
PERENCANAAN PENJALURAN JARINGAN *FIBER OPTIC* PADA KLUSTER PERUMAHAN

Evyta Wismiana¹, Fauzan Kamil², Ubaidillah Zuhdi³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor, Indonesia

³Fakultas Ekonoi Bisnis dan Teknik Digital Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

e-mail : evytawismiana@unpak.ac.id¹, ubaidillah.zuhdi@unusa.ac.id²

Abstrak

Pada keadaan sosial era sekarang, kebutuhan komunikasi untuk kegiatan maupun aktivitas sehari-hari manusia sangat diperlukan. Apalagi kebutuhan komunikasi jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi telekomunikasi seperti jaringan internet yang menjadi konsumsi manusia setiap harinya. Perkembangan teknologi telekomunikasi jaringan internet pada era sekarang salah satunya menggunakan media transmisi kabel *fiber optic* yang mana mempunyai bahan dasar kaca atau silica dimana penggunaan media transmisi komunikasi teknologi kabel sepaksi (*coaxial cable*) sudah mulai ditinggalkan. Penggunaan sistem jaringan internet berbasis *fiber optic* memerlukan perencanaan yang dimaksudkan untuk mengetahui kebutuhan perangkat dan komponen yang akan diimplementasikan nantinya untuk pelanggan (*user*). Selain itu juga, perencanaan juga dapat diperlukan untuk menghitung nilai-nilai parameter anggaran daya (*Link Power Budget*) dan juga analisis anggaran waktu bangkit (*Rise Time Analysis*) yang akan berhubungan dengan layak atau tidaknya sebuah perencanaan.

Kata Kunci : *Fiber Optic, Link Power Budget, Rise Time Analysis, Perencanaan, User*

Abstract

In today's social situation, communication is indispensable for human activities. Moreover, the need for long-distance communication by utilizing telecommunications technology such as the internet is needed every day. Currently, the development of internet network telecommunications technology uses fiber optic where coaxial technology is no longer used. The basic material of optical fiber is glass or silica. The use of an internet network on fiber-based optical fiber requires planning that aims to determine the needs of devices and components that will later be implemented for customers (users). In addition, planning can also be needed to calculate the value of the power budget parameter (Link Power Budget) and also an analysis of the rise time budget (Rise Time Analysis) which will relate to whether or not a plan is feasible.

Keywords: Fiber Optic, Link Power Budget, Rise Time Analysis, Planning, Users

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi yang membutuhkan jaringan internet pada penggunaannya, maka kecepatan jaringan internet pun sangat berpengaruh pada kinerja sebuah perangkat atau sistem yang terkoneksi. Terlebih pada perangkat yang membutuhkan koneksi internet yang berkecepatan tinggi. Salah satu teknologi yang erat hubungannya dengan jaringan internet adalah teknologi *fiber optic* (serat optik) yang mana merupakan alternatif media transmisi komunikasi selain menggunakan teknologi kabel sepaksi (*coaxial cable*). Pada penerapannya, pemasangan kabel

fiber optic memerlukan beberapa komponen maupun perangkat yang saling terintegrasi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (*user*). Selain itu, perencanaan pada penjaluran jaringan *fiber optic* sangat dibutuhkan untuk menentukan perangkat apa saja yang akan dibutuhkan pada implementasinya, kuantitas perangkat yang digunakan pada implementasinya, dan juga peletakan perangkat sesuai keadaan di lapangan. Dengan tidak adanya perencanaan dapat berdampak negatif pada penggunaan biaya dan yang terpenting adalah pengaruh level daya pengirim ke level daya penerima, yang dapat disebut *Link Budget*.

Perusahaan XYZ menggunakan sistem perencanaan secara virtual yang memanfaatkan perangkat lunak *Google Earth*. Dimana pada perencanaan tersebut dibuat titik-titik perangkat yang dibutuhkan dan juga gambaran dari penjaluran kabel *fiber optic*.

2. PENJALURAN JARINGAN FIBER OPTIK

Terdapat beberapa jenis kabel *fiber optic* yang digunakan tergantung dengan keadaan dan fungsi berbeda, diantaranya:

a. *All Dielectric Self Supporting (ADSS)*
 ADSS merupakan jenis kabel *fiber optic* yang tidak mempunyai elemen logam konduktif. Kabel ADSS menurut standar ITU-T G.652.D (1310/1550) ini memiliki redaman *fiber optic* 0,4 dB/km pada *uplink* dan 0,3 dB/km downlink.

b. Kabel Figure-8
 Kabel Figure-8 didesain khusus untuk kabel di udara yang proses instalasinya mudah. Kabel ini dilengkapi oleh sling baja (*messenger wire*) untuk memperkuat daya rentang (andongan).

c. Kabel *Fiber Armoured (Direct Buried/Ducted)*
 Kabel *Fiber Armoured* merupakan kabel *fiber optic* yang mempunyai lapisan pelindung *corrugated steel* (lapis baja tipis bergelombang) yang mana berfungsi untuk perlindungan disaat penggunaan bawah tanah.

d. FTTH Cable
 FTTH merupakan singkatan dari *Fiber to the Home* yang mana merupakan suatu format penghantaran isyarat *optic* dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan *fiber optic*.

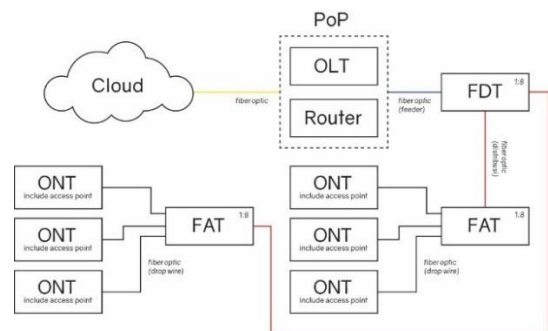
Jarak antar tiang yang digunakan pada implementasi perkotaan kisaran 30 m dan jarak di desa atau perkampungan berkisar 50 m.

Tabel 1. Parameter Standarisasi Kabel Fiber Optic di Perusahaan XYZ

No	Parameter		Standard
1	<i>Fiber</i>	Compliance	ITU.T Standart G.652.D
		Number	2
		Color	EIA 598A
2	Strength Element	Material	GRP / FRP
		Diameter	1 x 0.5 mm (approximately)
3	Outer Sheath	Material	PVC-FR / Black LSZH / Flame Retardant
4	Messenger Wire (Optional)	Material	Wire
		Diameter	1.2 mm (approximately)
5	Cable Dimension (approximately)	Width	5.50 mm
		Height	2.30 mm
6	Tensile Strength	Min	130 N
7	Breaking Strength	Min	600 N

2.2 Skema Penjaluran Jaringan Fiber Optik

Pada skema yang akan ditampilkan merupakan penjaluran jaringan *fiber optic* yang melalui PoP. Berikut merupakan diagram blok Skema Penjaluran Jaringan *Fiber Optic* pada Gambar 2 :











Gambar 2. Diagram Blok Skema Penjaluran Jaringan fiber Optik

2.3 Sistem Perencanaan Penjaluran Jaringan Fiber Optic

Pada perusahaan XYZ, perencanaan dilakukan menggunakan *Google Earth*. Di bawah ini Tabel 2 merupakan tabel simbol-simbol yang sering digunakan pada perencanaan jaringan *fiber optic*

Tabel 2. Simbol-simbol yang digunakan pada perencanaan jaringan *Fiber Optic*

No.	Simbol-simbol	Keterangan
1		PoP ODC
2		Join Box
3		FDT
4		FAT
5		User/homepass
6		POP ODC to FDT (Feeder)
7		FDT to FAT (Distribusi)
8		FAT to User (Drop Wire)

Pada Gambar 4 merupakan contoh perencanaan penjaluran FTTH perumahan yang telah digambarkan pada perangkat lunak *Google Earth* :



Gambar 3. Contoh Perencanaan Penjaluran FTTH via Google Earth

2.4 Point of Presence (PoP)

Point of Presence (PoP) merupakan infrastruktur yang berfungsi untuk memperluas jangkauan jaringan yang nantinya terhubung ke pelanggan. Alasan perlu dibangun suatu *PoP* untuk melayani permintaan calon pelanggan yang belum ter-cover jaringan yang telah ada. [2] perusahaan XYZ sendiri mempunyai tiga macam klasifikasi PoP sesuai dengan bentuk fisik dan jangkauan, diantaranya :

a. Shelter PoP

PoP Shelter merupakan bangunan fisik yang di dalamnya terdapat ruangan berisikan komponen maupun perangkat yang bekerja.

b. Mini PoP

Mini *Point of Presence (PoP)* merupakan tempat berbentuk panel dengan skala lebih kecil, dimana panel tersebut dinamakan *Optical Distribution Cabinet (ODC)*. Umumnya Mini PoP ini dapat ditemukan di area kluster perumahan maupun kluster majemuk.

c. Micro PoP

Micro *Point of Presence* merupakan bentuk lebih kecil lagi dari Mini PoP, yang mana bentuk fisik ODC (*Optical Distribution Cabinet*) berukuran lebih kecil. Jangkauan untuk Micro PoP sendiri itu sedikit dibandingkan dengan Mini PoP.

Salah satu *Point of Presence* yang akan dijadikan objek pembahasan nanti yaitu *Point of Presence (PoP) 1BGR006 Taman Yasmin ODC*.



Gambar 4. Peta Lokasi PoP 1BGR006 TamanYasmin ODC



Gambar 5. *Point of Presence* 1BGR006 Taman Yasmin ODC

Pada *Point of Presence 1BGR006 Taman Yasmin ODC* yang menjadi objek pembahasan, terdapat perangkat-perangkat saling terintegrasi satu sama lain di dalam *cabinet* tersusun dalam rak-rak.

- *Optical Line Terminal (OLT)*

Optical Line Terminal atau yang disingkat OLT merupakan perangkat jaringan telekomunikasi pada teknologi *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*, dimana fungsi OLT sebagai *end-point* dari layanan GPON itu sendiri.

- *Optical Distribution Frame (ODF)*

Optical Distribution Frame (ODF) merupakan titik terminasi kabel *fiber optic*, yang mana juga sebagai tempat peralihan dari kabel *fiber optic* diluar *Optical Distribution Cabinet (ODC)* ke kabel di dalam ODC.

- Konektor

Dalam pemasangan kabel *fiber optic* perlu sekali perangkat penyambung antar *fiber optic* yang dinamakan konektor. Umumnya tipe SC/UPC dengan redaman 0,25 dB.

- *Joint Box*

Joint box merupakan perangkat yang berfungsi untuk penyambungan kabel *fiber optic*. Umumnya *joint box* terdapat dua macam tipe, *closure inline* dan *closure dom*.

- *Splicer Fiber Optic*

Berfungsi untuk menyambung kabel *fiber optic* yang terputus. Pada sambungan kabel *fiber optic*, mempunyai nilai redaman kisaran 0,1 dB.

- *Fiber Distribution Terminal (FDT)*

Fiber Distribution Terminal atau disingkat FDT, merupakan perangkat *Fiber to the Home* yang menghubungkan kabel *feeder* (dari arah PoP ODC) dan juga kabel *distribusi* (ke arah FAT).

- *Fiber Access Terminal (FAT)*

Fiber Access Terminal (FAT) merupakan perangkat berbentuk box untuk pengelolaan kabel pada FTTH.

- *Splitter*

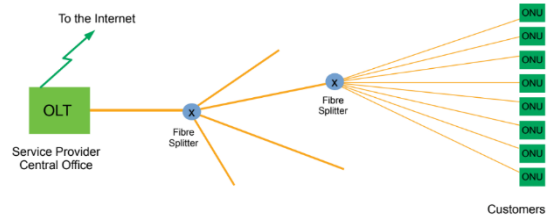
Splitter fiber optic merupakan perangkat distribusi daya optik yang membagi saluran menjadi dua atau lebih saluran. Umumnya tipe *splitter* yang digunakan adalah *splitter* 1:4 (7,25 dB), 1:8 (10,38 dB), 1:16 (14,10 dB), dan 1:32 (17,45).

- *Optical Network Terminal*

Optical Network Terminal (ONT) merupakan perangkat FTTH yang berada di rumah *user*, dimana fungsinya sebagai *interface* atau titik penghubung *Customer Premises Equipment (CPE)*.

2.5 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Gigabit Passive Optical Network atau yang disingkat GPON, merupakan teknologi jaringan telekomunikasi dengan maksimum fisik transmisi berkisar 20 km dan maksimum jangkauan logis 60 km.



Gambar 6. Teknologi *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*

Kecepatan data *downstream* teknologi GPON ada pada 2,488 Gbps dan untuk *upstream* ada pada 1,244 Gbps. Percabangan GPON itu maksimal 1:64, sedangkan jarak maksimal OLT ke ONT itu berjarak 20 km.

2.6 Fiber to the Home (FTTH)

Fiber to the Home (FTTH) adalah akses jaringan *fiber optic* yang disalurkan ke pelanggan (*user*). Dalam arsitektur FTTH, sinyal optik yang mempunyai panjang gelombang 1,490 nm digunakan *downstream* sedangkan untuk panjang gelombang 1,310 nm digunakan untuk *upstream*.

2.7 Link Power Budget

Link budget/link power budget merupakan perhitungan untuk mengetahui batasan dari redaman total. Mengacu pada standar ITU-T G.948, redaman total maksimal 28 dB ($Pr > -28$ dBm). Persamaan 1 berikut merupakan persamaan total redaman sistem (α_{tot}) dalam besaran dB :

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

Dengan keterangan :

- L : panjang *fiber optic* (km)
- α_{fiber} : redaman *fiber optic* (dB/km)
- N_c dan N_s : Jumlah konektor dan jumlah sambungan
- α_c dan α_s : redaman konektor (dB/buah) dan redaman sambungan (dB/sambungan)
- α_{sp} : redaman *splitter*

Selanjutnya adalah P_{rx} , yang mana merupakan daya pada detektor (dBm).

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} - M_s \quad (2)$$

Margin daya (M) yang merupakan daya tersisa dari *power transmit*. Margin ini harus bernilai positif, dimana *gain* sistem lebih kecil sama dengan total *loss*.

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - M_s \quad (3)$$

Dengan keterangan :

- P_r : daya pada detektor (dBm)
- P_t : daya *output* sumber optik (dBm)
- M_s : margin sistem (antara 6 – 8 dB)
- M : perhitungan margin daya
- P_t : sensitivitas daya maksimum

2.8 Rise Time Analysis

Rise Time Analysis adalah sebuah metode yang menghasilkan batasan atau limitasi dispersi dalam suatu hubungan jaringan *fiber optic* pada kapasitas dari kanal.

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

Dengan keterangan :

- t_{total} : Total *rise time* (ns)
- t_{tx} : *Rise time* pemancar (ns)
- $t_{intramodal}$: $t_{material} + t_{waveguide}$ (ns)
- $t_{intermodal}$: Sebesar 0 untuk *fiber optic* model *single mode*
- t_{rx} : *Rise time* penerima (ns)

Kemudian nilai *maximum rise time* (T_r) ditunjukkan pada Persamaan 5 di bawah dengan B_r sebagai *bit rate* (Gbps) :

$$T_r = \frac{0,7}{B_r} \quad (5)$$

Untuk menghitung *rise time material* ($t_{material}$) menggunakan Persamaan 6 di bawah :

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

Dengan keterangan :

- $t_{material}$: *Rise time material* (ns)
- $\Delta\sigma$: Lebar spektral (nm)
- L : Panjang *fiber optic* (km)

D_m : *Dispersi material* (ps/nm.km)

Selanjutnya adalah *rise time waveguide* ($t_{waveguide}$)

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

Dengan keterangan :

- $t_{waveguide}$: *Rise time waveguide* (ns)
- C : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- n_2 : Indeks bias selubung
- n_1 : Indeks bias inti
- Δ_s : Selisih indeks bias selubung dengan indeks bias inti

Selisih indeks bias selubung dengan indeks bias inti (Δ_s) menggunakan Persamaan 8 :

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

Lalu frekuensi yang dinormalkan (V) :

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

Dengan keterangan :

- V : Frekuensi dinormalkan (Hz)
- λ : Panjang gelombang (m)
- a : Jari-jari inti dari *fiber optic*
- n_1 : Indeks bias inti
- Δ_s : Selisih indeks bias selubung dengan indeks bias inti

Lalu Persamaan 10 Diferensial dari frekuensi dinormalkan $\frac{dV_b}{dv}$ di bawah ini :

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

2.9 Estimasi Penggunaan Tiang pada Perencanaan

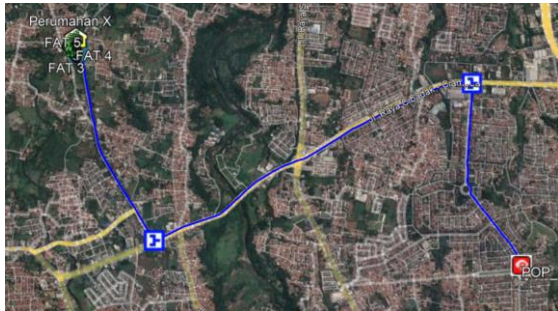
Penggunaan tiang pada penjaluran jaringan *fiber optic* memerlukan tiang pada implementasinya. Dalam implementasi yang digunakan, jarak antar tiang pada perkotaan berjarak 30 m.

$$\text{Jumlah tiang yang digunakan} = \frac{\text{jarak OLT ke FDT}}{\text{Span Kabel}} \quad (11)$$

3. PEMBAHASAN DAN ANALISIS

3.1 Penggambaran Perencanaan Penjaluran Perumahan X

Berikut Gambar 7 merupakan penggambaran yang telah dibuat menggunakan *Google Earth* :



Gambar 7 Penggambaran Jalur dari PoP ODC menuju Perumahan X

Dengan jarak 4,95 km dari OLT di PoP ODC Taman Yasmin menuju FDT Perumahan x, diperlukan tiang untuk menyangga kabel. Pada spesifikasi yang akan digunakan adalah kabel ADSS Span 100 m, namun pada implementasinya menggunakan standar 30 m, maka dari dengan Persamaan 11 sebagai berikut :

$$\text{Jumlah tiang yang digunakan} = \frac{4950 \text{ m}}{30 \text{ m}} = 165 \text{ tiang}$$

Dengan hasil perhitungan di atas, maka kebutuhan minimal perencanaan adalah 165 tiang. Penempatan *joint box* diletakkan pada simpang jalan sejumlah dua buah. *Joint box* pertama diletakkan dengan jarak dari PoP berjarak 1,28 km. *Joint box* kedua diletakkan dengan jarak dari PoP berjarak 3,62 km.

Selanjutnya pembuatan perencanaan jaringan *fiber optic* di perumahan x untuk objek perumahan yang dihubungkan dengan PoP 1BGR006 Taman Yasmin ODC. Berikut Gambar 14 Perencanaan FTTH pada kluster Perumahan X di bawah ini :

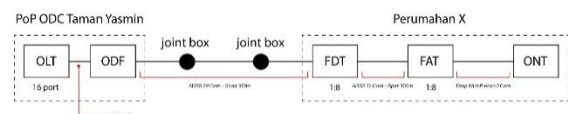


Gambar 14 Perencanaan FTTH pada kluster Perumahan X

Di atas terdapat perangkat FDT, FAT, dan ONT (*homepass*) yang saling interkoneksi. FDT yang digunakan berjumlah 1 buah yang terinterkoneksi dengan 4 buah FAT, lalu terhubung dengan 46 rumah (ONT) yang diestimasikan pada perencanaan *Google Earth*. Penggunaan *splitter* 1:8 pada FDT dan FAT. Penjaluran dari FDT menuju masing-masing FAT menggunakan kabel ADSS dengan spesifikasi 12 core Span 100. Selanjutnya penggunaan kabel *drop wire* dari FAT ke ONT. Spesifikasi kabel *drop wire* yang akan digunakan adalah *Dropcore* Precon 2 core Span 100 m.

Maka dari itu, banyaknya *homepass* pada perencanaan yang dibuat sebanyak 46 rumah. Yang berarti memerlukan 4600 m kabel *drop wire*.

Estimasi kebutuhan perangkat dilihat dari diagram pada Gambar 17 di bawah :



Gambar 17 Skema Perencanaan Penjaluran Fiber Optic Perumahan X

Dengan demikian, dari jumlah *homepass* yang ada, kebutuhan ONT sebanyak 46 perangkat. Dengan *splitter* 1:8 dari 6 perangkat FAT ke 46 perangkat ONT, maka dibutuhkan 6 perangkat *splitter* 1:8. Dengan *splitter* 1:8 dari 1 perangkat FDT ke 6 perangkat FAT, maka kebutuhan *splitter* 1:8 sebanyak 1 perangkat.

Tabel 3. Estimasi Kebutuhan Perangkat Sesuai Perencanaan

Nama Perangkat	Jumlah
OLT 16 port	1 buah
ODF	1 buah
<i>Joint Box</i>	2 buah

FDT	1 buah
FAT	6 buah
ONT	46 buah
Kabel ADSS 24 Core G652D - Span 100 m (+ 5%)	5197,5 m
Kabel ADSS 12 Core G652D - Span 100 m (+ 5%)	315 m
Kabel Drop Wire Precon 2 Core	4600 m
Splitter 1:8	7 buah
Konektor SC	85 buah
Tiang Besi/Beton	165 Tiang

3.2 Link Power Budget

Pada perhitungan *Link Power Budget* menggunakan variabel-variabel perangkat yang diestimasi sesuai perencanaan. Berikut merupakan Tabel 4 Parameter Perhitungan *Link Power Budget* :

Tabel 4. Parameter Perhitungan *Link Power Budget*

Parameter	Keterangan
P_t	5 dBm
P_r	-28 dBm
L (terjauh = 4,95 km + 0,101 km)	5,001 km
α_{fiber} ADSS G652D (1310/1550)	(0,4; 0,3) dB/km
α_s kabel feeder	0,05 dB/splice
α_s kabel distribusi	0,05 dB/splice
α_s kabel drop wire	0,05 dB/splice
α konektor SC/UPC	0,25 dB/konektor
Splitter 1:8 (1310/1550)	10,38 dB
Jumlah sambungan (splicer)	6 sambungan
Jumlah Konektor	8 buah (OLT ke ONT)
Margin Daya	6 dB

3.2.1 Uplink pada ONT terjauh

Total 5,001 km :

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{fiber} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + \alpha_{sp}$$

$$\alpha_{tot} = ((1,28 \times 0,4) + (3,62 \times 0,4) + (0,0917 \times 0,4) + (0,0093 \times 0,4)) + (8 \times 0,25) + (6 \times 0,05) + 10,38$$

$$\alpha_{tot} = 14,6804 \text{ dB}$$

Untuk nilai daya pada detektor :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M_s$$

$$P_r = (5) - (14,680) - (6)$$

$$P_r = -15,68 \text{ dBm}$$

Setelah didapatkan nilai daya pada detektor, untuk nilai margin daya :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - M_s$$

$$M = (5 - (-28)) - 14,6804 - 6$$

$$M = 12,3196 \text{ dBm}$$

3.2.2 Downlink pada ONT terjauh

Jarak OLT ke *joint box* 01 berjarak 1.28 km, lalu jarak *joint box* 02 ke FDT berjarak 3,62 km. Lalu jarak FDT menuju FAT pada distribusi 05 (pada ONT terjauh) berjarak 0,0917 km (91,7 m). Dan jarak FAT 05 ke ONT terjauh sebesar 0,0093 km (9,3 m). Maka dari jarak-jarak tersebut mempunyai total sebesar 5,001 km lalu menggunakan Persamaan 3.1 didapatkan nilai total redaman sistem :

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{fiber} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + \alpha_{sp}$$

$$\alpha_{tot} = ((1,28 \times 0,3) + (3,62 \times 0,3) + (0,0917 \times 0,3) + (0,0093 \times 0,3)) + (8 \times 0,25) + (6 \times 0,05) + 10,38$$

$$\alpha_{tot} = 14,1803 \text{ dB}$$

Setelah didapatkan nilai total redaman sistem untuk nilai daya pada detektor

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M_s$$

$$P_r = (5) - (14,1803) - (6)$$

$$P_r = -15,1803 \text{ dBm}$$

Setelah didapatkan nilai daya pada detektor, untuk nilai margin daya

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - M_s$$

$$M = (5 - (-28)) - 14,1803 - 6$$

$$M = 12,8197 \text{ dBm}$$

3.2.3 Analisis Link Power Budget Perencanaan Perumahan X

Dengan demikian, *Link Power Budget* OLT menuju ONT terjauh yang didapatkan dengan perhitungan sesuai perencanaan :

Tabel 5. Perhitungan *Link Power Budget* OLT ke ONT terjauh

Uplink			Downlink		
α_{tot} (dB)	P_r (dBm)	M (dBm)	α_{tot} (dB)	P_r (dBm)	M (dBm)
14,6804	-15,68	12,3196	14,1803	-15,1803	12,8197

Dari perhitungan yang dihasilkan didapatkan nilai P_r sebesar -15,68 dBm untuk *uplink* dan dihasilkan didapatkan nilai P_r sebesar -15,1803 dBm untuk *downlink*. Dari hasil perhitungan tersebut perencanaan yang telah dibuat

memenuhi persyaratan ITU-T G.948 maksimal 28 dB (Pr > -28 dBm). Untuk nilai margin daya (M) sebesar 12,3196 dB pada *uplink* dan sebesar 12,897 dB *downlink* menunjukkan nilai positif sesuai dengan ketentuan dimana nilai *gain uplink* dan *gain downlink* lebih kecil sama dengan nilai total *loss*.

3.3 Rise Time Analysis

Pada perhitungan *Rise Time Analysis* menggunakan variabel-variabel perangkat yang telah diestimasi sesuai perencanaan. Berikut merupakan Tabel 6 Parameter Perhitungan *Rise Time Analysis* mengikuti standar ITU-T G.652.D attribute :

Tabel 6. Parameter Perhitungan *Rise Time Analysis*

Parameter	Keterangan
Panjang gelombang (λ)	1310 nm dan 1550 nm
$\Delta\sigma$ (OLT/ONT)	1 nm / 1nm
t_{tx} (OLT/ONT)	$160 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3} ns$
D_m (1310/1550)	(0,092/0,20) ps/nm.km
t_{rx} (OLT/ONT)	$160 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3} ns$
Pengkodean	NRZ
Jenis <i>Fiber Optic</i>	<i>Single Mode</i>
Indeks bias inti (n_1)	1,48
Indeks bias selubung (n_2)	1,46
Jari-jari Inti (a)	8,6 μm
B_r (<i>uplink/downlink</i>)	1,244 Gbps / 2,488 Gbps

3.3.1 Uplink Rise Time

Dari Tabel 6 di atas, telah ditentukan parameter-parameter untuk perhitungan *rise time analysis*. Maka untuk *uplink rise time analysis*. Mencari nilai *rise time maximum uplink* :

$$T_r = \frac{0,7}{B_r}$$

$$T_r = \frac{0,7}{1,244} = 0,5627 ns$$

Lalu untuk menentukan *rise time material* :

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

$$t_{material} = (1 \times 10^{-9}) \times (5,001) \times (0,092)$$

$$t_{material} = 4,6 \times 10^{-10}$$

Lalu untuk selisih indeks bias :

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

$$\Delta_s = (1,48 - 1,46) / 1,48$$

$$\Delta_s = 0,0135$$

Untuk menentukan frekuensi dinormalkan :

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

$$V = \frac{2 \times (3,14)}{1,31 \times 10^{-6}} \times (8,6 \times 10^{-6}) \times 1,48$$

$$\times (2 \times 0,0135)^{1/2}$$

$$V = 10,004$$

Kemudian masukan ke dalam persamaan :

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

$$\frac{dV_b}{dv} = 1 + \left(\frac{(2 \times V)^{1/2}}{10,004^2} \right)$$

$$\frac{dV_b}{dv} = 1,0446$$

Lalu menentukan *rise time waveguide* ($t_{waveguide}$) :

$$t_{waveguide} = \frac{L}{C} \times \left[n_2 + \left(n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right]$$

$$t_{waveguide} = \frac{5,001}{3 \times 10^8} \times [1,46 + (1,46 \times 0,0135 \times 1,0446)]$$

$$t_{waveguide} = 2,467 \times 10^{-8}$$

Maka *rise time total uplink* menggunakan:

$$t_{total} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2}$$

$$t_{total} = \sqrt{0,16^2 + (4,6 \times 10^{-10} + 2,467 \times 10^{-8})^2 + 0^2 + 0,16^2}$$

$$t_{total} = \frac{4\sqrt{2}}{25} = 0,2262 ns$$

3.3.2 Uplink Rise Time

Maka untuk *downlink rise time analysis*. Mencari nilai *rise time maximum downlink* menggunakan :

$$T_r = \frac{0,7}{B_r}$$

$$T_r = \frac{0,7}{2,488} = 0,2813 ns$$

Lalu untuk menentukan *rise time material* :

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

$$t_{material} = (1 \times 10^{-9}) \times (5,001) \times (0,20)$$

$$t_{material} = 1,0002 \times 10^{-9}$$

Lalu untuk selisih indeks bias :

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

$$\Delta_s = (1,48 - 1,46) / 1,48$$

$$\Delta_s = 0,0135$$

Lalu untuk menentukan frekuensi dinormalkan

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

$$V = \frac{2 \times (3,14)}{1,55 \times 10^{-6}} \times (8,6 \times 10^{-6}) \times 1,48$$

$$\times (2 \times 0,0135)^{1/2}$$

$$V = 8,456$$

Lalu menggunakan :

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

$$\frac{dV_b}{dv} = 1 + \left(\frac{(2 \times V)^{1/2}}{8,456^2} \right)$$

$$\frac{dV_b}{dv} = 1 + \left(\frac{4,112}{71,503} \right)$$

$$\frac{dV_b}{dv} = 1,0575$$

Lalu menentukan *rise time waveguide* ($t_{waveguide}$) :

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

$$t_{waveguide} = \frac{5,001}{3 \times 10^8} \times [1,46 + (1,46 \times 0,0135 \times 1,0575)]$$

$$t_{waveguide} = 2,468 \times 10^{-8}$$

Maka *rise time total downlink* :

$$t_{total} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2}$$

$$t_{total} = \sqrt{0,2^2 + (1,0002 \times 10^{-9} + 2,468 \times 10^{-8})^2 + 0^2 + 0,2^2}$$

$$t_{total} = \frac{\sqrt{2}}{5} = 0,2802 \text{ ns}$$

3.3.3 Rise Time Analysis Perencanaan Perumahan X

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Rise Time Analysis* OLT ke ONT terjauh

Uplink		Downlink	
Rise time total (t_{total})	Rise time max (T_r)	Rise time total (t_{total})	Rise time max (T_r)
0,2262 ns	0,5627 ns	0,2802 ns	0,2813 ns

Dilihat dari Tabel 7 di atas, nilai *rise time total* < *rise time max* dari perhitungan perencanaan yang telah dibuat. Dimana untuk *rise time uplink total* bernilai 0,2262 ns kurang dari *rise time max* 0,5627 ns. Lalu untuk *rise time total downlink* bernilai 0,2802 ns kurang dari *rise time max* 0,2813 ns. Nilai tersebut memenuhi persyaratan ITU-T G.984, dimana *rise time total* < *rise time max*.

4. KESIMPULAN

1. Pada *link power budget*, hasil perhitungan yang mana hasil *link power budget* bernilai -15,68 dBm untuk sisi *uplink* dan -15,1803 dBm dari sisi *downlink*. Hasil dari perhitungan *link power budget* ini sesuai dengan standar ITU-T G.984. Kemudian untuk margin daya (M) menghasilkan *gain* lebih kecil sebesar 12,3196 dB pada *uplink* dan sebesar 12,897 dB *downlink* menunjukkan nilai positif sesuai dengan ketentuan dimana nilai *gain uplink* dan *gain downlink* lebih kecil sama dengan nilai total *loss*.
2. Pada *rise time analysis* parameter-parameter dari sebuah perencanaan yang telah ditentukan mempunyai hasil *rise time total uplink* bernilai 0,2262 ns < 0,5627 ns *rise time max* dan *rise time downlink* bernilai 0,2802 ns < 0,2813 ns *rise time max*. Hasil dari perhitungan *rise time analysis* memenuhi standar ITU-T G.984 dimana nilai *rise time total* kurang dari *rise time max*. Nilai jarak pada penjaluran *fiber optic* mempengaruhi pada nilai *rise time*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puri Muliandhi, "Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang," *Elektrika*, vol. 12, no. 1, pp. 7-14, 2020.
- [2] Scott, "What is a Point of Presence (PoP)?," Colocation America, 11 October 2018. [Online]. Available: <https://www.colocationamerica.com/blog/point-of-presence>. [Accessed 12 January 2022].
- [3] G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, Singapore: McGraw-Hill, Inc., 1991.
- [4] PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), "Prosedur Penjaluran Kabel FO ICON+," PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), Jakarta, 2019.
- [5] PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), "Asset- 2021-11-30 17 14 18," PT.Indonesia Comnets Plus (ICON+),

- Jakarta, 2021.
- [6] G. Agung, "Monitoring Sarana Pendukung Point of Presence (PoP) Menggunakan External Alarm SIMON2000 di PT XYZ," 2020.
- [7] E. O. Choiri, "Mengenal Switch & Fungsi Switch Pada Jaringan Internet," Qwords, 4 June 2020.[Online].Available: <https://qwords.com/blog/fungsi-switch/>. [Accessed 13 January 2022].
- [8] Sahid Ridho, "Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* , vol. IX, no. 1, pp. 94-103, 2020.
- [9] Archana B S, "Gigabit Passive Optical Network," *International Journal of Engineering, Basic Sciences, Management & Social Studies*, vol. I, no. 1, pp. 497-502, 2017.
- [10] Pratama, "Analisis Perbandingan Kinerja Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) dan Gigabit Ethernet Passive Optical Network (GEPON) Turbo pada Jaringan Passice Optical Network (PON)," *e-Proceeding of Engineering*, vol. III, no. 2, pp. 2011-2018, 2016.
- [11] "Analisis Power Budget Jaringan Komunikasi Serat Optik PT Telkom di STO Jatinegara," *Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- [12] PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), *Unlocking Digital Value*, Jakarta Timur: PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), 2019.
- [13] Heri Heryadi - PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), "Struktur Bidang NA3P," PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), Jakarta Selatan, 2021.
- [14] M. R. Furqoni, "Fiber Optik," *Teknik Kece*, 5 October 2021. [Online]. Available: <https://teknikece.com/fiber-optik/>. [Accessed 17 January 2022].