

ANALISA JARINGAN FTTH STO JOHAR KE MG SETOS BERDASARKAN TEKNOLOGI GPON DI PT. TELKOM AKSES DIGITAL LIFE REGIONAL IV JATENG DAN D.I.Y

Mochamad Subchan Mauludin^{1a)}, Indah Rahmawati

¹⁾ Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

^{a)}e-mail: aan.subhan18@gmail.com

ABSTRAK

Serat optik merupakan media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dan teknologinya disebut Jaringan Lokal Akses Fiber. FTTH (Fiber To The Home). Analisa jaringan FTTH berteknologi GPON dengan parameter daya transmisi di Optical Line Terminal, daya receiver, redaman kabel serat optik, konektor, passive splitter, dan sambungan, jaringan FTTH STO Johar ke MG Setos dilakukan dengan metode link power budget dan rise time budget. Pr sensitivitas uplink dan downlink menunjukkan nilai rata-rata, yakni -13,71997 dBm dan -13,55897 dBm sehingga margin daya yang didapatkan adalah 0,28003 dBm untuk uplink dan 0,44103 dBm untuk downlink. Sedangkan untuk rise time total sebesar 0,667 ns untuk downlink. Hasil dari perhitungan dan skema FTTH STO Johar ke MG Setos sesuai dengan standar di PT. Telkom.

Kata Kunci: FTTH, GPON, link power budget, rise time budget

1. PENDAHULUAN

PT. Telkom menghadirkan layanan Triple Play Service atau layanan data, suara dan video melewati akses broadband hanya dengan berlangganan satu jenis media koneksi saja. Untuk menyalurkan layanan *Triple Play Service* kepada pelanggan pada awalnya menggunakan teknologi MSAN (*Multi Service Access Node*) berdasarkan kabel tembaga, namun teknologi ini semakin kurang optimal karena tembaga memiliki keterbatasan kapasitas dan daya tahannya tidak bisa lebih dari 10 tahun. Untuk penyediaan layanan dengan kapasitas bandwidth yang besar diperlukan migrasi

dari jaringan akses tembaga menjadi jaringan akses menggunakan serat optik yang bandwidth-nya dapat mencapai 2,488 Gbps. Atas dasar inilah PT Telkom membangun jaringan akses *fiber-to-the-home* (FTTH) sehingga dapat mengirim data dengan lebih cepat dan bandwidth yang lebih besar. Salah satu faktor yang mempengaruhi jaringan akses FTTH adalah teknologi yang dipilih, yaitu *Gigabit Passive Optical Network* (GPON).

2. LANDASAN TEORI

Serat Optik

Serat optik merupakan saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus

dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Serat optik yang digunakan adalah yang sesuai dengan standar ITU-T G.652.D dan G.657.A. Serat optik ITU-TG.652.D digunakan untuk kabel feeder dan kabel distribusi. Rugi-rugi serat optik ITU-T G.652.D dan G.657.A pada panjang gelombang 1310 nm sebesar $\leq 0,35$ dB/Km dan pada panjang gelombang 1490 nm sebesar $\leq 0,28$ dB/Km (Adi Nugroho,2012).

GPON

GPON merupakan teknologi PON khusus FTTH yang mengandung perangkat optik pasif dalam jaringan distribusi optik. Perangkat optik yang dipakai adalah konektor, *passive splitter*, dan kabel optik yang dikembangkan oleh ITU-T G.984. Dalam GPON terdapat tiga komponen utama (M. Ihsan Mutaharik,2016), yaitu :

1. OLT (optical line termination) (Brilian Dermawan,2016)

Tabel 1. Spesifikasi OLT

Parameter	Spesifikasi	Unit
Optical Transmit Power	5	dBm
Downlink Wavelength	1490	nm
Uplink Wavelength	1310	nm
Video Wavelength	1550	nm
Spectrum Width	1	nm
Downstream Rate	2.4	Gbps
Upstream Rate	1.2	Gbps
Optical Rise Time	160	ps

2. ODN (optical distribution network) adalah jaringan optik antara perangkat OLT sampai perangkat ONU/ONT. Optical Distribution Network (ODN) menyediakan sarana transmisi optik dari OLT terhadap pengguna dan sebaliknya. Transmisi ini menggunakan komponen optik pasif. ODN menyediakan peralatan transmisi optik antara OLT dan ONU. Perangkat Interior pada ODN terdiri dari (Adi Nugroho, 2012) :

- a. Optical Fiber/ Kabel Fiber Optik.
- b. Splices merupakan peralatan yang digunakan untuk menyambungkan kabel serat optik secara permanen.
- c. Konektor.
- d. Splitter yang akan digunakan ada 2 tipe yaitu splitter 1:4 dan splitter 1:8. Splitter 1:4 dengan loss 7,25 dB diletakan di ODC dan memiliki redaman 5.9-7.8 dB, sedangkan splitter 1:8 dengan loss 10,28 dB diletakan di ODP dan memiliki redaman 8.1-11.4 dB.

3. ONT (optical network termination) (Brilian Dermawan,2016)

Tabel 2. Spesifikasi ONT

Parameter	Spesifikasi	Unit
Downstream Rate	2.4	Gbps
Upstream Rate	1.2	Gbps
Downlink Wavelength	1490	nm
Uplink Wavelength	1310	nm
Video Wavelength	1550	nm
Spectrum Width	1	nm
Optical Rise Time	200	ps

FTTH

Fiber To The Home atau yang disebut dengan FTTH, adalah suatu jaringan akses atau jaringan yang menghubungkan antara pusat layanan dengan peralatan pelanggan atau Customer Premises Equipment (CPE) dengan menggunakan Fiber Optik (Puspita Sari,2014).

Link Power Budget

Perhitungan link power budget untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Bentuk Persamaan untuk perhitungan redaman total pada link power (M.zainudin, M.samsono, & H.mahmudah,2011), yakni:

$$\alpha_{tot} = L.\alpha_{serat} + N_c.\alpha_c + N_s.\alpha_s + S_p + \text{Rendaman}$$

$$\text{Instalasi} \quad (1)$$

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - 6 \quad (2)$$

$$M = (P_t + P_r(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM \quad (3)$$

Keterangan : P_Rx = Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm), SM = Safety Margin (berkisar 6-8 dB) , α_{total} = Redaman Total sistem(dB), L =Panjang serat optic (Km), α_{con} = Redaman Konektor (dB/buah), α_{splice} = Redaman sambungan (dB/sambungan), α_{serat} = Redaman serat optik (dB/Km), $\alpha_{splitter}$ = Redaman Splitter (dB), M = Margin daya (dB), P_{Tx} = Daya Transmitter (dBm), P_r =Sensitivitas detektor (dBm).

Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis apakah kinerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital kurang dari atau sama dengan 70 persen dari satu periode bit NRZ (Non-Return-to-Zero) Perhitungan Rise time budget menggunakan Persamaan berikut:

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intra}^2 + t_{intra}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \quad (4)$$

Keterangan: t_{total} = total rise time budget (ns), t_{tx} = rise time transmitter (ns), t_{rx} = rise time receiver (ns), $t_{intra} = t_{material} + t_{waveguide}$ (ns), $t_{intra} =$ bernilai nol untuk serat optik *single mode* (ns).

Menghitung maksimum rise time dari bit rate NRZ menggunakan Persamaan berikut :

$$T_r = 0,7/Br \quad (5)$$

Dengan T_r = bit rate (Gbps) dan Br = maksimum rise tim (ns). Untuk menghitung $t_{material}$ menggunakan Persamaan berikut :

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times D_m \quad (6)$$

Dengan $\Delta\sigma$ = lebar spektral (nm), L = panjang serat optik (km), D_m = Dispersi material (ps/nm.km).

Untuk menghitung $t_{\text{waveguide}}$ menggunakan Persamaan berikut :

$$t_{\text{waveguide}} = \frac{L}{c} \times \left[n_2 + \left(n_2 \times \Delta_s \times \frac{dV_b}{dv} \right) \right] \quad (7)$$

Dengan C = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), n_2 = indeks bisa selubang dan Δ_s = selisih indeks bias inti dan salubang.

Untuk menghitung indeks bias menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta_s = (n_1 - n_2) / n_1 \quad (8)$$

Dengan n_1 = indeks bias inti. Untuk menghitung frekuensi dinormalkan menggunakan persamaan berikut :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \times a \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{1/2} \quad (9)$$

Dengan V = frekuensi dinormalkan, λ = panjang gelombang dan a = jari-jari inti.

Untuk menghitung dV_b/dv menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{dV_b}{dv} = 1 + \left(\frac{u_c^2}{V^2} \right) \quad (10)$$

Dengan :

$$u_c^2 = (2 \times V)^{1/2}. \quad (11)$$

Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi oleh Parameter yang digunakan pada analisis jaringan FTTH adalah nilai daya Tx dan daya Rx sensitivity, dan redaman di sepanjang kabel serat optik,

konektor, passive splitter, dan sambungan. Analisis daerah MG Setos menggunakan link power budget yang bertujuan untuk mencari nilai daya di pelanggan (daya Rx sensitivity). Data redaman dari OLT (Optical Line Terminal) MG Setos ke ONT pelanggan jalan raya menggunakan data dari PT. Telkom Akses yang berada di Semarang, dan nilai total redaman ditambah toleransi standar PT. Telkom adalah 28 dBm (M.Zainudin, M.sansono, dan H. Mahmudah, 2011).

3. METODE PENELITIAN

. Metode yang digunakan dalam analisis ini dengan berbagai cara, yaitu pengamatan langsung, wawancara, kepustakaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Perangkat Tambahan

Jarak dari STO Johar ke MG Setos sekitar 2,4 Kilometer dengan jalur yang berada dengan jalan raya. Jalur ini merupakan jalur milik STO Johar yang mengarah langsung ke MG Setos.

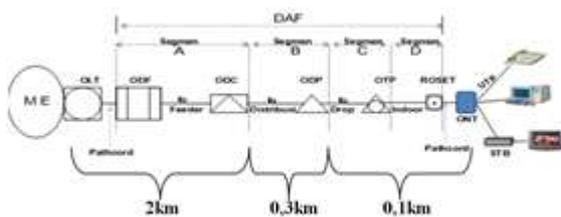
Tabel 3. Kebutuhan Perangkat Tambahan

Perangkat	Jumlah	Unit
ONT	180	Buah
ODP kapasitas 1x1:8	10	Buah
ODP kapasitas 2x1:8	3	Buah
SP 1:8	10	Buah
SP 1:4	3	Buah
Kabel Feeder (Serat G.652.D)	2	Km
Kabel Distribusi (Serat G.652.D)	1	Km
Patch Chord G.652.D	100	M

Analisa Power Link Budget

Perhitungan link power budget digunakan untuk mengetahui besar nilai redaman total yang diperbolehkan antara daya pemancar dan sensitivitas penerima. Daya yang diijinkan dalam teknologi GPON adalah sebesar -28 dBm. Perhitungan ini dilakukan pada jarak terdekat dan terjauh, karena teknologi GPON memiliki panjang gelombang asimetrik dalam pretransmisiannya. Panjang gelombang yang digunakan 1490 nm pada Downstream. Jalur sebelum ONT dilalui oleh ODC yang memiliki splitter 1:4 dengan faktor redaman 7,25 dB dan 1 : 8 dengan faktor redaman 10,5

dB.



Gambar 1. Sketsa Jaringan FTTH MG Setos

Data-data yang digunakan pada perhitungan antara lain:

1. Daya keluaran sumber optik (OLT/ONU): 5 dBm
2. Sensitivitas Detektor (OLT/ONU): -28 dBm
3. Rendaman Serat Optik G.652(1310/1490) : 0,35 dB/Km , 0,28 dB/Km
4. Rendaman Splice: 0.05 dB/splice
5. Konektor :0,2 dB
6. SP 1:8 : 10,5 Db
7. Jumlah Sambungan : 6 Buah
8. Jumlah Konektor : 6 Buah
9. Rendaman Instalasi : 2,86497 dB

Jarak Perhitungan *Link Power*

Budget antara lain:

STO – ODC sepanjang 2 Km

ODC – ODP sepanjang 0,3 Km

ODP – ONT sepanjang 0,1 Km

Dengan rumus *Downlink*:

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= L.aserat+Nc.ac + Ns.as+ Sp+Rendaman Instalasi \\ \alpha_{tot} &= (2 \times 0,28) + (0,3 \times 0,28) + (6 \times 0,2) + (6 \times 0,1) \\ &\quad +10,5 + 2,86497 \\ &= 0,56 + 0,084 + 1,2 + 0,6 + 10,5 + 2,86497 \\ &= 15,80897 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr &= Pt - \alpha_{tot} - 6 \\ &= 5 - 15,80897 - 6 = -16,80897 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (Pt+Pr(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM \\ &= (5 + 17) - 15,80897 - 6 \\ &= 0,19103 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Nilai M yang diperoleh dari hasil perhitungan downlink ternyata menghasilkan nilai yang masih berada

diatas 0 (nol) dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link diatas memenuhi kelayakan *link power budget*.

Dengan persamaan SP 1:8

Dengan rumus *Uplink*:

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= L.\alpha_{serat} + N_c.\alpha_c + N_s.\alpha_s + Sp + \text{Rendaman Instalasi} \\ &= (2 \times 0,35) + (0,3 \times 0,35) + (0,1 \times 0,35) + (6 \times 0,2) \\ &\quad + (6 \times 0,1) + 10,5 + 2,86497 \\ &= 0,7 + 0,105 + 0,035 + 1,2 + 0,6 + 10,5 + 2,86497 \\ &= 16,00497 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr &= Pt - \alpha_{tot} - 6 \\ &= 5 - 16,00497 - 6 \\ &= -17,00497 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (Pt + Pr(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM \\ &= (5 + 18) - 16,00497 - 6 \\ &= 0,99503 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Nilai M yang diperoleh dari hasil perhitungan uplink ternyata menghasilkan nilai yang masih berada diatas 0 (nol) dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link diatas memenuhi kelayakan *link power budget*.

Dengan persamaan SP 1:4

Dengan rumus *Downlink*:

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= L.\alpha_{serat} + N_c.\alpha_c + N_s.\alpha_s + Sp + \text{Rendaman Instalasi} \\ \alpha_{tot} &= (2 \times 0,28) + (0,3 \times 0,28) + (6 \times 0,2) + (6 \times 0,1) \\ &\quad + 7,25 + 2,86497 \\ &= 0,56 + 0,084 + 1,2 + 0,6 + 7,25 + 2,86497 \\ &= 12,55897 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr &= Pt - \alpha_{tot} - 6 \\ &= 5 - 12,55897 - 6 \\ &= -13,55897 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (Pt + Pr(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM \\ &= (5 + 14) - 12,55897 - 6 \\ &= 0,44103 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Nilai M yang diperoleh dari hasil perhitungan downlink ternyata menghasilkan nilai yang masih berada diatas 0 (nol) dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link diatas memenuhi kelayakan *link power budget*.

Dengan rumus *Uplink*:

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= L.\alpha_{serat} + N_c.\alpha_c + N_s.\alpha_s + Sp + \text{Rendaman Instalasi} \\ &= (2 \times 0,35) + (0,3 \times 0,35) + (0,1 \times 0,35) + (6 \times 0,2) \\ &\quad + (6 \times 0,1) + 7,25 + 2,86497 \\ &= 0,7 + 0,105 + 0,035 + 1,2 + 0,6 + 7,25 + 2,86497 \\ &= 12,71997 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr &= Pt - \alpha_{tot} - 6 \\ &= 5 - 12,71997 - 6 \\ &= -13,71997 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (Pt + Pr(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM \\ &= (5 + 14) - 12,71997 - 6 \\ &= 0,28003 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Nilai M yang diperoleh dari hasil perhitungan uplink ternyata menghasilkan nilai yang masih berada diatas 0 (nol) dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link diatas memenuhi kelayakan link power budget.

Pada Tabel 5. ditunjukkan perbandingan nilai perhitungan dan nilai pengukuran daya keluaran di ONT.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Perhitungan dan Nilai Pengukuran

Pr Perhitungan (dBm)		Pr Pengukuran (dBm)	
<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>
-13,55897	-13,71997	-16,80897	-17,00497

Rata-rata dari perhitungan dan pengukuran dapat di hitung, yakni:

$$\Delta = P_r \text{ perhitungan} - P_r \text{ pengukuran}$$

$$\Delta_{\text{uplink}} = -13,71997 - (-17,00497)$$

$$= 3,285 \text{ dBm}$$

$$\Delta_{\text{downlink}} = -13,55897 - (-16,80897)$$

$$= 3,25 \text{ dBm}$$

Sehingga didapat hasil dari *uplink* perbedaan sebesar 3,285 dBm dan untuk *downlink* perbedaan sebesar 3,25 dBm.

Jika dibuat bentuk persen yakni:

$$\Delta(\%) = \frac{\Delta}{P_r \text{ perhitungan}} \times 100\%$$

$$\Delta(\%)_{\text{uplink}} = \frac{3,285}{-13,71997} \times 100\%$$

$$= -23,94\%$$

$$\Delta(\%)_{\text{downlink}} = \frac{3,25}{-13,55897} \times 100\%$$

$$= -23,969\%$$

Sehingga hasil perbedaan perhitungan dan pengukuran daya keluar di pelanggan yakni *uplink* sebesar 23,94% dan *downlink* sebesar 23,969%.

Berdasarkan hasil perhitungan Link Power Budget, daya *receiver* rata-rata perhitungan, yakni -13,55897 dBm untuk *uplink* dan -13,71997 dBm untuk *downlink*. Pada pengukuran Daya *receiver* rata-rata, yakni -16,80897 dBm untuk *uplink* dan -17,00497 dBm untuk *downlink*. Hal ini juga menunjukkan bahwa nilai perhitungan dan pengukuran berbeda sedikit. Perbandingan

pengukuran dan perhitungan dapat di hitung, yakni :

$$\Delta = P_r \text{ pengukuran} - P_r \text{ perhitungan}$$

$$\Delta_{\text{uplink}} = -17,00497 - (-13,71997) = -3,287 \text{ dBm}$$

$$\Delta_{\text{downlink}} = -16,80897 - (-13,55897) = -3,25 \text{ dBm}$$

Sehingga didapat hasil dari *uplink* perbedaan sebesar -3,287 dBm dan untuk *downlink* perbedaan sebesar -3,25 dBm.

Jika dibuat bentuk persen yakni:

$$\Delta(\%) = \frac{\Delta}{P_r \text{ perhitungan}} \times 100\%$$

$$\Delta(\%)_{\text{uplink}} = \frac{-3,287}{-13,71997} \times 100\%$$

$$= 23,9578\%$$

$$\Delta(\%)_{\text{downlink}} = \frac{-3,25}{-13,55897} \times 100\%$$

$$= 23,969\%$$

Sehingga hasil perbedaan perhitungan dan pengukuran daya keluar di pelanggan yakni *uplink* sebesar 23,9578% dan *downlink* sebesar 23,969%. Ini menunjukkan bahwa perancangan dan pemasangan jaringan berbeda < 2% dan sudah memenuhi standar ITU-T G.984, yakni P_r -28 dBm.

Analisa Rise Time Budget

Tabel 5. Spesifikasi alat untuk Rise Time Budget

Parameter	Keterangan
Λ	1310 nm dan 1490 nm
$\Delta\sigma$	1nm/1nm
t_{tx} (OLT/ONT)	$(160 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3})ns$

D _m (1310/1490)	(3,56/13,64)ps/nm.km
T _{rx} (OLT/ONT)	(160x10 ⁻³ /200x10 ⁻³)ns
Pengkodean	NRZ
Jenis serat optic	Single Mode Fiber
Indeks bias Inti (n ₁)	1,48
Indeks bias selubung(n ₂)	1,46
Jari-jari inti	4,5 μm

Perhitungan *rise time budget* dilakukan untuk ketiga opsi pada jarak terjauhnya. Berikut perhitungan rise time budget jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing jarak terjauh opsi pertama. Perhitungan dibagi dua, yakni dari sisi downlink dan sisi uplink. Perhitungan dengan jarak jarak sebagai berikut :

- STO - ODC Meranti sepanjang 2, km
- ODC – ODP sepanjang 0,3 km
- ODP - ONT sepanjang 0,1 km

Sisi *downlink Bit Rate downlink* (Br) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$\begin{aligned}
 tr &= 0,7 / Br \\
 &= 0,7 / 2,4 \times 10^9 \\
 &= 0,292 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Menentukan t_{material} dengan persamaan 6

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 2,3 \text{ Km} \times 0.01364 \text{ ns/nm.Km} \\
 &= 0,031372 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Unuk menghitung indeks bias persamaan 8

$$\begin{aligned}
 \Delta s &= n1 - n2 / n1 \\
 &= 1.48 - 1.46 / 1.48 \\
 &= 13.5 \times 10^{-3} \\
 &= 0.3789
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{2\pi}{\lambda} \times \alpha \times n^1 (2 \times \Delta s)^{1/2} \\
 &= \frac{2 \times 3.14}{1.49} \times 4,5 \times 1.48 (2 \times (13.5 \times 10^{-3}))^{1/2}
 \end{aligned}$$

Untuk Mencari dVb/dv menggunakan persamaan 10 dan 11.

$$\begin{aligned}
 Uc^2 &= 2 \times (v)^{1/2} \\
 &= 1.5156
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{dVb}{dv} &= 1 + \left(\frac{Uc^2}{v^2}\right) \\
 &= 1 + \left(\frac{1.5156}{0.3789^2}\right) \\
 &= 4.59
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung *twaveguide* menggunakan persamaan 7.

$$\begin{aligned}
 t_{\text{waveguide}} &= \frac{L}{c} \times \left[n_2 + \left(n_2 \times \Delta_s \times \frac{dVb}{dv} \right) \right] \\
 &= \frac{2300}{3 \times 10^8} [1.46 + (1.46 \times 13.5 \times 10^{-3} \times 4.59)] \\
 &= 1.189 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari $t_{\text{intramodal}}$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{intramodal}} &= t_{\text{material}} + t_{\text{waveguide}} \\
 &= 0.031372 + 1.189 \times 10^{-5} \\
 &= 0.031338
 \end{aligned}$$

Untuk mencari hasil rise time budget menggunakan persamaan 4.

$$\begin{aligned}
 t_{\text{total}} &= (tr^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + trx^2)^{1/2} \\
 &= (0.162 + 0.0313382 + 02 + 0.22)^{1/2} \\
 &= 0.667 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget* total sebesar 0,667 ns.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Hasil perhitungan (pengukuran) pelanggan jaringan Fiber To The Home (FTTH) di dapat nilai daya receiver rata-rata adalah Pr Perhitungan $-13,71997$ dan Pr Pengukuran $-17,00497$ dBm untuk uplink dan Pr Perhitungan $-13,55897$ dan Pr Pengukuran $-16,80897$ dBm untuk downlink. Ini menunjukkan bahwa perancangan sudah memenuhi standar ITU-T G.984 yakni Pr < -28 dBm.
2. Perbedaan nilai rata-rata penghitungan *uplink* sebesar $3,285$ dBm dengan $-23,94\%$ dan penghitungan downlink sebesar $3,25$ dBm dengan $-23,969\%$.
3. Berdasarkan *rise time budget* jaringan FTTH di MG Setos dapat diterapkan karena memenuhi standar dari PT. Telkom Akses Digital Life.

Saran

Dalam analisa ini sebaiknya ditambahkan kualitas pelayanan *triple play*, seperti pengecekan kualitas streaming dan kecepatan transfer data, baik proses *download* maupun *upload*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dermawan Brilian, 2016, "Analisa Jaringan FTTH (Fiber To The Home) Berteknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network)". Universitas Diponegoro
- Ihsan Maulana, Muhammad, 2016, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Opticalnetwork (GPON) di Central Karawaci". Makalah Tugas Akhir. Universitas Telkom,
- M. Zainudin, M. Samsono dan H. Mahmudah, 2011, "Analisa Perhitungan Untuk Kebutuhan Daya Serat Optik Di Telkom", Jurnal Tugas Akhir, Intsitusi Teknologi Sepuluh November
- Nugroho S, Adi, 2012, "Teknologi Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON) Sebagai Triple Play Services". Makalah Kerja Praktek. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Puspita Sari, Velesitas Mega, 2014, Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Wilayah Permata Buah Batu I dan II. Tugas Akhir. Universitas Telkom.