

**PERANCANGAN JARINGAN *FIBER TO THE HOME* (FTTH) MENGGUNAKAN
GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) HUAWEI DENGAN *FIBER
TERMINATION MANAGEMENT* (FTM) UNTUK PERUMAHAN PESONA
CIWA STRA VILLAGE BANDUNG**

***DESIGN OF FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK USING GIGABIT PASSIVE
OPTICAL NETWORK (GPON) HUAWEI WITH FIBER TERMINATION
MANAGEMENT (FTM) FOR PESONA CIWA STRA VILLAGE RESIDENCE
BANDUNG***

Okta Mia Sari^[1], Akhmad Hambali, Ir., MT. ^[2], R. Bambang Cahyo Widodo, Ir., MT. ^[3]

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹oktami@sari@gmail.com, ²ahambali@telkomuniversity.ac.id, ³bambang.c4hy0@gmail.com

Abstrak

Untuk mendukung layanan triple play, PT.Telkom mengganti seluruh jaringan akses tembaga ke jaringan akses fiber optik melalui proyek *Trade In Trade Off* (TITO) ^[6] yang bekerja sama dengan PT.Inti. Dengan akan digantinya seluruh jaringan akses tembaga ke optik, dipastikan untuk kedepannya PT.Telkom tidak lagi membangun jaringan akses baru berbasis tembaga. Selain itu, untuk teknologi jaringan akses fiber optik yang digunakan oleh PT.Telkom saat ini, khususnya *Fiber to the Home* (FTTH) yang menggunakan teknologi GPON ZTE, masih memiliki beberapa kekurangan pada sistem *Fiber Termination Management* (FTM) yang masih tradisional.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan perancangan jaringan akses FTTH pada perangkat lunak menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) *Huawei* untuk perumahan Pesona Ciwastra Village. Perancangan diawali dengan membuat jalur awal, lalu penentuan perangkat, spesifikasi, tata letak dan volume yang digunakan. Kemudian untuk kelayakan sistem di analisa dengan parameter *Link Power Budget* (LPB) dan *Rise Time Budget* (RTB), sedangkan untuk performansi sistem di analisa menggunakan parameter *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Bit Error Rate* (BER). Serta dilakukan analisa kemampuan fungsi FTM non-tradisional *Huawei* (iODN) pada perangkat *Network Management System* (NMS)-GPON *Huawei*.

Hasil analisa untuk jarak ONT terjauh, nilai *downlink* masing-masing parameter menghasilkan nilai Pr=-23.8683 dBm, rise time total sebesar 0.2514 ns dengan menggunakan pengkodean NRZ, SNR sebesar 32.91 dB dengan BER 4.0943×10^{-110} , sedangkan pada *uplink* masing-masing parameter menghasilkan nilai Pr sebesar -23.9913 dBm, rise time total sebesar 0.25 ns dengan menggunakan pengkodean NRZ atau RZ, SNR pada 36.79 dB dengan BER 9.4477×10^{-264} . Hasil ini menunjukkan *link* memenuhi kelayakan standard ITU-T yaitu pada batas Pr sebesar [-28 ; -8] dBm, SNR dengan batas minimal PT.Telkom yaitu 21.5 dB, dan nilai BER yang juga memenuhi standard BER untuk *link* optik maksimal 10^{-6} ^[3]. Kelayakan juga ditunjukkan pada hasil simulasi *downlink* dengan Pr sebesar -21,291 dan BER $2,0476 \times 10^{-263}$, serta pada *uplink*, dengan Pr sebesar -21,512 dan BER 0. Analisa perangkat iODN menunjukkan tingkat efisiensi yang cukup signifikan dengan tidak lagi digunakan sistem pelabelan manual untuk inialisasi kabel pada masing-masing port perangkat. Melalui sistem NMS-GPON *Huawei* yang telah memiliki GUI, dipastikan efisiensi waktu dalam alokasi gangguan akan lebih cepat karena akses informasi perangkat yang lebih mudah dan tidak memakan waktu banyak. Kemudahan inilah yang meningkatkan kesempurnaan nilai KPI terkait nilai waktu untuk MTTR, MTTI, dan GAUL.

Kata Kunci : Perancangan FTTH, GPON, *Huawei*, FTM, dan KPI.

Abstract

To support triple play services, PT.Telkom replace all copper access network to a fiber optic access networks through projects Trade In Trade Off (TITO) ^[6] who cooperate with PT.Inti. With the replacement of the entire copper access network to optical access network, certainly for the future PT.Telkom no longer build new copper-based access network. In addition, for optical fiber access network technology used by PT.Telkom today, especially Fiber to the Home (FTTH), which uses ZTE GPON technology, still has some shortcomings in the system Fiber Termination Management (FTM) that still traditional.

In this final project, conducted the FTTH access network design by software using the technology of Gigabit Passive Optical Network (GPON) *Huawei* for residential Pesona Ciwastra Village. The design begins with making the initial path, then the determination of the device, specifications, layout and volume used. Then to feasibility analysis system with parameter Link Power Budget (LPB) and Rise Time Budget (RTB), while for system performance parameters analyzed using Signal to Noise Ratio (SNR) and Bit Error Rate (BER). As well as

the analysis capability FTM Huawei non-traditional (iODN) functions on the Huawei Network Management System (NMS) -GPON Huawei server.

Results of analysis for ONT farthest distance, downlink value of each parameter generating value $P_r = -23.8683$ dBm, rise time of a total of 0.2514 ns using NRZ coding, amounting to 32.91 dB SNR, and BER of 4.0943×10^{-110} , while the uplink each parameter produce P_r value of -23.9913 dBm, the total rise time of 0.25 ns using NRZ or RZ coding, amounting to 36.79 dB dB SNR, and BER 9.4477×10^{-264} . These results demonstrate the feasibility of a link meets the ITU-T standard that is at the limit of P_r [-28; -8] DBm, SNR with minimum limit PT.Telkom is 21.5 dB, and the value BER also meet standards for maximum optical link 10^{-6} [3]. Feasibility is also shown on the downlink simulation results with P_r of -21.291 and BER 2.0476×10^{-263} , as well as on the uplink, with P_r of -21.512 and BER Analysis 0. By using iODN, it showed a significant level of efficiency with no longer used labeling system initialization wiring manual for each port on the device. Through a iODN system, which already have a GUI, for certain time efficiency in the allocation of disruption will be faster because the access device information more easily and it does not take much time. Ease of perfection that increases the value of KPI related to the time value MTTR, MTTI, and GAUL.

Keywords: Design FTTH, GPON, Huawei, FTM, and KPI.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan proyek PT. Telkom dalam mengganti seluruh jaringan akses tembaga ke jaringan akses serat optik melalui proyek TITO (*Trade In Trade Off*)^[7], telah dipastikan kedepannya PT.Telkom tidak lagi menyediakan pembangunan jaringan baru berbasis tembaga. Hal ini dilakukan agar pengguna jasa PT.Telkom dapat menikmati layanan *triple play* (voice, data, dan video)^[7]. Layanan ini dimaksimalkan melalui pembangunan jaringan FTTH (*Fiber to the Home*) hingga perumahan. Dalam hal ini, PT.Telkom menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)^[7] sebagai teknologi jaringan akses FTTH.

Pada realisasinya, PT.Telkom untuk di beberapa daerah, khususnya pada Sentral Telepon Otomat Cijaura (STO CJA) masih menggunakan teknologi GPON ZTE yang belum memiliki kesempurnaan pada fungsi FTM yang masih tradisional. Kondisi ini tidak memungkinkan untuk didapatkannya manajemen core optik yang baik, serta deteksi dan pncanggulan gangguan yang tidak efisien. Sehingga akan dilakukan penelitian dalam merancang jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON *Huawei* yang telah memiliki fungsi iODN dan akan menjadi solusi untuk kekurangan FTM tradisional ZTE.

Penelitian mengenai perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON sebelumnya telah dilakukan di perumahan Setraduta Bandung^[11]. Hasil penelitian menunjukkan kelayakan sistem untuk nilai PLB yang masih sesuai dengan nilai standard ITU-T yaitu [13 ; 28]^[3] dBm, dan nilai RTB didapatkan dengan menggunakan pengkodean NRZ^[11]. Perbedaan penelitian tugas akhir ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada simulasi hasil perancangan menggunakan perangkat lunak, dilakukannya analisa performansi sistem untuk nilai SNR dan BER, serta analisa fungsi iODN pada perangkat NMS-GPON *Huawei*.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan perancangan jaringan akses FTTH pada perangkat lunak menggunakan teknologi GPON *Huawei* dengan membuat jalur awal lalu penentuan perangkat, spesifikasi, tata letak dan volume yang digunakan. Kemudian untuk kelayakan sistem di analisa dengan parameter LPB dan RTB, sedangkan untuk performansi sistem di analisa menggunakan parameter SNR dan BER. Serta dilakukan analisa kemampuan iODN pada perangkat NMS-GPON *Huawei*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Serat Optik

Fiber optik adalah sebuah media transmisi fisik yang terbuat dari kaca dilapisi isolator sebagai pelindung berguna untuk menyalurkan informasi berupa gelombang cahaya. Serat optik mempunyai bentuk yang halus dan memiliki ketebalan hingga 1 mm untuk dua puluh helai serat. Selain ringan, kapasitas kanal dari serat ini sangat besar. Struktur serat optik ada 3 yaitu *core*, *cladding* dan *coating*.

2.2 *Fiber to the Home* (FTTH)

Berikut komponen dari FTTH utama:

1. *Network Management System* (NMS)^[9]

NMS merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengontrol dan mengkonfigurasi perangkat GPON. Letak NMS ini bersamaan di dekat OLT namun beda ruangan. Konfigurasi yang dapat dilakukan oleh NMS adalah OLT dan ONT.

2. *Optical Line Terminal* (OLT)^[9]

OLT menyediakan *interface* antara sistem *Optical Distribution Network* (ODN) dengan penyedia layanan (service provider) data, video, dan jaringan telepon. OLT mengubah sinyal elektrik menjadi optik dan sebaliknya, dan berfungsi sebagai alat multiplex

3. Optical Distribution Frame (ODF)^[7]

Yang dimaksud dengan ODF adalah suatu frame dengan struktur mekanik berupa rack atau shelf atau struktur lain yang mempunyai fungsi utama sebagai tempat pegangan kabel (fiber) dan elemen passive lainnya (support mekanik), dilengkapi fiber organizer serta mampu melindungi elemen-elemen di dalamnya

4. Optical Distribution Cabinet (ODC)/ Rumah Kabel dan Optical Distribution Point (ODP)^[9]

ODC dan ODP adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO bisa di lapangan (*Outdoor*) dan juga bisa didalam ruangan/ di MDF Gedung HRB (*Indoor*), yang mempunyai fungsi sebagai splitter.

5. Optical Network Terminal/Unit (ONT/ONU)

ONU menyediakan *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan.

2.3 Parameter Kelayakan Perancangan^[5]

2.3.1 Link Power Budget

Link power budget dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung *link power budget* dapat dihitung dengan rumus:^[4]

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

Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah :

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

Keterangan :

P_t	= Daya keluaran sumber optik (dBm)
P_r	= Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)
SM	= Safety margin, berkisar 6-8 dB
α_{tot}	= Redaman Total sistem (dB)
L	= Panjang serat optik (Km)
α_c	= Redaman Konektor (dB/buah)
α_s	= Redaman sambungan (dB/sambungan)
α_{serat}	= Redaman serat optik (dB/ Km)
N_s	= Jumlah sambungan
N_c	= Jumlah konektor
S_p	= Redaman <i>Splitter</i> (dB)

2.3.2 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. 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 *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus:^[4]

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \quad (3)$$

Keterangan :

t_{tx}	= Rise time transmitter (ns)
t_{rx}	= Rise time receiver (ns)
$t_{intermodal}$	= bernilai nol (untuk serat optik single mode)
$t_{intramodal}$	= $t_{material} + t_{waveguide}$
$t_{material}$	= $\Delta\sigma \times L \times D_m$
$t_{waveguide}$	= $\frac{L}{c} [n_2 + n_2 \Delta d(\frac{a}{c})]^{[6]}$
Δ_s	= $\frac{(n_1 - n_2)}{c} [6]$
v	= $\frac{(2\pi \times a)}{\lambda} (2\Delta_s)^{1/2} [6]$
u_c	= $2v^{1/2} [6]$
$d(\frac{a}{c})$	= $1 + (\frac{a}{c})^{[6]}$
$\Delta\sigma$	= Lebar Spektral (nm)
L	= Panjang serat optik (Km)
D_m	= Dispersi Material (ps/nm.Km)
n_1	= indeks bias inti
n_2	= Indeks bias selubung
a	= Jari-jari inti
c	= kecepatan rambat cahaya 3×10^8

2.4 Parameter Performansi Sistem^[5]

2.4.1 Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan daya sinyal terhadap daya noise pada satu titik yang sama.^[4]

$$SNR = \frac{P_s}{P_n} \quad (4)$$

1. Daya Sinyal (*Signal power*)

Daya sinyal merupakan kuat daya sinyal yang diterima pada *receiver*. Besar daya sinyal di penerima ditunjukkan dengan persamaan berikut:^[4]

$$Signal Power = 2 \left(Pr \frac{(\eta q)}{h\nu} \right)^2 \quad (5)$$

Keterangan:

Pr = Daya Sinyal yang diterima detector (W)

(ηq)/($h\nu$) = R = Responsivitas (A/W)

η = efisiensi quantum (%)

h = konstanta plank = 6.625×10^{-34} J.s

$h\nu$ = energi photon (kWh)

q = muatan electron (C) = $1,6 \times 10^{-19}$ J/ eV

2. Derau (*noise*)

Derau adalah sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang selalu ada dalam suatu sistem transmisi. *Level noise* yang cukup besar akan terasa mengganggu pada sisi penerima. Sumbangan daya *noise* di detector cahaya (*receiver*) pada sistem komunikasi serat optik ada 3 macam yaitu: *thermal noise*, *noise dark current* dan *shot noise*.

3. Arus gelap (*dark current*)^[4]

Arus gelap yaitu arus balik (*reverse current*) kecil yang mengalir melalui persikap balik (*reverse bias diode*).

$$Noise dark current (A) = 2 q i_D B \quad (6)$$

Keterangan :

q = muatan elektron (C) = $1,6 \times 10^{-19}$ J/ eV

i_D = arus gelap (A)

B = bandwidth detektor cahaya (Hz)

4. Derau termal (*Thermal Noise*)^[4]

Derau termal adalah arus yang berasal dari struktur gerak acak elektron bebas pada komponen-komponen elektronik.

$$Thermal Noise (A) = \frac{4 k T_{eff}}{R_1} \quad (7)$$

Keterangan :

k = konstanta Boltzman (J/K) = $1,38 \times 10^{-23}$ J/ OK

B = *bandwidth* detektor cahaya (Hz)

T_{eff} = *effective noise* temperatur (oK)

R_1 = *equivalent resistance* (Ω)

5. Derau tembakan/tumbukan (*Shot Noise*)^[4]

Derau tembakan terjadi karena adanya ketidaklinearan pada sistem.

$$Shot Noise = 2q \left(2Pr \frac{(\eta q)}{h\nu} \right) BM^2 F(M) \quad (8)$$

Keterangan :

Pr = Daya sinyal yang diterima di detektor (W) (ηq)/($h\nu$)

R = Responsivitas (A/W)

M = Tambahan daya sinyal pada detektor cahaya (apabila yang digunakan adalah APD)

F(M) = *noise figure*, menunjukkan kebaikan penguat dalam memproses sinyal. Pada sistem komunikasi serat optik

F(M) = Mx dimana x adalah exces faktor dari gain ($0 < X < 1$)

2.4.2 Bit Error Rate (BER)^[1]

BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Dimana BER dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(S/N) = 20 \text{ Log } 2Q \quad (9)$$

Sehingga diperoleh nilai pendekatan:

$$BER = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Q^2}{2}} \quad (10)$$

Dimana, Q = *Quantum noise* dan P_e = *Probability Error*

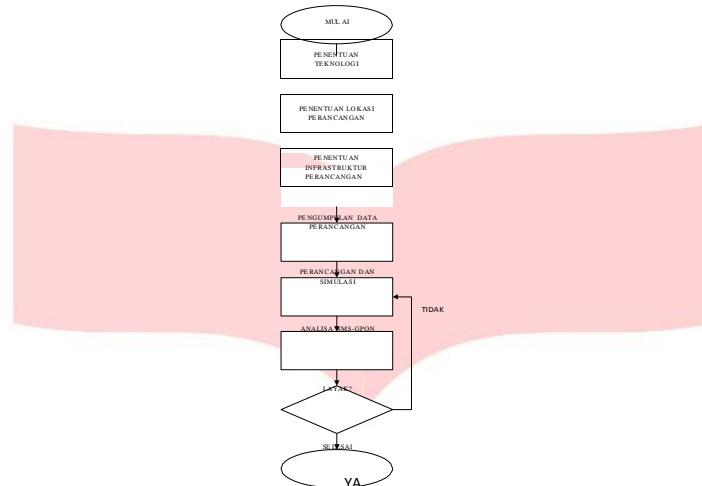
2.5 Fiber Termination Management (FTM)^[2]

FTM merupakan sebuah sistem manajemen dan monitoring fiber yang terdiri atas susunan kumpulan ODF untuk melakukan pengaturan dan pengelolaan terminasi fiber optik berskala besar dari jaringan pelanggan ke

perangkat aktif transmisi/ akses atau sebaliknya di dalam STO. FTM terbagi menjadi 2 jenis, yaitu tradisional dan non-tradisional.

3. PERANCANGAN

Pada bagian ini memaparkan langkah - langkah perancangan dari jaringan FTTH, sebagai panduan dalam proses penelitian agar sesuai dengan rencana. Berikut adalah model proses perancangan yang akan dilakukan:



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan

4. ANALISIS DAN SIMULASI

4.1 Analisa Perhitungan

4.1.1 Link Power Budget

Perhitungan akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu *downlink* dan *uplink*, serta akan dihitung berdasarkan jarak dari STO ke ONT terjauh yaitu 1.982 Km (1.025 Km STO ke ODC, 0.882 Km ODC ke ODP, 0.075 Km ODP ke ONT) dengan jalur dari STO Cijaura ke ODC lalu ke ODP 01 sampai pada ONT.

Downlink 1490 nm

$$\alpha_{tot} = (1.982 \times 0.24) + (1 \times 0.2) + (1 \times 0.1) + (11 + 7.8)$$

$$\alpha_{tot} = 19.5756 \text{ dB}$$

Daya terima:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - 6$$

$$Pr = 1.5 - 19.5756 - 6$$

$$Pr = -24.0756 \text{ dBm}$$

Margin daya:

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

$$M = (1.5 + 28) - 19.5756 - 6$$

$$M = 3.9244 \text{ dBm}$$

Uplink 1310 nm

$$\alpha_{tot} = (1.982 \times 0.35) + (1 \times 0.2) + (1 \times 0.1) + (11 + 7.8)$$

$$\alpha_{tot} = 19.7937 \text{ dB}$$

Daya terima:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - 6$$

$$Pr = 1.5 - 19.7937 - 6$$

$$Pr = -24.2937 \text{ dBm}$$

Margin daya:

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

$$M = (1.5 + 28) - 19.7937 - 6$$

$$M = 3.7063 \text{ dBm}$$

Hal ini menunjukkan *link* memenuhi kelayakan LPB PT. Telkom yaitu α_{tot} maksimum 25 dB dan maksimum ITU-T yaitu 28 dB dengan Prx yang masih berada pada batas sensitivitas penerima yaitu [-28 ; -8] dBm, dan margin daya lebih dari nol.

4.1.2 Rise Time Budget

Downlink 1490 nm

Bit Rate downlink (Br) = 2.4 Gbps sehingga :

$$\text{dengan format NRZ, } tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{2.4 \times 10^9} = 0,2917ns$$

$$\text{dengan format RZ, } tr = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{2.4 \times 10^9} = 0,1458ns$$

$$t_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times Dm \\ = 1 \text{ nm} \times 1.982 \text{ Km} \times 0.01364 \text{ ns/nm.Km} \\ = 0.027 \text{ ns}$$

$$\Delta_s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_2} = \frac{(1.465 - 1.46)}{1.465} = 3.412 \times 10^{-3}$$

$$v = \frac{(2\pi \times a)}{\lambda} (2\Delta_s)^{1/2} \\ = \frac{2 \times 3.14 \times 4.5}{1.49} \times 1.465 \times \sqrt{(2 \times 3.412 \times 10^{-3})} \\ = 2.296$$

$$d = \frac{tr}{v} = \frac{0.2917}{2.296} = 0.127 \\ t_{\text{waveguide}} = [n_2 + n_2 \Delta_s d]$$

$$= \frac{1.982}{3 \times 10^8} [1.46 + (1.46 \times 3.412 \times 10^{-3} \times 1.87)] \\ = 9.7072 \times 10^{-9} \text{ ns}$$

Sehingga besar untuk serat optik singlemode adalah:

$$t_{\text{total}} = (t_{rx}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ = [(0.2)^2 + (0.027)^2 + (9.7072 \times 10^{-9})^2 + (0)^2 + (0.15)^2]^{1/2} \\ = 0.2514 \text{ ns}$$

Setelah melakukan hasil perhitungan, didapat *rise time* total untuk *downlink* sebesar 0.2514 ns masih di bawah maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns, tetapi diatas *bit rate* sinyal RZ sebesar 0.1458 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi hanya memenuhi *rise time budget* sinyal NRZ

Uplink 1310 nm

Bit Rate uplink (Br) = 1.2 Gbps sehingga :

$$\text{dengan format NRZ, } tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{1.2 \times 10^9} = 0.5833ns$$

$$\text{dengan format RZ, } tr = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{1.2 \times 10^9} = 0.2917ns$$

$$t_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times Dm \\ = 1 \text{ nm} \times 1.982 \text{ Km} \times 0.00356 \text{ ns/nm.Km} \\ = 7.055 \times 10^{-3} \text{ ns}$$

$$\Delta_s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_2} = \frac{(1.465 - 1.46)}{1.465} = 3.412 \times 10^{-3}$$

$$v = \frac{(2\pi \times a)}{\lambda} (2\Delta_s)^{1/2} \\ = \frac{2 \times 3.14 \times 4.5}{1.31} \times 1.465 \times \sqrt{(2 \times 3.412 \times 10^{-3})} \\ = 2.6081$$

$$d = \frac{tr}{v} = \frac{0.5833}{2.6081} = 0.223 \\ t_{\text{waveguide}} = [n_2 + n_2 \Delta_s d]$$

$$= \frac{1.982}{3 \times 10^8} [1.46 + (1.46 \times 3.412 \times 10^{-3} \times 1.77)] \\ = 9.7039 \times 10^{-9} \text{ ns}$$

Sehingga besarnya untuk serat optik singlemode:

$$t_{\text{total}} = (t_{rx}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modus}}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \\ = [(0.15)^2 + (7.055 \times 10^{-3})^2 + (9.7039 \times 10^{-9})^2 + 0 + (0.2)^2]^{1/2} \\ = 0.25009 \text{ ns}$$

Dari hasil perhitungan *rise time* total untuk *uplink* sebesar 0.25 ns masih dibawah maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.5833 ns dan sinyal RZ sebesar 0.2917 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi *rise time budget* sinyal NRZ dan RZ.

4.1.3 Analisis Performansi SNR dan BER

Downlink 1490 nm

$\alpha_{\text{tot}} = 19.5756 \text{ dB}$ (perhitungan pada link power budget)

Sehingga di dapat Pr atau daya sinyal yang diterima, yaitu :

$$\begin{aligned} Pr &= Pt - \alpha \\ &= 1.5 \text{ dBm} - 19.5756 \text{ dB} \\ &= -18.0756 \text{ dBm} \\ &= 1.5575 \times 10^{-5} \text{ Watt} \end{aligned}$$

Perhitungan arus foto primer dibangkitkan (ip)

$$\begin{aligned} ip &= R \times Pr \\ &= 0.85 \text{ A/W} \times 1.5575 \times 10^{-5} \text{ Watt} \\ &= 1.3238 \times 10^{-5} \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan Signal

$$\begin{aligned} \text{Signal} &= (ip^2) \cdot M^2 \\ &= (1.3238 \times 10^{-5} \text{ A})^2 \cdot 1^2 \\ &= 1.7526 \times 10^{-10} \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan noise dapat dilihat di

$$\begin{aligned} \text{Noise} &= 2q (i_D + ip) BM^2 F(M) + \frac{4kT}{\ln 2} B \\ &= 2 (1.625 \times 10^{-19}) (100 \times 10^{-9} + 1.7526 \times 10^{-5}) (2.4 \times 10^9) 1^2 \\ &\quad + \frac{4(1.38 \times 10^{-23})(300)(2.4 \times 10^9)}{\ln 2} \\ &= 9.008 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

Maka perhitungan SNR :

$$\begin{aligned} N &= \frac{1.7526 \times 10^{-10}}{9.008 \times 10^{-14}} \\ &= 1958.098 \\ &= 32.91 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai Q sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= 20 \log 2Q \\ 32.91 &= 20 \log 2Q \\ \log 2Q &= 1.6459 \\ Q &= 22.1252 \end{aligned}$$

Maka untuk perhitungan nilai pendekatan BER:

$$\begin{aligned} \text{BER} &= P_e(Q) = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right) \\ &= P_e(Q) = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{22.1252^2}{2}\right) \\ &= P_e(Q) = 4.0943 \times 10^{-110} \end{aligned}$$

Uplink 1310 nm
Sehingga di dapat Pr atau daya sinyal yang diterima, yaitu :

$$\begin{aligned} Pr &= 1.5 \text{ dBm} - 19.7937 \text{ dB} \\ &= -18.2937 \text{ dBm} \\ &= 1.4812 \times 10^{-5} \text{ Watt} \end{aligned}$$

Perhitungan arus foto primer dibangkitkan (ip)

$$\begin{aligned} ip &= R \times Pr \\ &= 0.85 \times 1.4812 \times 10^{-5} \text{ Watt} \\ &= 1.4769 \times 10^{-5} \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan Signal

$$\begin{aligned} \text{Signal} &= (ip^2) \cdot M^2 \\ &= (2.3154 \times 10^{-5})^2 \cdot 1^2 \\ &= 2.1812 \times 10^{-10} \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan noise dapat dilihat di

$$\begin{aligned} \text{Noise} &= 2q (i_D + ip) BM^2 F(M) + \frac{4kT}{\ln 2} B \\ &= 2 (1.625 \times 10^{-19}) (100 \times 10^{-9} + 1.4769 \times 10^{-5}) (1.2 \times 10^9) 1^2 \\ &\quad + \frac{4(1.38 \times 10^{-23})(300)(1.2 \times 10^9)}{\ln 2} \\ &= 4.5623 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

Maka perhitungan SNR :

$$\begin{aligned} N &= \frac{2.1812 \times 10^{-10}}{4.5623 \times 10^{-14}} \\ &= 4781.0521 \\ &= 36.79 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai Q sebagai berikut :

$$36.79 = 20 \log 2Q$$

$$\log 2Q = 1.8398$$

$$Q = 34.57$$

Maka untuk perhitungan nilai pendekatan BER:

$$\begin{aligned} \text{BER} &= P_t(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right) \\ &= P_t(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{34.57^2}{2}\right) \\ &= P_t(Q) = 9.4477 \times 10^{-264} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai SNR pada *downlink* yaitu sebesar 32.91 dB dengan BER 4.0943×10^{-110} , sedangkan pada *uplink*, nilai SNR sebesar 36.79 dB dengan BER 9.4477×10^{-264} . Semakin tinggi SNR, maka semakin baik kualitas performansi jaringan. PT. Telkom memiliki standar sistem SNR minimal untuk komunikasi serat optik sebesar 21.5 dB atau BER maksimal untuk *link* optik 10^{-6} ^[3], sehingga dapat dikatakan bahwa performansi perancangan ini sangat baik.

4.2 Analisis Simulasi

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak, didapatkan nilai daya *transmit* dan nilai BER. Berikut perbandingan nilai hasil perhitungan dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak:

Tabel 1 Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan

Parameter	Perhitungan		Simulasi	
	Pr	BER	Pr	BER
1490 nm				
Jarak ONT Terdekat	-23,8683	4.3691×10^{-118}	-21,084	0
Jarak ONT Terjauh	-24,0756	4.0943×10^{-110}	-21,291	$2,0476 \times 10^{-263}$
1310 nm				
Jarak ONT Terdekat	-23,9913	3.037×10^{-262}	-21,203	0
Jarak ONT Terjauh	-24,2937	9.4477×10^{-264}	-21,512	0

Hasil perbandingan menunjukkan nilai BER dan Pr yang berbeda, namun masih berada pada batas minimal kelayakan perancangan jaringan baik BER maupun Pr pada simulasi. Hal ini menunjukkan simulasi yang menggunakan perangkat lunak bekerja dengan baik dengan nilai performansi jaringan yang masih berada pada batas performansi jaringan yang baik, dengan batas Pr pada [-28 ; -8] dBm dan batas maksimal BER standard *link* optik sebesar 10^{-6} atau 10^{-9} untuk PT.Telkom.

4.3 Analisis FTM

Pada gambar 3.10 dan 3.11 dapat dilihat bentuk *command* yang digunakan untuk mendapatkan informasi OLT ZTE yang masih menggunakan FTM tradisional di STO CJA. Berikut perbandingan antara penggunaan FTM tradisional ZTE dengan iODN:

Tabel 2 Perbandingan FTM *existing* dengan iODN

Parameter	iODN	FTM tradisional ZTE <i>existing</i> di STO CJA
Akses Informasi	menggunakan GUI	menggunakan command
Pelabelan	sudah langsung dari perangkatnya	manual dengan stiker tulis tangan
Tipe yang Digunakan	seragam	beda kapasitas beda tipe dan beda command
Tingkat Keamanan	Tinggi karena terintegrasi oleh NMS-GPON	Rendah karena menggunakan proses command yang aktivitasnya tidak dapat di record

Berdasarkan tabel perbandingan diatas, maka didapatkan keunggulan untuk iODN sebagai berikut:

1. Manajemen core optik yang lebih baik.
2. Pengukuran dan akurasi optik lebih baik.
3. Percepatan pembangunan.
4. Alokasi, back up, dan penanggulangan gangguan lebih cepat.

Berdasarkan kelebihan diatas, maka untuk nilai KPI pastinya akan lebih sempurna. Nilai MTTI yang terkait dengan waktu percepatan pembangunan dan pemasangan jaringan baru, nilai MTTR yang terkait waktu dengan alokasi, backup dan penanggulangan gangguan, serta nilai GAUL yang minimal seiring dengan tingkat kesalahan dalam alokasi dan penanggulangan gangguan yang lebih rendah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, analisis, dan proses perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Dari perhitungan LPB, pada *downlink* dihasilkan nilai $\alpha_{tot} = 19.5756$ dB, $Pr = -24.0756$ dBm, dan margin daya sebesar 3.9244 dBm, sedangkan pada *uplink* dihasilkan nilai $\alpha_{tot} = 19.7937$ dB, $Pr = -24.2937$ dBm, dan margin daya sebesar 3.7063 dBm. Untuk simulasi dihasilkan nilai $Pr_{downlink}$ sebesar -21,291 dBm, sedangkan nilai Pr_{uplink} pada -21,512 dB. Hal ini menunjukkan *link* memenuhi kelayakan LPB PT. Telkom yaitu α_{tot} maksimum 25 dB dan maksimum ITU-T G984.2 yaitu 28 dB dengan Prx yang masih berada pada batas sensitivitas penerima yaitu [-28 ; -8] dBm, dan margin daya lebih dari nol.
2. Dari perhitungan RTB, pada *downlink* didapat *rise time* total sebesar 0.2514 ns yang masih di bawah maksimum *rise time* dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns, tetapi diatas bit rate sinyal RZ se sebesar 0.1458 ns , dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi hanya memenuhi *rise time* budget sinyal NRZ. Pada *uplink* didapat nilai RTB total sebesar 0.25 ns, hal ini menunjukkan *link* memenuhi kelayakan RTB dengan maksimum *rise time* dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.5833 ns dan sinyal RZ sebesar 0.2917 ns, dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi *rise time* budget sinyal NRZ dan RZ..
3. Dari perhitungan SNR, pada *downlink* didapat nilai SNR sebesar 32.91 dB dengan BER 4.0943×10^{-110} , sedangkan pada *uplink*, nilai SNR sebesar 36.79 dB dengan BER 9.4477×10^{-264} . Semakin tinggi SNR, maka semakin baik kualitas performansi jaringan. PT. Telkom memiliki standar sistem SNR minimal untuk komunikasi serat optik sebesar 21.5 dB atau BER maksimal untuk *link* optik $10^{-6[3]}$, sehingga dapat dikatakan bahwa performansi perancangan ini sangat baik.

Daftar Pustaka:

- [1] Fikri, Haikal. 2014. “Analisa Performansi Teknologi CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) pada Jaringan ODC (Optical Distribution Cabinet) STO-Cijaura Menggunakan Opti System”. Bandung : Universitas Telkom
- [2] ITU, 2000, ITU-T Recommendation L.40, “Optical fiber outside plant maintenance support, monitoring and testing system”.
- [3] ITU-T. 2003. ITU-T Recommendation G.984.2, “Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks”.
- [4] Keiser, Gred. 1991. “Optical Fiber Communications”. Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc
- [5] Kencanawati, Dwi. 2014. “Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Capable Passive Optical Network (GPON) untuk Apartmen Newton (Newton Residence) Bandung”. Bandung : Universitas Telkom
- [6] Pramanabawa, Ida Bagus. 2013. “Analisa Rise Time Budget dan Power Link Budget dari STO ke Pelanggan Infrastruktur GPON (Gigabit Passive Optical Network) PT.Telekomunikasi Divisi Access Denpasar”. Bali: Universitas Udayana
- [7] PT.Telekomunikasi Indonesia Tbk, Direktorat Network dan Solution. 2010. “Pedoman Pemasangan Jaringan Akses Fiber Optik”. PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. Bandung
- [8] Telkom Indonesia, PT. 2012. “Modul 9 – Fiber Termination Management System (FTMs)”. PT. Telkom Indonesia
- [9] Telkom Indonesia, PT. 2012. “Modul 1 - Overview Jaringan FTTx”. PT. Telkom Indonesia
- [10] Siahaan, Muhamad Ramdhan Mardiana. 2012. “Perancangan Jaringan Akses Fiber to the Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Gigabit Capable Passive Optical Network (GPON) di Perumahan Setra Duta Bandung”. Bandung : Institut Teknologi Telkom