

DESAIN JARINGAN FIBER OPTIK UNTUK SOLUSI CLUSTER BUMI ADIPURA

OPTICAL FIBER NETWORK DESIGN FOR CLUSTER SOLUTIONS BUMI ADIPURA CLUSTER

Vidya Arum Lestari ¹, Tri Nopiani Damayanti S.T.,M.T.², Bambang Uripno S.Stat³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹vlarrum@gmail.com, ²trinopianidamayanti@tass.telkomuniversity.ac.id, ³bambanguripno@gmail.com

Abstrak

Teknologi sangat dirasakan selalu mengalami perkembangan di setiap tahunnya. Teknologi yang sedang berkembang saat ini, salah satunya yaitu dalam bidang komunikasi saluran transmisi fiber optik. Cluster Bumi Adipura adalah salah satu perumahan yang terbagi menjadi tujuh Cluster kecil yang ada di Kota Bandung, dan belum memiliki akses layanan fiber optik di Cluster Cempaka. Banyaknya pengguna dan tingkat kebutuhan yang tinggi membuat perancangan jaringan akses fiber optik untuk cluster cempaka strategis dan tepat, agar kebutuhan dapat terpenuhi.

Perhitungan dilakukan terhadap parameter kelayakan dan performansi yang dibutuhkan, metode yang digunakan pada perancangan ini FTTH (Fiber to The Home) yaitu survey lokasi, perancangan, dan analisa di design. Link Power Budget dan Rise Time Budget untuk kelayakan sistem parameter tersebut dihitung dan dibandingkan dengan menggunakan software OptiSystem. Software yang digunakan untuk perancangan ini Google Earth, GE SmallWorld dan OptySystem.

Berdasarkan hasil perancangan desain solusi fiber optik untuk adipura cluster membutuhkan 1 OLT dengan memakai 2 port OLT, 1 ODC baru, 1 slot modul GPON, 90 ODP, 600 ONT, pemasangan pipa HDPE 50/42 mm 1 pipa dengan kedalaman 15 meter. Dari perhitungan PLB di dapat nilai perhitungan simulasi *downstream* terjauh sebesar -25.38 dBm dan perhitungan simulasi -22.193dBm, nilai perhitungan simulasi arah *upstream* sebesar -13.053dBm dan perhitungan simulasi sebesar -7.142dBm nilai tersebut memenuhi kelayakan standar yang digunakan oleh PT.Telkom dan ITU-T G.984 yaitu -28dBm, nilai *Rise Time Budget* berdasarkan kelayakan system NRZ batas 70% arah *downstream* 0.282 ns dan *upstream* 0.564 ns dengan nilai *downstream* dan *upstream rise time budget* sebesar 0.2507 ns, nilai *Bit Error Rate* 2.707×10^{-132} dengan nilai standar 1×10^{-9}

Kata Kunci : FTTH, OptySystem, Link Power Budget, Rise Time Budget

Abstract

The technology that we know are always developing every year. One of the current developing technology is optical fiber transmission line communication. Bumi Adipura Cluster is one wide housing that is divided into 7 small clusters located in the city of Bandung, and do not have access to optical fiber services yet in Cluster Cempaka. A large number of users and high level of internet necessity for each user, allows this design of optical fiber access network for Cempaka Cluster strategic and appropriate, so their need can be fulfilled.

The calculation will be done refers to properness parameter and required performance, the method used in this FTTH (Fiber to The Home) design are location observation, designing, and also analyzation. PLB and RTB for that properness parameter system will be counted and compare with simulation using optisystem software. The softwares that used for this research are Google Earth, GE SmallWorld and also OptySystem.

Based on the design result of fiber optic solution for adipura cluster require 1 OLT with 2 OLT port, 1 new ODC with a capacity of 288 cores, 1 GPON module slot, 90 ODP, 600 ONT, HDPE 50/42 mm pipe fitting 1 pipe with 15 meter depth. From the calculation of PLB in the calculation can be the furthest downstream simulation value of -25.38 dBm and simulation calculation -22.193dBm, upstream simulation calculation value of -13.053dBm and simulation calculation of -7.142dBm value that meet the feasibility of the standards used by PT.Telkom and ITU -T G.984 is -28dBm, Rise Time Budget value based on NRZ system 70% limit downstream direction 0.282 ns and upstream 0.564 ns with downstream and upstream rise time budget value of 0.2507 ns, Bit Error Rate value 2.707×10^{-132} with value standard 1×10^{-9}

1. Pendahuluan

Teknologi dari masa ke masa sangat dirasakan selalu mengalami perkembangan di setiap tahunnya teknologi yang sedang berkembang saat ini salah satunya dalam bidang komunikasi saluran transmisi fiber optik. Fiber optik adalah

sebuah saluran transmisi yang menggunakan serat kaca yang sangat halus lebih kecil dari sehelai rambut untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat menuju tempat yang lainnya. Pada jaringan akses tembaga dianggap belum dapat menampung kapasitas *bandwidth* yang cukup besar dan berkecepatan tinggi sehingga untuk meningkatkan kualitas layanan tersebut maka digunakanlah pentransmisiannya menggunakan Fiber Optik.

Penelitian proyek akhir ini akan dilakukan perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON di Bumi Adipura *Cluster Cempaka*, daerah yang akan dirancang pada penelitian kali ini adalah *cluster* yang belum sepenuhnya selesai dalam segi pembangunan dan belum dibangun jalur fiber optik, sama seperti penelitian sebelumnya pada proyek akhir ini mengetahui nilai hasil dari *power link budget rise time budget serta bit error rate sesuai*. Proyek akhir ini juga menganalisa perhitungan manual dan simulasi dari *power link budget downstream dan upstream* perhitungan *rise time budget serta* mengetahui nilai *bit error rate* diharapkan dapat dijadikan solusi untuk menghasilkan desain jaringan yang nantinya bisa digunakan.

2. Dasar Teori

2.1 FTTH

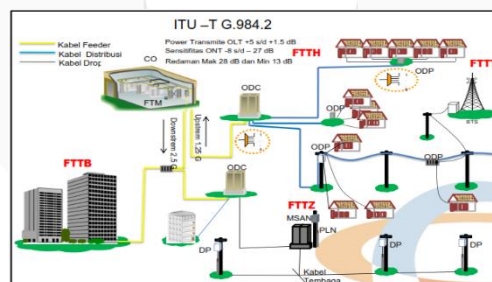
TKO terletak di dalam rumah pelanggan, FTTH merupakan suatu format penghantar informasi berupa gelombang cahaya dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai medium penghantar[2]. Perkembangan teknologi ini tidak lepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel tembaga dengan kelengkapannya dalam menyediakan layanan *triple play* (suara, data, dan video).

2.2 Desain FTTH

Desain berasal dari kata desaino dalam bahasa itali yang artinya adalah suatu gambar yang mengandung arti atau bermakna, jadi dalam bahasan disini desain merupakan suatu seni yang di tuangkan dalam bentuk gambar dan mengandung arti, tentu di dalamnya terdapat keterangan- keterangan seperti dimensi, *symbol-symbol* yang digunakan, penamaan, spesifikasi, ukuran dan lain lain tergantung desain apa yang di tampilkan.

2.3 GPON

GPON adalah salah satu teknologi akses dengan menggunakan fiber optik sebagai media transport ke pelanggan. Lebih umum disebut sebagai teknologi FTTx. Bisa berupa *fiber to the home*, *fiber to the curb*, ataupun *fiber to the building*. Dengan menggunakan fiber optik, operator telekomunikasi dapat memberikan layanan *broadband* ke pelanggan dengan jangkauan yang semakin luas dibanding teknologi *copper* [4]. Perangkat GPON sepenuhnya kompatibel untuk IEEE 802.



Gambar 2. 1 Aplikasi Penggunaan GPON

2.4 Perangkat FTTH

Berikut adalah perangkat-perangkat yang digunakan untuk jaringan *fiber optic* pada Fiber to The Home.

2.4.1 OLT

Optical Line Terminal (OLT) atau biasa disebut juga dengan *Optical Line Termination* adalah perangkat yang berfungsi sebagai titik akhir (*end-point*) dari layanan jaringan optik pasif.

2.4.2 FTM

Adalah suatu perangkat yang digunakan untuk terminasi, interkoneksi dan cross connect fisik kabel *optic* baik dari *outside plant* (OSP), maupun dari perangkat aktif, serta merupakan tempat melakukan fungsi monitoring dan pengukuran *fiber optic* [5].

2.4.3 ODC

Adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO bisa di lapangan (Outdoor) dan juga bisa di dalam ruangan/ di MDF Gedung HRB (Indoor)

2.4.4 ODP

Adalah suatu perangkat pasif yang di instalasi diluar STO, bias dilapangan (outdoor) dan juga bias di dalam ruangan (indoor), di dalam Gedung HRB, yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Sebagai titik terminasi ujung kabel distribusi dan titik tambat awal/pangkal kabel drop
- Sebagai titik distribusi kabel distribusi menjadi beberapa saluran kabel drop
- Tempat splitter dan tempat penyambungan kabel distribusi dan tempat terminasi kabel drop..

2.4.5 ONT

Optical Network Unit (ONU) dan Optical Network Terminal (ONT) adalah suatu perangkat aktif (Opto-Elektrik) yang dipasang disisi pelanggan, dimana ONU/ONT tersebut mempunyai fungsi mengubah sinyal optic menjadi sinyal elektrik, sebagai alat demultiplex [5]. Keluaran dari ONU/ONT adalah layanan *triple play* yaitu telephoni (voice), data dan internet, televisi (IPTV)

2.4.6 Feeder Fiber Optik [13]

Feeder FO berfungsi untuk menyalurkan informasi yang berupa sinyal optic hasil konversi perangkat opto-elektrik(OLT), biasanya menggunakan kabel *fiber optic* single mode tipe G.652D

2.4.7 Kabel Distribusi

Kabel *fiber optic* distribusi ini sama halnya seperti kabel *fiber optic* feeder yang mempunyai fungsi untuk meneruskan informasi yang berupa sinyal optic dari mulai ODC sampai dengan ODP dan biasanya menggunakan kabel *fiber optic single mode* tipe G.652D.

2.5 Optiwave Optisystem

Optisystem adalah simulator berbasis pemodelan sistem komunikasi optik yang sifatnya nyata. Pada *Optisystem* dilengkapi Graphical User Interface (GUI) menyeluruh yang terdiri atas *project layout*, komponen netlis, model komponen, serta tampilan grafik.

2.6 Google Earth

Dengan menggunakan aplikasi *Google Earth* maka gambar satelit dapat diamati dengan menampakan sketsa jalan, keadaan geografis dan data spesifik mengenai lokasi atau tempat tertentu.

2.7 Aplikasi GE SmallWorld

Aplikasi *GE SmallWorld* yaitu aplikasi yang digunakan dalam pembuatan perancangan alur jaringan telekomunikasi, mekanikal, dan elektrik dalam skala besar. Aplikasi *GE SmallWorld* yaitu salah satu aplikasi yang digunakan oleh PT. Telkom Group untuk menginventory alat produksi perusahaan Telkom berbasis map. Aplikasi tersebut bersifat *private*.

2.8 Parameter Kelayakan Perancangan

2.8.1 Power Link Budget [8]

Link power budget dapat diartikan secara sederhana sebagai total redaman pada daya optik yang diijinkan antara sumber cahaya dan *photodetektor*, yang didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, dan *margin* sistem.

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (2.1)$$

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - SM \quad (2.2)$$

$$M = (Pt - Pr(\text{sensitifitas})) - \alpha_{tot} - SM \quad (2.3)$$

2.8.2 Rise Time Budget[8]

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital.

$$Tr = \frac{70\%}{Br} \quad (2.4)$$

$$T_{material} = D_{mat} \times L \times \Delta\sigma \quad (2.5)$$

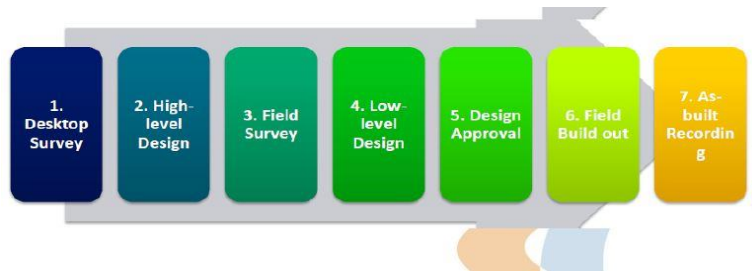
$$t_{total} = \sqrt{t_{Tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2} \quad (2.6)$$

2.8.3 Bit Error Rate[13]

Bit error rate merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada *bit error rate* yang dibutuhkan. BER untuk sistem komunikasi

optic sebesar 10^{-9} .

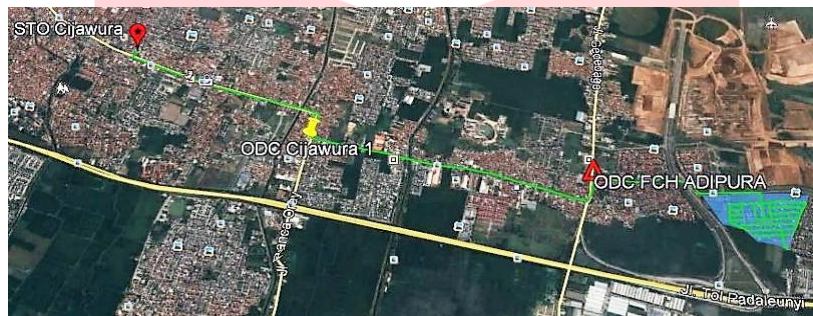
3.1 Desain Center Proses



Gambar 3. 1 Desain center process

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data yaitu menentukan letak rumah dan jumlah rumah yang ada pada *Cluster Cempaka Perumahan Bumi Adipura* berdasarkan *survey on desk* dan *survey on site* dengan menggunakan aplikasi *google earth*.



Gambar 3. 2 Boundary area perancangan

3.3 Penentuan Kebutuhan Perangkat

Perangkat yang akan digunakan dalam tahap perancangan FTTH ini sesuai dengan standar yang digunakan oleh PT. Telkom Akses Indonesia. Spesifikasi perangkat yaitu sebagai berikut:

a. OLT

Optical Line Terminal (OLT) atau biasa disebut juga dengan *Optical Line Termination* adalah perangkat yang berfungsi sebagai titik akhir (*end-point*) dari layanan jaringan optik pasif.

Tabel 3.1 Spesifikasi OLT [14]

parameter	spesifikasi	unit
Optical Transmit Power	3	dBm
Downlink Wavelength	1490	Nm
Uplink Wavelength	1310	Nm
Video Wavelength	1550	Nm
Spectrum Width	1	Nm
Downstream Rate	2,488	Gbps
Upstream Rate	1.2	Gbps
Optical Rase Time	150	Ps
Optical Fall Time	150	Ps
Max.Work Temperature	45	°C
Min.Work Temperature	-5	°C
Power Supply (DC)	-48	V
Max.Receiver Sensitivity	-28	dBm

b. Serat Optik

Serat optik yang digunakan dalam perancangan jaringan akses FTTH ini adalah yang sesuai dengan standar ITU-T G.652D dan drop fiber G.657.

Tabel 3.2 Spesifikasi Serat Optik

Spesifikasi Fiber Optik G.657			
Atribut	Detail	Nilai	Unit
Koefisien Atenuasi	Maksimum dari 1310 nm sampai 1625 nm	0.40	dB/Km
	Maksimum dari 1383 nm ± 3 nm setelah penuaan hydrogen	0.40	dB/Km
	Maksimum dari 1530 - 1565	0.30	dB/Km
Spesifikasi Fiber Optik G.652 D			
Atribut	Detail	Nilai	Unit
Koefisien Atenuasi	Maksimum pada 1310 nm	0.4	dB/Km
	Maksimum pada 1550 nm	0.35	dB/Km
	Maksimum pada 1625 nm	0.4	dB/Km

3.3. Perancangan Menggunakan GE SmallWorld

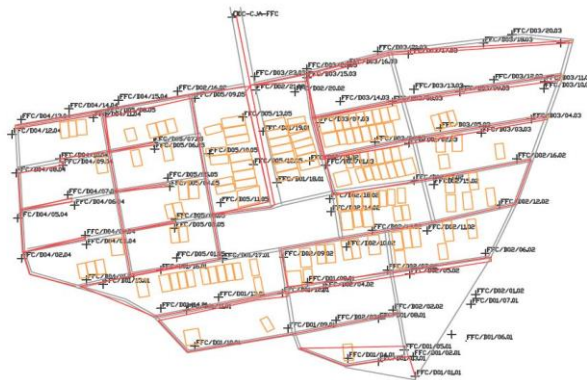
Perancangan ini dilakukan untuk melanjutkan hasil rancangan yang sudah dibuat menggunakan aplikasi *GoogleEarth* aplikasi ini dapat menampilkan lebih detail dari perancangan yang ada pada *googleearth*. Berikut adalah proses perancangan yang dilakukan di aplikasi SmallWorld:



Gambar 3.3 Perancangan GE Smallworld

3.4 Perancangan Kabel Udara

Perancangan ini dilakukan untuk melanjutkan hasil rancangan dengan menggunakan jalur aerial yang sudah dibuat menggunakan aplikasi *GoogleEarth* aplikasi ini dapat menampilkan desain dari perancangan yang ada pada *googleearth*.



Gambar 3. 4 Perancangan aerial

3.5 Perbedaan Komponen yang digunakan Aerial dan Duct Fiber

Tabel 3. 3 Perbedaan Komponen

No	Komponen instalasi jalur duct fiber berdasarkan penempatan kabel	Komponen instalasi jalur aerial fiber berdasarkan penempatan kabel
1	Pengadaan dan pemasangan ODP (Pilar) kap 8 core termasuk pigtail berikut space 1 splitter (1:8) pelabelan.	Pengadaan dan pemasangan Tiang dengan jarak 40-50 meter
2	Pengadaan dan pemasangan pipa HDPE 40/33 mm 1 pipa dengan kedalaman 15 meter	Pengadaan dan pemasangan ODP (Pole) kap 8 core termasuk pigtail berikut space 1 splitter (1:8) pelabelan.
3	Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1:4 type modular SC/UPC for ODC termasuk pigtail	Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1:4 type modular SC/UPC for ODC termasuk pigtail
4	Pengadaan dan Pemasangan , ODF/OTB termasuk terminasi dan penyambungan kabel optik Single mode kap 144 core termasuk pigtail dan protection sleeve pada cassette/box	Pengadaan dan Pemasangan , ODF/OTB termasuk terminasi dan penyambungan kabel optik Single mode kap 144 core termasuk pigtail dan protection sleeve pada cassette/box
5	Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1:8 type modular SC/UPC for ODC termasuk pigtail	Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1:8 type modular SC/UPC for ODC termasuk pigtail
6	Pengadaan dan pemasangan Kabel Duct Fiber Optik Single Mode 144 core G 652 D	Pengadaan dan pemasangan Feeder Aerial Fiber Optik Single Mode 144 core G 652 D
7	Pengadaan dan pemasangan ODC-C (Outdoor) with minimum 36 space for passive spliter, adaptor SC/UPC dan pondasinya kap 288 core termasuk patok pengaman (5 buah), berikut pelabelan (ODC Modifikasi)	Pengadaan dan pemasangan ODC-C (Outdoor) with minimum 36 space for passive spliter, adaptor SC/UPC dan pondasinya kap 288 core termasuk patok pengaman (5 buah), berikut pelabelan (ODC Modifikasi)
8	Pengadaan dan pemasangan Kabel Duct Fiber Optik Single Mode 24 core G 652 D ""Easy to split""	Pengadaan dan pemasangan Kabel aerial distribusi Fiber Optik Single Mode 24 core G 652 D
9	Pekerjaan Boring manual (rojok) HDPE 40/33 mm 1 pipa dengan kedalaman 15 meter	

3.6 Perhitungan PLB

Downstream Jarak Terjauh

$$a_{total} = (L \times a_{serat}) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + S_p$$

$$a_{total} = ((0.01 + 0.005 + 4.14 + 0.001 + 1.25 + 0.02 + 0.05) \times 0.4) + (7 \times 0.2) + (14 \times 0.1) + (7.25) + (10.38)$$

$$a_{total} = 2.190 + 1.4 + 1.4 + 17.63$$

$$a_{total} = 22.62 \text{ dB}$$

1. Jarak Terjauh

$$Pr_x = P_{tx} - a_{tot} - SM$$

$$Pr_x = 3 - 22.62 - 6$$

$$Pr_x = -25.62 \text{ dBm}$$

Upstream Jarak Terjauh

$$a_{total} = (L \times a_{serat}) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + S_p$$

$$a_{total} = ((0.01 + 0.005 + 4.14 + 0.001 + 1.25 + 0.02 + 0.05 \times 0.4) + (7 \times 0.2) + (14 \times 0.1) + (1.228) + (1.335))$$

$$a_{total} = 2.190 + 1.4 + 1.4 + 2.563$$

$$a_{total} = 7.553 \text{ dB}$$

1. Jarak Terjauh

$$Pr_x = P_{tx} - a_{tot} - SM$$

$$Pr_x = 0.5 - 7.553 - 6$$

$$Pr_x = -13.053 \text{ dBm}$$

4. Analisa Hasil Perencanaan

4.1 Analisis Perbandingan Downstream dan Upstream

Analisis perbandingan *downstream* dan *upstream* dilakukan menggunakan dua tahap yaitu dengan cara menghitung secara manual dan membandingkan dengan perhitungan pada *software optisystem*, dari perhitungan tersebut di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perhitungan Downstream

User	Jarak	PRx
ONT (terdekat)	Terdekat (1.950 km)	-21.953 dBm
ONT (menengah)	Menengah (2.078 km)	-22.081 dBm
ONT (terjauh)	Terjauh (2.190 km)	-22.193 dBm

Tabel 4.2 Perhitungan Upstream

User	Jarak	α tot	PRx
ONT (terdekat)	Terdekat (1.950 km)	7.313 dB	-12.813 dBm
ONT (menengah)	Menengah (2.078 km)	7.441 dB	-12.941 dBm
ONT (terjauh)	Terjauh (2.190 km)	7.553 dB	-13.053 dBm

4.2 Analisis Perhitungan Rise Time Budget

Bit Rate downstream (Br) = 2.48 Gbps dengan format NRZ, maka didapatkan kelayakan jaringan, sebagai berikut:

$$Tr = \frac{70\%}{Br}$$

$$= \frac{0.7}{2.48 \times 10^9} = 0.282 \text{ ns}$$

menentukan T:

$$T_{material} = \Delta\epsilon \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 2.190 \times 0.092 \times 0.11 = 0.0221628 \text{ ns}$$

$T_{modus} = 0$, karena *singlemode*

Sehingga besar untuk serat optik *singlemode* adalah:

$$T_{total} = \sqrt{ttx^2 + t_{material}^2 + t_{modus}^2 + trx^2}$$

$$= \sqrt{0.15^2 + 0.0221628^2 + 0^2 + 0.2^2}$$

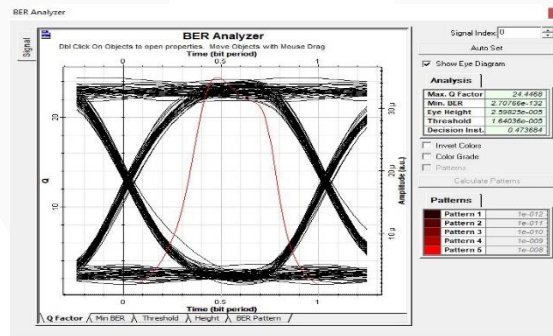
$$= \sqrt{0.025 + 0.00048 + 0 + 0.04}$$

$$= \sqrt{0.0629}$$

$$= 0.2507 \text{ ns}$$

4.3 Analisis Perhitungan BER

Berdasarkan simulasi pengukuran BER arah *downstream* yang sudah dilakukan didapatkan hasil pengukuran sebesar 7.766×10^{32}



Gambar 4. 1 BER

4.4 Analisis Skematik GE SmallWorld



Gambar 4. 2 Skematik

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Pada desain jaringan *fiber optic* di *cluster* cempaka sesuai *work list* STO cijawura akan di *plan* menggunakan jalur *duct fiber* menghasilkan desain melalui *software smallworld* desain peta area perancangan dengan menggunakan *plan* pengadaan jalur bawah tanah *duct* pipa, menghasilkan peta lokasi perancangan, skematik perancangan, *bill of quantity*, dan *Kml* yang bisa dibuka di *GoogleEarth pro* yang sesuai dengan standar dan ketentuan PT. Telkom Akses Jakarta Barat untuk *plan* pemasangan baru. Maka desain jaringan *fiber optic* untuk solusi cluster bumi adipura di cluster cempaka dilihat dari desain pada aplikasi *smallworld* layak untuk digunakan.
2. Jumlah perangkat yang diperlukan untuk perancangan menggunakan instalasi *duct* ini adalah OLT sebanyak 1 buah, ODC sebanyak 1 buah, ODP sebanyak 92 buah, ONT 600 buah, *Passive Splitter* (PS) 1:4 sebanyak 36 buah, *Passive Splitter*(PS) 1:8 sebanyak 90 buah, Kabel feeder jenis G.652D sepanjang 4.140 Km, kabel distribusi G.657 diperlukan sepanjang 1.25 km untuk jarak terjauh, kabel *duct single mode* kapasistas 24 core 5272 m, Pengadaan dan pemasangan pipa HDPE 50/42 mm 1 pipa dengan kedalaman 15 meter.
3. Power Link Budget Downstream dan upstream sesuai dengan ketentuan ITU-T G.984 dan juga ketentuan PT. Telkom Akses yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan nilai daya terima tidak kurang dari -28 dBm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan proyek akhir terdapat beberapa hal yang harus disempurnakan dan dikembangkan lagi, untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan perancangan FTTH dengan teknologi N-GPON2 dengan memperhatikan kondisi jarak dan *bandwidth*, dan untuk perancangan FTTH *cluster* apabila menggunakan *rute duct* sebaiknya berkoordinasi dengan pengembang atau *developer* cluster untuk galian *duct* karena bisa saja *developer* yang menyediakan galian *rute duct* pada saat pembangunan *cluster* berlangsung.

Daftar Pustaka

- [1] Anugrah, Rayi. 2017. *Perencanaan Jaringan Akses Fiber to The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON) di Perumahan Sirnagalih Kencana Kota TasikMalaya*. Bandung Jurnal Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom.
- [2] D.P, Igtia Gita. 2015. *Perancangan Jaringan Akses Fiber to The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Private Village, Cikoneng*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Telkom, Vol.2, No.3.
- [3] Damayanti, Tri Nopiani, dan Hasanah Putri. 2016. *Perbandingan Unjuk Kerja Transmisi Jaringan FTTH Menggunakan GEPON dan GPON*. Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan Universitas Telkom.
- [4] Delano, Alven, dan Dian Widi Astuti. 2017. *Perancangan Jaringan FTTH Konfigurasi Bus Dual Stage Passive Splitter Underground Access di Cluster Missisipi, Jakarta Garden City*. Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana, Vol.8, No.3.
- [5] Dermawan, Brilian, dan Imam Santoso, Teguh Prakso. 2016. *Analisis Jaringan FTTH (Fiber to The Home) Berteknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network)*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.
- [6] Dewi, Reka Marinda, dan Yus Natali. 2017. *Simulasi Rancang Bangun Jaringan Feeder untuk Fiber to The Home (FTTH) Pada PT. Indosat*. Jurnal Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta, Vol.8, No.15.
- [7] *Instalasi Jaringan FTTH*. 2015. Telkom Akses Warriors Team.
- [8] Keiser, Gerd. "FTTX Concepts And Applications." Kanada: Wiley-IEEE Press.2006.
- [9] Overview, *Design Fiber To The X(FTTX)*. Modul 3 PT.Telkom Akses.
- [10] Overview, *Jaringan Fiber To The X (FTTX)*. Modul 1 PT.Telkom Akses.
- [11] Overview, *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*. Modul 2 PT.Telkom Akses.

- [12] Pelatihan, *Modul Indihome 3P*.2016. PT. Telkom Akses
- [13] Rahman, Johan Alamsyah, dan Halidin priatna. 2017. *Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON) Di Daerah Sarirasa 3 Kelurahan Ledeng Kecamatan Cicadap Sarijadi Bandung Dalam Proyek Tito Di PT. Inti*. Jurnal D3 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom, Vol. 3, No. 2.
- [14] Somantri, Febry Ramadhan.2017. *Perancangan Fiber to The Home (FTTH) Untuk Wilayah Perumahan Sukasari Baleendah*. Jurnal Teknik Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan, Vol.3, No.2.
- [15] Telecommunication Standarization Sector of ITU, *ITU-T G.984.6*.
- [16] Yasyir, Muhammad.2016.*Analisis Performansi Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Perumahan Nata Endah Kopo*. Jurnal Teknik Telekomunikasi Telkom.

