28 dBm. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa *power link budget downstream* dari perancangan jaringan FTTH layak untuk digunakan.
- b) Batas nilai *rise time budget* untuk NRZ (*non-return-to-zero*) adalah tidak melebihi 70% atau 0.2917 ns untuk *bit rate downstream* (2.4 GHz) dan 0.5833 ns untuk *bit rate upstream* (1.2 GHz). Sedangkan nilai *rise time budget* dari jarak terjauh pada perancangan proyek akhir ini diperoleh nilai 0.2563 ns untuk Cluster Cemara dan 0.2569 untuk Cluster Cempaka untuk konfigurasi *downstream*. Sedangkan untuk konfigurasi *Upstream* diperoleh nilai 0.25043 untuk Cluster Cemara dan 0.25047 untuk Cluster Cempaka. Nilai tersebut tidak melebihi dari 70% batas dari nilai *Rise Time Budget* NRZ. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan pada Proyek Akhir ini sudah layak ditinjau dari Parameter *Rise Time Budget*.

Daftar Pustaka

- [1] O. Nur and T. Yuwana, "*PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI GPON DI KECAMATAN CIBEKER*" mencapai derajat Sarjana S1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta," 2017.
- [2] A. Hambali and I. Mt, "*PERANCANGAN DESAIN FIBER TO THE TOWER (FTTT) UNTUK KOMUNIKASI BROADCAST SEBAGAI BACKHAUL JARINGAN PARIZ VAN JAVA TV BANDUNG DESIGN FIBER TO THE TOWER (FTTT) FOR BROADCAST COMMUNICATION AS A NETWORK BACKHAUL OF PARIZ VAN JAVA TV BANDUNG,*" vol. 4, no. 1, pp. 154–164, 2017.
- [3] T. N. Damayanti and H. Putri, "*PERFORMANCE COMPARISON OF TRANSMISSION,*" pp. 356–368, 2016.
- [4] A. Liana *et al.*, "*PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK DI GARDEN VILLAS RESIDENCE BANDUNG DESIGN OF FIBER TO THE HOME ACCESS NETWORK USING GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK TECHNOLOGY AT GARDEN VILLAS RESIDENCE BANDUNG,*" vol. 2, no. 3, pp. 1397–1404, 2016.
- [5] U. M. Buana and U. M. Buana, "*Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana PERANCANGAN JARINGAN FTTH KONFIGURASI BUS DUAL STAGE PASSIVE SPLITTER UNDERGROUND ACCESS DI CLUSTER MISSISIPI , JAKARTA GARDEN CITY*" Alven Delano Program Studi Teknik Elektro Dian Widi Astuti Program Studi Teknik Elektro ISSN : 2086 - 9479," vol. 8, no. 3, pp. 222–233, 2017.
- [6] B. H. Prabowo, "*PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DI PERUMAHAN TAMAN KOPO INDAH 5 BANDUNG PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DI PERUMAHAN TAMAN KOPO INDAH 5 BANDUNG,*" no. December, 2015.
- [7] PT Telkom Akses, "*Modul Overview, Design and Survey,*"2012
- [8] R. Sipil, "*KAJIAN QUANTITY SURVEYOR PADA TAHAP PRE CONTRACT DAN POST CONTRACT STUDY KASUS PROYEK AD-PREMIER OFFICE – JAKARTA Mawardi Amin 1 , Agus Susanto 2 .,*" vol. 4, no. 1, pp. 27–38, 2015.
- [9] Telkom Akses. (n.d.). Modul 3 Overview Jaringan FTTX. PT. Telkom Akses