



JURNAL ELEKTROKRISNA

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

Vol. 6. No. 3 Juni 2018

ISSN : 2302-4712

Perencanaan Dan Simulasi Sistem Plts Off-Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik Unkris

Oleh : Abdul Kodir Al Bahar, Achmad Teguh Maulana

Analisa System Power Back Up Data Centre Di Menara BCA Jakarta

Oleh : Triongko Priyono, Aries Darmawan

Analisa Koordinasi Relai Proteksi 6 kV Dan 400 V Di PLTU Banten 1 Suralaya

Oleh : Ujang Wiharja, Ilham Ilahiya

Analisis Jaringan Ftth (Fiber To The Home) Dengan Teknologi Gpon Di Perumahan Pekayon Indah, Oleh : Slamet Purwo, Rhines Wina Meylian

Perancangan Sistem Pencahayaan Hemat Energi Dengan Pemanfaatan Cahaya Alami Pada Rumah Sederhana, Oleh : Lukman Aditya, Akhmad Bukhori

Analisa Peformansi Jaringan Vsat Brisat Berdasarkan Delay, Packet Loss & Service Level, Oleh : Teten Dian Hakim, Ahmad Dimiyati

Pola Distribusi Pencahayaan Lamp Controller Philips Hue Go Menggunakan Smartphone Dengan Dialux Evo 7.1 Untuk Rumah Tinggal

Oleh : Juara Mangapul T, Albert Gifson H

Perancangan Alat Ukur Temperatur Jarak Jauh Menggunakan Jalur 2.4 GHz

Oleh : Dwi Priyokusumo

Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 Untuk Meningkatkan Gain Untuk Aplikasi LTE Pada Frekuensi 2300 MHz

Oleh : Syah Alam, Robby Fajar Nugroho

Penerbit

Universitas Krisnadwipayana

(Dikelola Oleh Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro)

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Dr. Ir. Ayub Muktiono, MSiP
(Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana)

Penasehat

Dr. Ir. Samuel Th Salean. MSi
(P2M FT. Universitas Krisnadwipayana)

Pemimpin Redaksi

Dr. Zefri, MSi

Tim Redaksi

Ir. Teten Dian Hakim, MT
Slamet Purwo Santosa, ST.MT
Ir. Nurmiati Pasra, MT (Dosen STT-PLN)
Syah Alam (UTA 45 JKT)

Penyunting Ahli

Sri Hartanto, ST. MT
Dr. Ir. Suwanda, MT
Dr. Ir. Achmad Rofi'i MT (Dosen UTA45 Jkt)

Kesekretariatan

Dwi Octaviana, S.Sos

ALAMAT PENERBIT

Universitas Krisnadwipayana
Jl. Kampus UNKRIS Jatiwaringin, Jakarta 13077
Gedung G (Fakultas Teknik) Lantai 2 Ruang Sekretariat Jurusan Teknik Elektro
Telepon : 021-84998529
E-Mail : elektrounkrisna@yahoo.com

DAFTAR ISI

Sampul Depan.....	i	
Susunan Dewan Redaksi.....	ii	
Alamat Penerbit.....	ii	
Pengantar Redaksi.....	iii	
Ketentuan Penulisan.....	iv	
Daftar Isi.....	v	
I. Perencanaan Dan Simulasi Sistem Plts Off-Grid Untuk Penerangan Gedung		
Fakultas Teknik Unkris		
Oleh : Abdul Kodir Al Bahar ¹ , Achmad Teguh Maulana ²	97 - 107	
II. Analisa System Power Back Up Data Centre Di Menara BCA Jakarta		
Oleh : Triongko Priyono ¹ , Aries Darmawan ²	108 - 113	
III. Analisa Koordinasi Relai Proteksi 6 kV Dan 400 V Di PLTU Banten 1 Suralaya		
Oleh : Ujang Wiharja ¹ , Ilham Ilahiya ²	114 - 121	
IV. Analisa Analisis Jaringan Ftth (Fiber To The Home) Dengan Teknologi		
Gpon Di Perumahan Pekayon Indah		
Oleh : Slamet Purwo ¹ , Rhines Wina Meyliani ²	122 - 130	
V. Perancangan Sistem Pencahayaan Hemat Energi Dengan Pemanfaatan Cahaya		
Alami Pada Rumah Sederhana		
Oleh : Lukman Aditya ¹ , Akhmad Bukhori ²	131 - 138	
VI. Analisa Peformansi Jaringan Vsat Brisat Berdasarkan Delay, Packet Loss		
& Service Level		
Oleh : : Teten Dian Hakim1, Ahmad Dimiyati2	139 - 145	
VII. Pola Distribusi Pencahayaan Lamp Controller Philips Hue Go		
Menggunakan Smartphone Dengan Dialux Evo 7.1 Untuk Rumah Tinggal		
Oleh : : Juara Mangapul T ¹ , Albert Gifson H ² (STT-PLN)	146 - 158	
VIII. Analisa Perancangan Alat Ukur Temperatur Jarak Jauh Menggunakan Jalur		
2.4 GHz, Oleh : Dwi Priyokusumo (STTJ-JKT)		159 - 166
IX. Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 Untuk Meningkatkan Gain Untuk		
Aplikasi LTE Pada Frekuensi 2300 MHz		
Oleh : Syah Alam ¹ , Robby Fajar Nugroho ² (UTA-45 JKT & AkaTel SP) ..	167 - 179	

ANALISIS JARINGAN FTTH (*FIBER TO THE HOME*) DENGAN TEKNOLOGI GPON DI PERUMAHAN PEKAYON INDAH

Slamet Purwo¹, Rhines Wina Meyliani²
Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
slametpurwo@unkris.ac.id, rhineswm@gmail.com

Abstrak - Jaringan serat optik adalah salah satu jaringan kabel dengan media transmisi yang memiliki kelebihan seperti *bit rate* tinggi, rugi-rugi transmisi rendah, dan kebal terhadap interferensi elektromagnetik, sehingga serat optik dapat menjadi sistem komunikasi jarak jauh yang handal. Jaringan yang mampu memberikan performansi terbaik saat ini adalah jaringan *Fiber To The Home* (FTTH). FTTH merupakan salah satu infrastruktur jaringan yang akan dikembangkan di seluruh wilayah Indonesia. FTTH (*Fiber To The Home*) ini akan diintegrasikan dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). Analisis power budget ini sangat penting dilakukan secara berkala untuk menilai dan mengevaluasi kelayakan suatu jaringan komunikasi optik.

Abstract - *Fiber optic network is one of the cable network with transmission which has advantages such as high bit rate, low transmission loss, and immune to electromagnetic interference, so fiber optic can be a reliable remote communication system. Now, a network that provided the best performances is Fiber To The Home (FTTH). FTTH is one of the network infrastructure that will be developed all country of Indonesia. FTTH (Fiber To The Home) will be integrated with Gigabit Passive Optical Network (GPON) technology. Power budget analysis is important thing that must be done on periodically to assess and evaluate the feasibility of an optical communication network.*

Keywords : Fiber Optic, FTTH, GPON, Power Link Budget, Rise Time Budget

I. PENDAHULUAN

Selama ini serat optik hanya dipakai untuk transmisi antar sentral, sebagai jaringan *backbone*, dan digunakan untuk komunikasi jarak jauh. Lalu mulai dikembangkanlah suatu jaringan lokal bahkan sampai ke terminal pelanggan dengan media serat optik. *Fiber To The Home* menggunakan koneksi Internet *broadband* yang memakai kabel serat optik untuk pengguna personal atau rumahan. Seperti yang sudah diketahui,

sistem berbasis optik dapat menghantarkan beragam informasi digital, seperti suara, video, data, dan sebagainya secara lebih efektif. Jika dibandingkan dengan kabel tembaga yang bisa mengangkut data sampai 1,5 Mbps untuk jarak dekat (kurang dari 2,5 km), kabel serat optik bisa mengangkut data hingga 2,5 Gbps untuk jarak yang lebih jauh (200 km) artinya dengan jarak 80 kali lebih panjang, kabel serat optik mampu mengangkut data lebih dari 1.500 kali kemampuan kabel tembaga.

II. DASAR TEORI

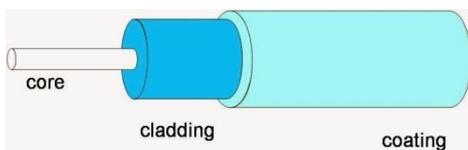
1. Serat Optik

Serat optik adalah suatu dielektrik *waveguide* yang beroperasi pada frekuensi optik atau cahaya. Serat optik berbentuk silinder dan menyalurkan energi gelombang elektromagnetik dalam bentuk cahaya di dalam permukaannya dan mengarahkan cahaya pada sumbu axisnya. Hal-hal yang mempengaruhi transmisi dengan *waveguide* ditentukan oleh karakteristik bahannya, yang merupakan faktor penting dalam penyaluran suatu sinyal sepanjang serat optik. Pada saat ini, untuk mengatasi keterbatasan kapasitas kabel tembaga, maka pembangunan junction menggunakan kabel serat optik jenis single mode. Ada dua tipe kabel serat optik, yaitu :

- a. *Loose Tube* (Pipa Longgar)
- b. *Slot* (Alur)

Struktur serat optik biasanya terdiri atas 3 bagian yang dapat dilihat pada Gambar 1, yaitu :

- a. *Inti Core*
- b. *Cladding*
- c. *Coating*

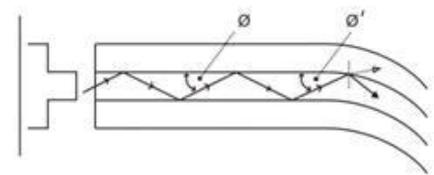


Gambar 1. Struktur Serat Optik

2. Rugi – Rugi Daya Serat Optik

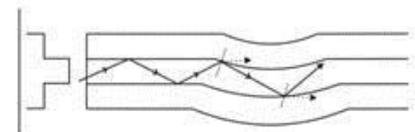
a. *Bending Losses* : Rugi-rugi ini terjadi pada saat sinar melalui serat optik yang dilengkungkan, dimana sudut datang sinar lebih kecil dari pada sudut kritis sehingga

sinar tidak dipantulkan sempurna tapi dibiaskan.



Gambar 2. Rugi-rugi karena *Bending*

b. *Microbending Losses* : Rugi-rugi ini termasuk sebagai akibat adanya permukaan yang tidak rata (dalam orde mikro) sebagai akibat proses perbaikan bahan yang kurang sempurna.



Gambar 3. Rugi-rugi karena *microbending*

c. *Splicing Losses* : Rugi-rugi ini timbul karena adanya gap antara dua serat optik yang disambung. Hal ini terjadi karena dimensi serat optik yang demikian kecil sehingga penyambungan menjadi tidak tepat sehingga sinar dari bahan serat optik ke serat optik lainnya tidak dapat dirambatkan seluruhnya.

d. *Coupling Losses* : Rugi-rugi ini timbul karena pada saat serat optik dikopel/disambungkan dengan sumber cahaya atau photo detektor.

Keuntungan serat optik adalah :

- a. *Bandwidth* lebar dan kapasitas besar, dalam komunikasi serat optik,

cahaya sebagai *carrier* menggunakan frekuensi dalam daerah 10^{13} - 10^{16} Hz, yang pada dasarnya adalah cahaya inframerah.

- b. Ukuran dan berat serat optik kecil dan ringan
- c. Isolator listrik
- d. Immun terhadap interferensi
- e. *Loss* rendah, atenuasi atau *loss* transmisi dari serat optik jauh lebih rendah dan telah diproduksi serat dengan *loss* 0.2 dB/km pada panjang gelombang 1,6 μm .
- f. Keamanan sinyal
- g. Harga cenderung murah
- h. Redaman sangat rendah
- i. Kebal terhadap gangguan gelombang elektromagnet

Kekurangan serat optik adalah :

- a. Perangkat sambung dan terminasi lebih mahal
- b. Perbaikan dan pemeliharaan relatif lebih sulit
- c. Perlu adanya catuan listrik dari luar
- d. Perangkat sambung relatif lebih sulit
- e. Rentan terhadap tekanan mekanis
- f. Radiasi sinar infra merahnya dapat membahayakan mata
- g. Konstruksi serat optik lemah
- h. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan.
- i. Tidak dapat dialiri arus listrik

3. FTTH (Fiber To The Home)

FTTH merupakan suatu konsep jaringan menggunakan kabel serat optik sebagai penghantar sinyal cahaya yang dikirim dari pusat penyedia (provider) ke kawasan

pengguna. FTTH ini dapat menghemat biaya dan mampu mengurangi biaya operasi dan memberikan layanan yang lebih baik lagi kepada pelanggan. Biasanya jarak antara pusat layanan dengan pelanggan dapat berkisar 20 Km.

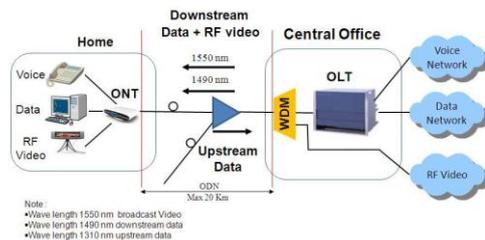
Keunggulan FTTH adalah :

- a. FTTH menyediakan kepada customer dengan range yang lebar untuk komunikasi dan servis hiburan, serta aktivasi yang lebih cepat
- b. Penyebaran kabel FO langsung kepada tiap tiap pengguna. Dan kapasitas bandwidth yang dapat di tampung lebih besar dan lebih maksimal untuk permintaan servis dikemudian hari
- c. FTTH menawarkan *multiplay service* yaitu Internet, voice, dan TV
- d. FTTH memiliki desain arsitektur jaringan yang fleksibel yang dapat digunakan untuk mengakomodasi inobasi yang akan datang
- e. Minimalnya penyebaran gangguan yang mungkin terjadi sehingga menguatkan pemasukan dari pemilik jaringan dan bermanfaat bagi pelanggan FTTH

4. GPON (*Gigabit Passive Optical Network*)

GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik. Prinsip kerja dari GPON, ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada

bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONU, untuk ONU sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan pelanggan. Pada prinsipnya, PON adalah sistem *point to multipoint*, yang menggunakan *splitter* sebagai pembagi jaringannya. Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (Time Division *Multiplexing*). Pada Tabel 1 ini dapat di lihat standarisasi yang telah di muat oleh ITU-T berdasarkan kegunaannya. Dan berikut ini adalah gambar konfigurasi GPON yang dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi GPON

Adapun beberapa keunggulan yang dimiliki oleh teknologi GPON adalah:

- a. Mendukung aplikasi *triple play* (suara, data, dan video) pada layanan FTTx yang dilakukan melalui satu *core* serat optik.
- b. Dapat membagi *bandwidth* sampai 32 ONT.
- c. GPON mengurangi penggunaan banyak kabel dan peralatan pada kantor pusat bila dibandingkan dengan arsitektur *point to point*. Hanya satu port optik di

central office (menggantikan *multiple port*).

- d. Alokasi *bandwidth* dapat diatur.
- e. Biaya *maintenance* yang murah karena menggunakan komponen pasif.
- f. Transparan terhadap laju bit dan format data.
- g. GPON dapat secara fleksibel mentransferkan informasi dengan laju bit dan format yang berbeda karena setiap laju bit dan format data ditransmisikan melalui panjang gelombang yang berbeda. Laju bit 1.244 Gbit/s untuk *upstream* dan 2.44 Gbit/s untuk *downstream*.
- h. Biaya pemasangan, pemeliharaan dan pengembangan lebih efisien. Hal ini dikarenakan arsitektur jaringan GPON lebih sederhana dari pada arsitektur jaringan serat optik konvensional.

Sedangkan kekurangan yang dimiliki GPON, antara lain:

- a. Model *layering* yang kompleks
- b. Lebih mahal dibandingkan GPON
- c. *Transceiver* pada laju 2.4 Gbps saat ini mahal
- d. *Bandwidth upstream* terbatas pada hingga 622 Mbps saat ini

5. Komponen GPON

GPON terdiri dari beberapa komponen pasif sebagai berikut :

- a. OLT (*Optical Line Terminal*) : OLT sebagai daerah pusat dari system jaringan. OLT

- mempunyai fungsi untuk melakukan konversi dari sinyal elektrik menjadi optik.
- b. ODN (*Optical Distribution Network*) : jaringan optik antara perangkat OLT sampai perangkat ODN. Letak dari ODN ini adalah terletak di rumah kabel. ODN menyediakan sarana transmisi optik dari OLT terhadap pengguna dan sebaliknya. Transmisi ini menggunakan komponen optik pasif.
 - c. ONT (*Optical Network Termination*) : berada di sisi pelanggan dari sistem jaringan. Optimate 1000NT (ONT) mempunyai tugas utama yaitu dipergunakan untuk mentransmisikan suara, data dan video yang melewati jaringan Gigabit-capable Passive Optikal Network (GPON) kepada para pelanggan dan OLT

6. Triple Play Service

Triple Play Service adalah layanan *Voice*, *Video* dan *Data* yang disebarkan melalui jaringan *broadband*. *Triple Play Service* memberikan kemampuan bagi user untuk melakukan komunikasi menggunakan tiga layanan tersebut secara bersamaan. *Triple Play Service* dapat dibangun pada berbagi platform dan sistem yang memiliki kapasitas yang mencukupi. Implementasi yang paling mudah adalah pada jaringan berbasis *IP (Internet Protocol)* yang mendukung pengembangan yang lebih luas dibandingkan dengan jaringan yang lain.

7. Link Power Budget

Link Power Budget merupakan perhitungan daya yang dilakukan pada suatu sistem transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran redaman serat optik, sumber optik dan sensitivitas detector. Perhitungan daya penerima di formulasikan dengan persamaan berikut :

- a. Loss Fiber (L_f)

$$L_f = L \times \alpha_f \quad (2.1)$$

- b. Loss Splice (L_s)

$$L_s = N_s \times \alpha_s \quad (2.2)$$

- c. Loss Connector (L_c)

$$L_c = N_c \times \alpha_c \quad (2.2)$$

$$\alpha_{total} = \alpha_f + \alpha_s + \alpha_c + \alpha_{sp} \quad (2.3)$$

Perhitungan *Link Power Budget* :

$$P_r = P_t - \alpha_{total} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- P_t : Daya Transmit (dBm)
- P_r : Daya Penerima (dBm)
- α_c : Redaman Konektor (dB)
- α_s : Redaman Splice (dB)
- α_f : Redaman Serat (dB)
- α_{sp} : Redaman Splitter (dB)

8. Rise Time Budget

Rise Time Budget merupakan metode untuk menentukan batasan disperse suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisis sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (*Non-return-tozero*) atau 35 persen dari

satu periode bit untuk data RZ
(*return-to-zero*).

$$T_{\text{total}} = \left[T_{\text{tx}}^2 + T_{\text{intramodal}}^2 + T_{\text{intermodal}}^2 + T_{\text{rx}}^2 \right]^{1/2}$$

Keterangan :

t_{tx} = Rise time transmitter

t_{rx} = Rise time receiver

$t_{\text{intermodal}}$ = bernilai nol

$t_{\text{intramodal}}$ = $t_{\text{material}} + t_{\text{waveguide}}$

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

III. ANALISA DATA HASIL PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN

1. Hasil Perhitungan Power Link Budget

Perhitungan *link power budget* pada GPON akan dibagi menjadi dua bagian dan akan menghitung jarak dari OLT ke ONT yang ada pada pelanggan, dikarenakan teknologi GPON memiliki panjang gelombang asimetrik dalam pentransmisiannya.

a. Loss Fiber
 $\alpha_f = 0.56 + 0.01932 + 0.0168$
 $= 0.6 \text{ dB}$

b. Loss Splice
 $\alpha_s = N_s \times L_s$
 $= 6 \times 0.1 \text{ dB}$
 $= 0.6 \text{ dB}$

c. Loss Connector
 $\alpha_c = N_c \times L_c$
 $= 6 \times 0.25 \text{ dB}$
 $= 1.5 \text{ dB}$

d. Loss Total
 $\alpha_t = \alpha_f + \alpha_s + \alpha_c + \alpha_{sp}$
 $= 0.6 + 0.6 + 1.5 + 10.38 + 10.38$

2. Tabel dan Kurva Perbandingan

Setelah melakukan perhitungan matematis dan pengukuran pada perangkat, penulis akan menganalisa hasil tersebut.

$= 23.46 \text{ dB}$

e. $P_r = P_t - \alpha_{total}$
 $= 3 - 23.46$
 $= -20.46 \text{ dBm}$

Hasil Perhitungan Rise Time Budget

Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.

$$T_{total} = [T_{tx}^2 + T_{intramodal}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2]^{1/2}$$

$$= [(150 \times 10^{-3})^2 + (29.01 \times 10^{-3})^2 + 0^2 + 0.2^2]^{1/2}$$

$$= [0.063]^{1/2}$$

$$= 0.25 \text{ ns}$$

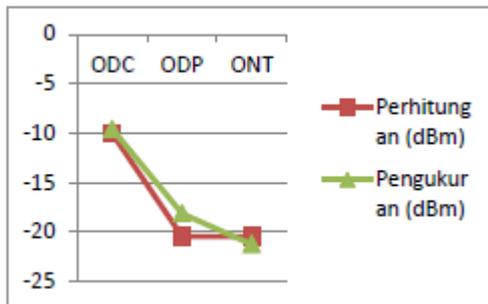
Hasil Pengukuran

Berikut hasil pengukuran power link budget dengan menggunakan alat pengukuran OPM (*Optical Power Meter*) di lokasi penelitian.



Gambar 6. Hasil Pengukuran ONT

Point	Jarak (km)	Perhitungan (dBm)	Pengukuran (dBm)
ODC	2	-10.04	-9.6
ODP	0.069	-20.43	-18.13
ONT	0.06	-20.46	-21.25



Gambar 7. Kurva Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran

Berdasarkan tabel dan kurva, hasil – hasil tersebut lebih rendah dari standard ITU-T G.984, yaitu maksimal -28 dBm, sehingga hasil level daya di terima yang di dapatkan tergolong sesuai dengan standar kelayakan power link budget.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa pada perumahan pekayon indah yang telah di lakukan maka di dapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem dikatakan layak dengan memenuhi syarat *link power budget*, karena berdasarkan perhitungan manual nilai daya terima berdasar perhitungan bernilai -20,46 dBm untuk

Tabel 1. Perbandingan

- downstream* dan -20.8 dBm untuk *upstream*, kedua nilai tersebut masih diatas batas di penerima yang ditetapkan oleh ITU-T, yaitu -28 dBm. Jadi signal yang telah ditransmisikan oleh OLT masih dapat sepenuhnya diterima oleh ONT di sisi pelanggan
2. Berdasarkan pengukuran level daya yang telah di lakukan juga memenuhi standard yang di tetapkan oleh ITU-T. Sebesar - 9.6 dBm pada titik ODC, - 18.13 dBm pada titik ODP dan - 21,25 dBm pada titik ONT
 3. Berdasarkan perhitungan *rise time budget*, pengkodean NRZ dapat digunakan dalam implementasi jaringan akses FTTH ini. Pengkodean NRZ memiliki batas waktu 0,25 ns untuk *downstream*, nilai tersebut masih dibawah nilai waktu batas yang bernilai 0,25ns. Sedangkan, untuk *upstream* pengkodean NRZ memiliki batas waktu 0,25 ns, nilai tersebut masih dibawah nilai waktu batas yang bernilai 0,15 ns. Sehingga dapat disimpulkan batas *rise time* jaringan akses FTTH ini memenuhi *rise time budget* untuk downstream dan upstream.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Yulizar, Nur Rizki, Akhmad Hambali, Andi Audy Oceanto. 2015. *Analisis Perancangan Teknologi Hybrid GPON dan XGPON pada Jaringan FTTH di Perumahan Batu Nunggal.*

- Bandung: E-Proceeding of Engineering. Vol. 2, No. 2 : 2287 – 2291.
- [2] Adrian, Idham, Muhamad Tadarus, Wildan. 2013. *Analisis dan Perancangan Jaringan FTTH (Fiber to the Home) dengan Teknologi GPON di PT Telkom*. Jakarta. Universitas Binus.
- [3] PT. Indosat Mega Media. 2015. *Overview of ODN and FTTH*. Jakarta.
- [4] PT. Indosat Mega Media. 2015. *Pelatihan Dasar Jaringan FTTH dan Troublehandling*. Jakarta.
- [5] PT. Indosat Mega Media. 2015. *First Customer Handling (Technical)*. Jakarta
- [6] Anonim. t-t.
<http://thesis.binus.ac.id/doc/Bab2/2012-1-01007-IF%20Bab2001.pdf>
diakses pada 19 Oktober 2017.