

# **Analisis Performansi Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* Berbasis *Gigabit Passive Optical Network (GPON)* Pada STO Pakem Sleman Yogyakarta Yoki Nur Rahman**

Arditio Makmurwibowo

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

*e-mail:* [arditiomwibowo@gmail.com](mailto:arditiomwibowo@gmail.com)

## **Intisari**

Perkembangan teknologi dibidang telekomunikasi mengalami perkembangan yang sangat pesat, pada era digital saat ini kebutuhan akan informasi sangatlah penting baik berupa suara, data, gambar maupun video. Maka untuk memenuhi kebutuhan yang begitu besar diperlukan kualitas jaringan yang memiliki kemampuan yang baik untuk menunjang performansi jaringan. Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* merupakan jaringan yang menggunakan serat optik sebagai media penghantar transmisi data, sehingga mampu memberi performansi transmisi data yang sangat baik, *Fiber to the home* terintegrasi dengan *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*. *Sentral Office (STO)* Pakem, Sleman, Yogyakarta merupakan penyedia layanan *ftth* PT. Telkom untuk melayani daerah Pakem dan sekitarnya.

Dalam penelitian tugas akhir ini, dilakukan analisis performansi jaringan *ftth* di STO Pakem dengan parameter *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal Noise to Ratio* dan *Bit Rate Error*. Dimana dilakukan pengukuran terhadap empat sample pelanggan dari STO Pakem. Diketahui bahwa hampir semua sistem jaringan tersebut telah andal dan sesuai dengan standar yang ada, kecuali pada jaringan sistem pelanggan tiga dan empat untuk parameter *Signal Noise to Ratio* dan *Bit Rate Error*, yang masih dibawah standar yang ditetapkan oleh ITU.

Kata Kunci : Analisis FTTH, *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal Noise to Ratio*, *Bit Error Rate* dan *Gigabit Passive Optical Network, Sentral Office*.

## **I. PENDAHULUAN**

Pada era masyarakat modern saat ini kebutuhan akan komunikasi berkecepatan tinggi dan berkapasitas besar dalam bidang telekomunikasi sangat mempengaruhi perkembangan teknologi informasi. Kebutuhan informasi pada saat ini bukan hanya sekedar teks saja, namun berkembang menjadi informasi suara, gambar, data dan video. Keterbatasan jaringan akses tembaga yang dinilai belum cukup dan belum dapat menampung kapasitas *bandwidth* yang besar serta kecepatan tinggi. Maka penerapan kabel serat optik sebagai media transmisi dalam dunia telekomunikasi merupakan salah satu solusi infrastruktur Internet berkecepatan tinggi. Jaringan fiber optik sebagai infrastruktur Internet harus mempunyai performansi yang bagus dan handal sehingga akan memberikan dampak positif yang benar-benar dirasakan oleh pengguna layanan. Peningkatan kualitas layanan dapat dengan migrasi jaringan tembaga menjadi jaringan fiber optik yang *bandwidth*-nya dapat mencapai 2,488 Gbps.

*FTTH (Fiber To The Home)* merupakan suatu teknologi arsitektur jaringan akses yang menggunakan fiber optik sebagai media utama untuk memberikan layanan sampai ke pelanggan. Penggunaan fiber optik sebagai media utamanya membuat teknologi FTTH memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi yang menggunakan kabel tembaga (kabel *coaxial*) maupun teknologi *wireless*. Teknologi FTTH ini memberikan keuntungan baik dari sudut pandang konsumen maupun perusahaan penyedia layanan, karena teknologi FTTH dapat mengurangi biaya operasional dan mampu meningkatkan kualitas layanan internet ke pelanggan. Didalam FTTH terdapat salah satu arsitektur jaringan yang dapat digunakan yaitu *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*. *Gigabit Passive Optical Network (GPON)* adalah suatu teknologi komunikasi yang sebagian besar komponen penghantarnya menggunakan kabel serat optik. GPON merupakan teknologi hasil evolusi dari PON, yang mana GPON memiliki kecepatan transmisi yang jauh lebih tinggi.

FTTH berbasis GPON saat ini merupakan jenis arsitektur jaringan yang menjadi pilihan utama oleh *Network Service Provider (NSP)*, hal ini tidak terlepas dari keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh FTTH berbasis GPON. Sebuah jaringan FTTH berbasis PON memiliki konsumsi daya yang sangat kecil dibandingkan dengan kabel tembaga hal ini disebabkan penggunaan perangkat pasif didalamnya. FTTH berbasis GPON mampu memberikan layanan berupa suara, gambar, data maupun video sekaligus, layanan tersebut biasa disebut dengan layanan *triple-play*, selain itu GPON dapat menjangkau pelanggan hingga radius 20 km dari *Central Office(CO)* hingga ke pelanggan.

GPON merupakan teknologi dalam sistem komunikasi serat optik yang memiliki berbagai komponen pendukung dalam menjalankan tugasnya seperti *Optical Network Unit (ONU) / Optical Network Termination (ONT)*, *Optical Line Terminal (OLT)*, dan *Optical Distribution Network (ODN)*. Dalam setiap perangkat tersebut terdapat komponen – komponen pendukung lain yang memungkinkan memiliki resiko mengalami *loss / rugi – rugi* yang akan berpengaruh terhadap sistem. Sehingga suatu jaringan FTTH berbasis GPON perlu dilakukan evaluasi kesesuaian dengan standar kelayakan yang telah ditentukan, dengan demikian dapat diketahui performansi dan keandalan perangkat jaringan GPON. Evaluasi dilakukan dengan parameter *Link Power Budget, Rise Time Budget, Signal To Ratio Noise* dan *Bit Error Rate*.

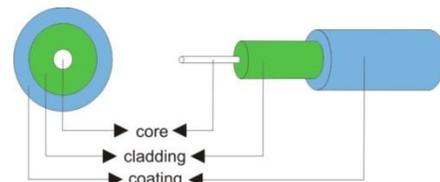
## II. TEORI PENUNJANG

### 2.1 Serat Optik

Sistem informasi dan telekomunikasi saat ini berkembang dengan sedemikian cepat, jaringan fiber optik sebagai media transmisi menjadi solusi yang banyak digunakan dan memiliki kemampuan yang baik, sehingga dipercaya mampu memenuhi kebutuhan untuk saat ini dan masa yang akan datang. “Fiber optik adalah suatu material seperti benang dengan potongan melintang berbentuk lingkaran yang memungkinkan terjadinya total *internal reflection (TIR)* di dalamnya untuk memandu gelombang cahaya” ( Fang Zujie, 2012). Fiber optik biasanya terbuat dari bahan dielektrik atau bahan *silika (SiO2)*, biasanya

diberi doping dengan *germanium (GeO2)* atau *fosfor penta oksida (P2O5)* untuk menaikkan indeks biasnya, bahan ini sifatnya tidak menghantarkan listrik dan dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lain, sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah laser atau LED. Serat optik yang digunakan adalah yang sesuai dengan standar ITU-T G.652.D dan G.675.A. “Rugi-rugi pada serat optik ITU-T G.652.D dan G.675.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). Kabel serat optik terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu:

- Core* atau inti adalah bagian terdalam dari serat optik, bagian ini pada umumnya terbuat dari bahan *silika* yang dicampur atau *fosfor oksida* atau *germanium oksida* dan memiliki jari-jari 8 - 50 $\mu$ m, selain itu *core* ini tempat terjadinya *internal reflection (TIR)*.
- Cladding* atau selimut adalah bagian serat optik sebagai pembungkus *core*, dimana fungsi dari pembungkus ini sebagai pemantul cahaya agar tetap merambat pada bagian *core* serat optik. Sehingga tidak ada pulsa yang hilang di perjalanan. *Cladding* memiliki jari – jari yang lebih besar dibandingkan dengan bagian *core* dan indeks biasnya lebih kecil dibandingkan *core*. Bagian *cladding* ini memiliki jari-jari sebesar 50 – 250 $\mu$ m.
- Coating* atau mantel adalah bagian terluar yang berfungsi untuk melindungi bagian *core* dan *cladding* dari kemungkinan gangguan serta biasanya terbuat dari bahan plastik.



**Gambar 2.1** Skema struktur dasar serat fiber optik *core, cladding* dan *coating*

Berdasarkan indeks biasnya fiber optik memiliki profil indeks bias dan mode gelombang yang berbeda pada saat

proses perambatan cahaya, maka indeks bias serat optik dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

#### a. *Single Mode Step Index*

Serat optik jenis *single mode step index* memiliki ukuran *core* yang sangat kecil sekitar 8  $\mu\text{m}$  hingga 12  $\mu\text{m}$ , sedangkan *cladding* ukurannya lebih besar tujuannya agar rugi – rugi transmisi berkurang akibat *fading*. *Core* dan *cladding* dibuat dari bahan yang sama yaitu bahan *silica glass*.

#### b. *Multi Mode Step Index*

Serat optik ini *core*- nya berdiameter lebih besar daripada bagian *cladding* – nya, hal ini menyebabkan rugi – rugi *transmitter* yang besar. Serat optik multi mode *step index* diperuntukan untuk jaringan jarak dekat dengan laju data rendah dan memiliki *loss* yang besar.

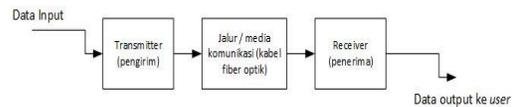
### 2.2 Karakteristik Sistem Komunikasi Serat Optik

Dalam sistem komunikasi serat optik suatu data dapat ditransmisikan melalui cahaya pada serat optik. Karakteristik sistem komunikasi serat optik ini mencakup tentang redaman (*attenuation*) dan distorsi yang terjadi pada kabel serat optik. Ada banyak faktor yang dapat menyebabkan rugi –rugi tersebut, debu dan partikel lain yang ada dibagian *core* dan *cladding* adalah penyebab utama dalam masalah serat optik, maka terdapat standar penyambungan (*splicing*) dengan menggunakan alkohol dan tisu khusus untuk mengurangi resiko dari rugi – rugi redaman (*attenuation*) dan *distorsi*.

- Redaman (*Attenuation*) adalah melemahnya sinyal yang diakibatkan oleh adanya jarak yang semakin jauh yang harus ditempuh oleh sinyal dan juga oleh karena semakin tingginya frekuensi sinyal tersebut, redaman sebanding dengan panjang dari medium yang dilewati cahaya pembawa data.
- Distorsi* adalah proses ketika terjadinya dua atau lebih sinyal cahaya yang bertumpuk (*overlap*) sehingga komponen detektor tidak mampu membaca dua atau lebih pulsa tersebut. *Distorsi* ini hanya terjadi pada jenis serat optik *multimode*, sedangkan jenis *singlemode* tidak mengalami *distorsi*.

### 2.3 Komponen Sistem Komunikasi Serat Optik

Pada dasarnya, dalam sebuah sistem komunikasi serat optik terdiri atas berbagai komponen – komponen pendukung. “Dalam membentuk suatu sistem komunikasi fiber optik, diperlukan beberapa divais yang dapat dikategorikan dalam komponen aktif dan pasif” (*Keiser, Optical Communication Essentials, 2003*).



**Gambar 2.2** Sistem dasar komunikasi serat optik

Berikut adalah tiga aspek utama dalam sistem komunikasi serat optik yaitu *transmitter*, *communication channel* dan *receiver*.

a. **Transmitter**, informasi dihasilkan dan mengolahnya menjadi bentuk yang sesuai untuk di kirimkan sepanjang *information channel*. Didalam transmitter terdapat beberapa komponen pendukung yaitu sumber cahaya, *multiplexer*, *coupler* dan rangkaian elektronik pembangkit laser. Sumber cahaya dapat berupa *Light Emitting Diode (LED)* atau laser dioda.

b. **Communication channel**, Pada dasarnya bagian utama dari jaringan *communication channel* adalah serat optik, namun terdapat sambungan dan percabangan didalamnya. Ada beberapa jenis sambungan didalam serat optik yaitu sambungan *coupler*, konektor dan *splice*.

c. **Optical Receiver**, perangkat ini berfungsi untuk menerima sinyal cahaya yang telah dikirim dan kemudian mengubah kembali ke bentuk sinyal elektrik.

### 2.4 Arsitektur Jaringan Serat Optik Secara Umum

Teknologi jaringan serat optik ada berbagai macam arsitektur sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya masing – masing. *Fiber To The x (FTTx)* merupakan jaringan lokal yang berbasis serat optik, dimana dalam sistem ini terdapat dua buah atau lebih perangkat aktif (opto elektrik), dimana salah satu perangkat aktif tersebut terpasang disisi *central office* yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik

menjadi sinyal optik dan satu perangkat lagi terpasang disisi yang dekat dengan pelanggan bisa disebut juga titik konversi optik (TKO) yang fungsinya untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik kembali. Berdasarkan lokasi penempatan lokasi perangkat aktif disekat dan atau dilokasi pelanggan (TKO) maka terdapat beberapa konfigurasi atau arsitektur jaringan.

**a. Fiber To The Building (FTTB)**

Pada jaringan jenis ini TKO terletak didalam gedung dan berada ruang telekomunikasi yang biasanya terletak di *basement*.

**b. Fiber To The Zone (FTTZ)**

TKO arsitektur FTTZ berada diluar bangunan ataupun didalam bangunan dengan kapasitas yang besar.

**c. Fiber To The Curb (FTTC)**

Arsitektur jaringan ini jenis yang memiliki kapasitas yang lebih kecil dibandingkan dengan FTTZ. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer.

**d. Fiber To The Home (FTTH)**

TKO mencapai hingga ke titik pelanggan atau yang dikenal sebagai customer premise. Pada FTTH kabel tembaga dapat dihilangkan sama sekali sehingga penyediaan bandwidth cukup besar untuk sampai ke pelanggan.

**2.5 Gigabit Passive Optical Network (GPON)**

*Gigabit Passive Optical Network* (GPON) merupakan teknologi akses yang berkategori *Broadband Access* dan berbasis kabel serat optik. GPON bisa dikatakan sebagai evolusi dari jaringan PON yang khusus digunakan untuk Jaringan arsitektur FTTH. ITU-T G.984 adalah sebuah standar yang dikeluarkan oleh ITU-T untuk mengatur standar teknologi GPON. Teknologi GPON mampu mentransmisikan sinyal dengan kecepatan yang tinggi, memungkinkan sejumlah mekanisme peningkatan dalam keamanan jaringan, pilihan 2 layer protokol (ATM, GEM, *Ethernet*) dan memungkinkan untuk menempuh jarak hingga 60 km serta kemampuan total *bandwidth* dari ujung ke ujung serat optik sebanyak 2.5 Gbps.

**2.5.1 Prinsip Kerja Dasar GPON**

Prinsip kerja dari GPON yaitu sinyal atau data yang dikirimkan dari OLT akan dikirim menuju ke ONT yang terletak dipelanggan akan melalui perangkat *splitter* yang memungkinkan pengiriman sinyal tunggal ke ONT pelanggan. ONT atau ONU fungsinya sendiri menerima data yang telah dikirim OLT yang kemudian akan diteruskan ke *user*. Pada prinsipnya, *Passive Optical Network* adalah sistem point-to-multipoint, dari fiber ke arsitektur *premise network* dimana unpowered optikal *splitter (splitter fiber)* serat optik tunggal. Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (*Time Division Multiplexing*) sehingga mendukung layanan T1, E1, dan DS3.

**Tabel 2.1** Standar dari teknologi GPON

Karakteristik	GPON
<i>Standardization</i>	ITU-T G.984
<i>Frame</i>	ATM / GEM
<i>Speed Upstream</i>	1.2 G / 2.4 G
<i>Speed Downstream</i>	1.2 G / 2.4 G
<i>Service</i>	Data, Voice, Video
<i>Transmission Distance</i>	10 km / 20 km
<i>Number of Branches</i>	64
<i>Wavelength Up</i>	1310 nm
<i>Wavelength Down</i>	1490 nm
<i>Splitter</i>	<i>Passive</i>

**2.5.2 Komponen Perangkat GPON**

a. *Metro Ethernet* (Metro – E)

*Metro Ethernet* merupakan sebuah jaringan telekomunikasi yang memiliki skala cakupan sebuah kota dengan transportasi data berteknologi ethernet.

b. *Optical Line Terminal* (OLT)

*Optical Line Terminal* (OLT) adalah suatu perangkat aktif (opto-elektrik) yang tugasnya mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan sebagai alat multiplex.

c. *Optical Distribution Frame* (ODF)

Daya listrik yang dikonversi menjadi sinyal optik dari OLT kemudian disalurkan ke ODF, fungsi dari ODF ini yaitu tempat peralihan serat optik dari *indoor* ke *outdoor* atupun sebaliknya.

#### d. Optical Distribution Cabinet (ODC)

*Optical Distribution Cabinet* (ODC merupakan perangkat outdoor yang menjadi jaringan fiber optik yang pertama. ODC menerima serat optik yang dikirim dari STO yang kemudian akan dibagi menuju ODP yang berisi *splitter* 1 : 8. ODC berfungsi juga sebagai tempat sambungan jaringan optik, konektor, *splitter* 1 : 4 dan juga tempat instalasi sambungan, fungsi lain dari ODC adalah sebagai tempat terminasi kabel *feeder* dari STO dan kabel distribusi yang menuju ke ODP. *Optical Distribution Cabinet* (ODC) merupakan perangkat yang berada diantara OLT dan ONT.

#### e. Optical Distribution Point (ODP)

*Optical Distribution Point* (ODP) merupakan perangkat yang berfungsi untuk melindungi *core* serat optik, fungsi utama dari ODP adalah membagi *core* serat optik ke beberapa pelanggan. ODP terdapat tiga jenis yaitu ODP *Pole*, ODP *Closure* dan ODP *Pedestal*.

#### f. Optical Network Terminal (ONT)

ONT/ONU adalah perangkat aktif yang dipasang disisi pelanggan, mempunyai fungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik dan sebagai alat *demultiplex*.

### 2.6 Optical Link Power Budget

Didalam sistem komunikasi serat optik, parameter transmisi menjadi faktor yang penting dalam perancangan jaringan. Berjalannya daya cahaya yang tersedia untuk mengirim data dalam jaringan transmisi menjadi salah satu kunci berjalannya jaringan serat optik. Indikator lain adalah *Attenuation Fiber Optic* rugi-rugi ini adalah salah satu karakteristik yang penting dalam serat optik. Rugi - rugi ini mempengaruhi penurunan *bandwidth* dari sistem. *Power link budget* adalah cara menghitung daya pada suatu sistem transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran redaman serat optik, sumber optik dan sensitivitas detektor.

Perhitungan disini berdasarkan dengan standar yang ditetapkan ITU-T G.984 dan juga peraturan yang sesuai dengan yang ditetapkan oleh PT. Telkom yaitu redaman total dari OLT hingga ONT tidak boleh melebihi dari 28dB dan panjang jaringan optik melebihi 20 km. Dalam analisis menggunakan metode ini dapat kita ketahui dengan persamaan berikut ini :

$$a_{tot} = L \cdot a_f + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + a_{sp} \quad (2.9)$$

$$P_B = P_T - P_R \quad (2.10)$$

$$M = P_B - a_{tot} - M_s \quad (2.11)$$

Dimana,

$P_B$  = link power budget

$P_T$  = minimum transmitter power

$P_R$  = minimum receiver sensitivity

$M$  = link margin

$a_{tot}$  = total redaman

$L$  = panjang serat optik (km)

$a_f$  = attenuasi serat optik (dB/km)

$N_c$  = jumlah konektor

$a_c$  = loss konektor (dB)

$N_s$  = jumlah sambungan

$a_s$  = redaman sambungan (dB)

$a_{sp}$  = redaman *splitter* (dB)

$M_s$  = safety margin

Perhitungan optical link power budget dilakukan untuk mengetahui nilai redaman total dalam suatu jaringan apakah memenuhi syarat atau standar yang ada, selain itu bisa diperoleh nilai daya keluaran dan sensitivitas penerima pada komponen ONT. Berikut ini adalah klasifikasi redaman total atau attenuasi :

00,0 dB – 19,99 dB	= Outstanding (bagus sekali)
20,00 dB – 25,00 dB	= Excellent (bagus)
25,00 dB – 28,00 dB	= Poor (Buruk) kemungkinan koneksi tidak lancar
28,00 dB – keatas	= Bad, timbul banyak gangguan koneksi

### 2.7 Optical Rise Time Budget

*Rise time budget* merupakan metode untuk mengetahui batas nilai *dispersi*. Metode ini sangat berguna untuk melakukan analisis pada sistem transmisi digital. Tujuan

dari metode ini adalah untuk mengetahui apakah kerja dari sistem jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Secara umum, degradasi waktu transisi total sebuah link digital tidak melebihi 70 % dari sebuah perioda bit NRZ (Non-Return to Zero) atau 35 % sebuah perioda bit RZ (Return to Zero). Untuk sinyal digital dapat berdasarkan metode *rise time*. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai rise time ( $t_s$ ) pada suatu sistem :

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} t_{tx} &= \text{rise time transmitter} \\ t_{rx} &= \text{rise time receiver} \end{aligned}$$

Dimana untuk  $t_{intramodal}$  dari serta optik dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan  $t_{material}$  dan  $t_{waveguide}$  terlebih dahulu kemudian dijumlahkan. Nilai  $t_{material}$  dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times D_m \quad (3.6)$$

Dimana,  $\Delta\sigma$  = lebar spektral (nm), kemudian L = panjang kabel fiber optik (km) dan  $D_m$  = dispersi material (ps/nm.km).

Kemudian untuk memperoleh nilai  $t_{waveguide}$  bisa diperoleh menggunakan persamaan 3.7 berikut ini :

$$t_{waveguide} = \frac{L}{c} \times \left[ n_2 + (n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv}) \right] \quad (2.13)$$

Dimana, L = panjang kabel fiber optik (km), C = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 m/s$ ),  $n_2$  = indeks bias selubung, kemudian  $\Delta_s$  = selisih anatara indek bias inti dan indeks bias selubung.

Untuk mengetahui nilai selisi indeks bias bisa dihitung dengan persamaan 3.8 berikut ini :

$$\Delta_s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.14)$$

Dengan,  $n_1$  = nilai indeks bias inti. Untuk mengetahui nilai frekuensiyang dinormalkan dapat dihitung dengan persamaan 3.9 yaitu :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \times a \times n_1 (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \quad (2.15)$$

Dimana, V = nilai frekuensi dinormalkan, a = jari – jari inti dan  $\lambda$  = panjang gelombang. Kemudian untuk menghitung nilai  $\frac{dv_b}{dv}$  bisa diperoleh dengan persamaan 3.10 yaitu :

$$\frac{dv_b}{dv} = 1 + \left( \frac{u_c^2}{v^2} \right) \quad (2.16)$$

Dengan  $u_c^2 = (2 \times V)^{\frac{1}{2}}$ .

## 2.8 Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR merupakan Perbandingan (*ratio*) antara kekuatan Sinyal (*signal strength*) dengan kekuatan Derau (noise level). Nilai SNR dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur (medium) koneksi. Standar SNR adalah minimal 21,5 dB :

$$BW = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \quad (2.19)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} S &= \text{Daya Sinyal rata – rata (watt)} \\ N &= \text{Daya Derau (watt)} \end{aligned}$$

Noise yang bernilai besar akan menyebabkan nilai SNR yang semakin kecil. Semakin dekat jarak transmisi, maka akan semakin besar pula kekuatan SNR begitu pula sebaliknya. Berikut ini adalah klasifikasi SNR :

21,5 dB ~ 28,9 dB = Excellent (bagus) Koneksi stabil.

11,0 dB ~ 19,9 dB = Good (baik) Sinkronisasi sinyal ADSL dapat berlangsung lancar.

07,0 dB ~ 10,9 dB = Fair (cukup) Rentan terhadap variasi perubahan kondisi pada jaringan.

00,0 dB ~ 06,9 dB = Bad (buruk) Sinkronisasi sinyal gagal atau tidak lancar (ter-putus?).

## 2.9 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan ukuran kinerja sistem untuk mengetahui berapa jumlah bit yang rusak selama pengiriman data dari sumber hingga ke penerima. Nilai standar yang ditetapkan oleh PT. Telkom untuk BER adalah  $1 \times 10^9$  yang artinya setiap satu milyar data yang dikirimkan jumlah bit yang rusak maksimal hanya 1 bit. Nilai BER dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$SNR = 10 \log 2Q \quad (2.20)$$

Dimana, Q = Quantum noise.

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} \quad (2.21)$$

## 2.10 Standarisasi Parameter – parameter Sistem Jaringan

Setelah diperoleh nilai dari suatu penelitian maka perlu dilakukan analisis untuk mengetahui apakah hasil yang didapat telah sesuai dengan patokan atau standar yang ditetapkan oleh suatu badan atau perusahaan yang berkaitan. Kita dapat mengacu salah satu standar atau menggabungkan beberapa standar untuk memperkuat analisis hasil penelitian yang dilakukan. Berikut ini adalah standarisasi *International Telecommunication Union* yang digunakan untuk parameter *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal Noise to Ratio* dan *Bit Rate Error*.

**Tabel 2.2** Standarisasi Parameter Berdasarkan *International Telecommunication Union*

Parameter	<i>International Telecommunication Union (ITU)</i>	Batas Keandalan
<i>Link Power Budget</i>	ITU-T G.984.1/2	< 28 dB
<i>Rise Time Budget</i>	ITU-T G.984.2	$< 0,7 \times 10^{-9}$
<i>Signal Noise to Ratio</i>	ITU-T G.984.3/4	> 21,5 dB
<i>Bit Rate Error</i>	ITU-T G.984.4	$< 1 \times 10^{-9}$

### III. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Studi Pendahuluan

Proses pengambilan berbagai informasi yang diperlukan berkaitan dengan FTTH dan GPON untuk melakukan proses pengambilan data secara langsung di STO Pakem Sleman Yogyakarta.

#### 3.2 Studi Pustaka

Kumpulalan informasi yang berasal dari berbagai sumber yang akurat seperti jurnal, skripsi, dan buku-buku sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

#### 3.3 Identifikasi Arsitektur Jaringan FTTH

Setelah melakukan pemahaman konsep melalui studi literatur dari berbagai referensi yang berkaitan dengan hal yang mempermudah dalam penyelesaian tugas akhir ini, proses selanjutnya adalah dengan melakukan indentifikasi pada jaringan *Fiber To The Home* berbasis *Gigabit Passive Optical Network*.

Penelitian tugas akhir ini, pengamatan dan pengambilan data di PT.Telkom yang dalam perancanganya telah menerapkan konsep jaringan *fiber to the home* berbasis *gigabit passive optical network* dengan menggunakan fiber optik. Sehingga dalam melakukan identifikasi jaringan FTTH mengacu sesuai dengan yang digunakan oleh PT. Telkom.

#### 3.4 Analisi Data

Dari berbagai data yang sudah diolah, maka dilakukan analisis performansi jaringan FTTH berbasis GPON yang kemudian disesuaikan dengan standar yang ditetapkan oleh *International Telecommunication Union (ITU)*. Dengan menggunakan parameter *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal Noise to Ratio* dan *Bit Rate Error*.

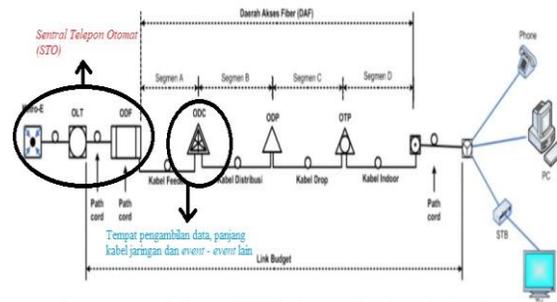
#### 3.5 Penulisan Tugas Akhir

Setelah melakukan analisis data, maka langkah selanjutnya adalah menyusun tugas akhir.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Spesifikasi Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)*

Jaringan *fiber to the home* yang digunakan oleh PT. Telkom pada umumnya terdiri atas empat segmen mulai dari *Sentral Telepon Otomat (STO)* disisi *transmitter* hingga ke *Optical Network Termination (ONT)* disisi pelanggan. Dimana perangkat yang digunakan pada jaringan ftth secara berurutan sebagai berikut :Metro *Ethernet (Metro – E)*, *Optical Line Terminal (OLT)* *Optical Distribution Frame (ODF)*, *Optical Distribution Cabinet (ODC)*, *Optical Distribution Point (ODP)*, dan *Optical Network Termination (ONT)*.



Gambar 4.1 Elemen dan topologi *Fiber To The Home*

Pada penelitian tugas akhir ini penulis melakukan pengukuran dan pengambilan data di *STO* Pakem, Sleman, Yogyakarta.

Pengambilan data sendiri dilakukan dengan pengukuran langsung di *ODC* terdekat dari *STO*.

#### 4.2 Analisis Perhitungan Performansi Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)*

Perhitungan dengan menggunakan parameter - parameter tertentu dapat digunakan untuk mengetahui kualitas performansi atau keandalan suatu jaringan FTTH. Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan perhitungan terhadap beberapa *sample* pelanggan dengan menggunakan empat parameter sebagai standar kualitas jaringan FTTH, keempat parameter tersebut adalah *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal to Noise Ratio (SNR)* dan *Bit Error Rate (BER)*.

##### 4.2.1 Analisis Perhitungan Pelanggan Satu

Perhitungan tiap indikator akan dilakukan perhitungan dengan membagi menjadi dua bagian yaitu *downstream* dan *upstream*, Berkaitan dengan data pelanggan satu ini, tidak terdapat beban dipelanggan sehingga dari *STO* Pakem kemudian menuju *ODC* hingga ke ujung kabel tanpa melalui *ODP* dan *ONT*.

Jarak antara *STO* – *ODC*     0,4252 km  
                                   *ODC* – *ONT*     1,6499 km

Sehingga jarak antara *STO* – *ONT* adalah 2,0751 km

##### 4.2.1.1 Analisis *Link Power Budget*

Perhitungan *Link Power Budget* sangat dipengaruhi oleh panjang kabel distribusi dari sentral ke pelanggan, selain itu jumlah konektor dan sambungan juga menjadi faktor yang akan mempengaruhi nilai redaman.

Tabel 4.1 Data *Link Power Budget* Pelanggan Satu

Parameter	<i>Downstream</i>	<i>Upstream</i>
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1490 nm	1310 nm
Daya Keluaran Optik ( $P_t$ )	5 dBm	5 dBm
Sensitivitas Detektor ( $P_r$ )	-28 dBm	-28 dBm
Redaman Serat G.562.D ( $\alpha_{serat}$ )	0.28 dB/km	0.35 dB/km

Parameter	<i>Downstream</i>	<i>Upstream</i>
Redaman Sambungan ( $\alpha_s$ )	0.05 dB/ <i>splice</i>	0.05 dB/ <i>splice</i>
Redaman Konektor ( $\alpha_c$ )	0.25 dB/ <i>splice</i>	0.25 dB/ <i>splice</i>
Redaman <i>Splitter</i> 1 : 4 ( $S_p$ )	7.25 dB	7.25 dB
Redaman <i>Splitter</i> 1 : 8 ( $S_p$ )	10.38 dB	10.38 dB
Jumlah Sambungan ( $N_s$ )	1	1
Jumlah Konektor ( $N_c$ )	5	5
Panjang Serat Optik (L)	2,0751 km	2,0751 km

##### *Downstream 1490 nm*

$$a_{tot} = L \cdot a_f + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + S_p$$

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

$$a_{tot} = (2,0751 \times 0,28) + (1 \times 0,05) + (5 \times 0,25) + (7,25 + 10,38)$$

$$= 19,511 \text{ dB}$$

Daya diterima :

$$P_r = P_t - a_{tot} - SM$$

$$= 5 - 19,511 - 6$$

$$= -20,511 \text{ dBm}$$

Margin Daya

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

$$= (5 - (-28)) - 19,511 - 6$$

$$= 7,489 \text{ dBm}$$

##### *Upstream 1310 nm*

$$a_{tot} = L \cdot a_f + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + S_p$$

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

$$a_{tot} = (2,0751 \times 0,35) + (1 \times 0,05) + (5 \times 0,25) + (7,25 + 10,38)$$

$$= 19,6562 \text{ dB}$$

Sensitivitas Daya :

$$P_r = P_t - a_{tot} - SM$$

$$= 5 - 19,6562 - 6$$

$$= -20,6562 \text{ dBm}$$

Margin Daya

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

$$= (5 - (-28)) - 19,6562 - 6$$

$$= 7,3438 \text{ dBm}$$

Hasil perhitungan *link power budget* diatas menunjukkan nilai redaman total *downstream* dan *upstream*, nilai tersebut memenuhi standar yang diterapkan oleh PT. Telkom yaitu sebesar 19 – 25 dB. Kemudian untuk nilai sensitivitas daya ( $P_r$ ) dapat dilihat pada tabel 4.3 dengan standar harus dibawah – 28 dBm. Nilai ( $P_r$ ) merupakan daya yang diterima oleh ONT pada sisi pelanggan, berbeda dengan nilai redaman yang bernilai positif, sensitivitas daya bernilai negatif. Sedangkan untuk nilai margin daya harus lebih dari 0 (nol) ketika daya yang dikirim dari sentral sampai ONT pelanggan, nilainya sesuai dengan standar yang ada.

#### 4.2.1.2 Analisis Rise Time Budget

Perhitungan dengan parameter *Rise Time Budget* memperhatikan rugi – rugi dispersi atau pelebaran pulsa optik yang bisa saling tumpang tindih yang bisa berpengaruh terhadap *bit error*.

Tabel 4.5 Data *Rise Time Budget* Pelanggan satu

Parameter	Downstream	Upstream
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1490 nm	1310 nm
Lebar Spektral ( $\Delta\theta$ )	1 nm	1 nm
Rise Time Transmitter (OLT)	$150 \times 10^{-3}$	$200 \times 10^{-3}$
Rise Time Receiver ( $t_{rx}$ ) (OLT)	$150 \times 10^{-3}$	$150 \times 10^{-3}$
Dispersi Material	13.64 ps/nm/km	3.56 ps/nm/km
Pengkodean	NRZ	NRZ
Indeks Bias Inti $n_1$	1.48	1.48
Indeks Bias Selubung	1.46	1.46
Jari-jari Inti	9 $\mu\text{m}$	9 $\mu\text{m}$
Kecepatan Cahaya	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$

Bit Rate	2.4 Gbps	1.4 Gbps
Panjang Serat Optik (L)	2,0751 km	2,0751 km

#### Downstream 1490 nm

*Bit Rate downstream* yang digunakan adalah 2,4 Gbps.

$$\text{Dengan format NRZ, } tr = \frac{0,7}{B_r} = \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,2917 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} t_{material} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 2,0751 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.km} \\ &= 0,0283 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 9}{1,49 \mu\text{m}} \times 1,465 (2 \times 3,412 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\ &= 4,5906 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{waveguide} &= \frac{L}{c} \left[ n_2 + \left( n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right] \\ &= \frac{2,0751}{3 \times 10^8} [1,46 + (1,46 \times 3,412 \times 10^{-3} \times 1,435)] \\ &= 1,0148 \times 10^{-5} \text{ ns} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t_{total} &= (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \\ &= [0,15^2 + (0,0283 + 1,0148 \times 10^{-5})^2 + 0^2 + 0,2^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= 0,2516 \text{ ns} \end{aligned}$$

#### Upstream 1310 nm

*Bit Rate downstream* yang digunakan adalah 1,2 Gbps.

$$\text{Dengan format NRZ, } tr = \frac{0,7}{B_r} = \frac{0,7}{1,2 \times 10^9} = 0,5833 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} t_{material} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 2,0751 \text{ km} \times 0,00356 \text{ ns/nm.km} \\ &= 7,387 \times 10^{-3} \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 9}{1,31 \mu\text{m}} \times 1,465 (2 \times 3,412 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\ &= 5,2214 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{waveguide} &= \frac{L}{c} \left[ n_2 + \left( n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right] \\ &= \frac{2,0751}{3 \times 10^8} [1,46 + (1,46 \times 3,412 \times 10^{-3} \times 2,062)] \\ &= 1,0167 \times 10^{-5} \text{ ns} \end{aligned}$$

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

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$= [0,15^2 + (3,387 \times 10^{-3} + 1,0167 \times 10^{-5})^2 + 0^2 + 0,2^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,2501 \text{ ns}$$

#### 4.2.1.3 Analisis Signal to Noise Ratio

Signal to Noise Ratio merupakan parameter yang menentukan keandalan jaringan dengan melakukan perbandingan daya sinyal yang diterima dengan jumlah noise total.

##### Downstream 1490 nm

###### a. Signal Power

$$P_{opt} = P_r = 10^{\frac{-20,511}{10}}$$

$$= 8,89 \times 10^{-3} \text{ mWatt}$$

$$= 8,89 \times 10^{-6} \text{ Watt}$$

$$\text{Signal power} = 2(P_r \times \frac{\eta q}{h\nu})^2$$

$$= 2(8,89 \times 10^{-6} \times 0,85)^2$$

$$= 1,142 \times 10^{-10} \text{ A}$$

###### b. Noise Dark Current

$$\text{Noise dark current} = 2q i_D B$$

$$= 2(1,6 \times 10^{-19})(2 \times 10^{-9})(2,4 \times 10^9)$$

$$= 1,536 \times 10^{-18}$$

###### c. Thermal Noise

$$\text{Thermal noise} = \frac{4 k T_{eff} B}{R_{eq}}$$

$$= \frac{4 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times 2,4 \times 10^9}{50}$$

$$= 7,6838 \times 10^{-13} \text{ A}$$

###### d. Shot Noise

$$\text{Shot noise} = 2q \left( 2 P_r \frac{\eta q}{h\nu} \right) B$$

$$= 2 \times 1,6 \times 10^{-19} (2 \times 8,89 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 2,4 \times 10^9)$$

$$= 1,606 \times 10^{-14}$$

$$\text{Total noise} = \text{Noise dark} +$$

$$\text{Thermal noise} + \text{Shot noise}$$

$$= 1,536 \times 10^{-18} + 7,6838 \times 10^{-13} + 1,606 \times 10^{-14}$$

$$= 7,7998 \times 10^{-14}$$

$$SNR = \frac{S}{N}_{rms} = \frac{\text{signal power}}{\text{total noise}} = \frac{1,142 \times 10^{-10}}{7,7998 \times 10^{-14}} =$$

$$146,414$$

$$SNR_{dB} = 10 \log SNR$$

$$= 10 \log 146,414$$

$$= 21,65 \text{ dB}$$

##### Upstream 1310 nm

###### e. Signal Power

$$P_{opt} = P_r = 10^{\frac{-20,656}{10}}$$

$$= 8,5976 \times 10^{-3} \text{ mWatt}$$

$$= 8,5976 \times 10^{-6} \text{ Watt}$$

$$\text{Signal power} = 2(P_r \times \frac{\eta q}{h\nu})^2$$

$$= 2(8,5976 \times 10^{-6} \times 0,85)^2$$

$$= 1,068 \times 10^{-10} \text{ A}$$

###### f. Noise Dark Current

$$\text{Noise dark current} = 2q i_D B$$

$$= 2(1,6 \times 10^{-19})(2 \times 10^{-9})(1,25 \times 10^9)$$

$$= 8 \times 10^{-19}$$

###### g. Thermal Noise

$$\text{Thermal noise} = \frac{4 k T_{eff} B}{R_{eq}}$$

$$= \frac{4 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times 1,25 \times 10^9}{50}$$

$$= 4,002 \times 10^{-13} \text{ A}$$

###### h. Shot Noise

$$\text{Shot noise} = 2q \left( 2 P_r \frac{\eta q}{h\nu} \right) B$$

$$= 2 \times 1,6 \times 10^{-19} (2 \times 8,598 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 1,25 \times 10^9)$$

$$= 5,846 \times 10^{-15}$$

$$\text{Total noise} = \text{Noise dark} +$$

$$\text{Thermal noise} + \text{Shot noise}$$

$$= 8 \times 10^{-19} + 4,002 \times 10^{-13} + 5,846 \times 10^{-15}$$

$$= 4,0604 \times 10^{-13}$$

$$SNR = \frac{S}{N}_{rms} = \frac{\text{signal power}}{\text{total noise}} = \frac{1,068 \times 10^{-10}}{4,0604 \times 10^{-13}} = 263,02$$

$$SNR_{dB} = 10 \log SNR$$

$$= 10 \log 263,02$$

$$= 24,199 \text{ dB}$$

#### 4.2.1.4 Analisis Bit Error Rate (BER)

Perhitungan untuk Bit Error Rate (BER) didasarkan pada perhitungan banyaknya jumlah bit yang rusak ketika sinyal ditransmisikan, nilai BER sangat dipengaruhi oleh nilai SNR yang telah kita hitung sebelumnya.

##### Downstream 1490 nm

$$21.65 = 10 \log 2Q$$

$$\log 2Q = \frac{21.65}{20}$$

$$= 1.0825$$

$$2Q = 10^{10.825}$$

$$2Q = 12.092$$

$$Q = \frac{12.092}{2}$$

$$Q = 6.064$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14}} \cdot \frac{e^{-\frac{6.064^2}{2}}}{6.064}$$

$$BER = 7.619 \times 10^{-10}$$

##### Upstream 1310 nm

$$24.199 = 10 \log 2Q$$

$$\log 2Q = \frac{24.199}{20}$$

$$= 1.209$$

$$2Q = 10^{12.09}$$

$$2Q = 16.18$$

$$Q = \frac{16.18}{2}$$

$$Q = 8.09$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14}} \cdot \frac{e^{-\frac{8.09^2}{2}}}{8.09}$$

$$BER = 3.028 \times 10^{-16}$$

#### 4.3.1 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan Link Power Budget

Setelah sebelumnya telah dilakukan perhitungan terhadap parameter – parameter yang ada, berikut ini adalah tabel keandalan link power budget, sensitivitas daya dan margin daya.

Tabel 4.11 Keandalan Link Power Budget

Nama Data	Dw & Up	Redaman Total	Standar	Andal / tidak andal
Data satu	Dw	19,511 dB	19 - 28 dB	Andal
	Up	19,656 dB		Andal
Data dua	Dw	19,507 dB	19 - 28 dB	Andal
	Up	19,614 dB		Andal
Data tiga	Dw	20,647 dB	19 - 28 dB	Andal
	Up	21,002 dB		Andal
Data empat	Dw	21,661 dB	19 - 28 dB	Andal
	Up	22,157 dB		Andal

Tabel 4.12 Keandalan Sensitivitas Daya ( $P_r$ )

Nama Data	Dw & Up	$P_r$	Standar	Layak / tdk layak
Data satu	Dw	-20,511 dBm	> -28 dBm	Andal
	Up	-20,656 dBm		Andal
Data dua	Dw	-20,507 dBm	> -28 dBm	Andal
	Up	-20,614 dBm		Andal
Data tiga	Dw	-21,647 dBm	> -28 dBm	Andal
	Up	-22,002 dBm		Andal
Data empat	Dw	-22,661 dBm	> -28 dBm	Andal
	Up	-23,157 dBm		Andal

Tabel 4.13 Keandalan Margin Daya (M)

Nama Data	Dw & Up	Margin daya	Standar	Andal / tidak andal
Data satu	Dw	7,489 dBm	> 0 dBm	Andal
	Up	7,343 dBm		Andal
Data dua	Dw	7,492 dBm	> 0 dBm	Andal
	Up	7,385 dBm		Andal
Data tiga	Dw	6,352 dBm	> 0 dBm	Andal
	Up	5,998 dBm		Andal
Data empat	Dw	5,338 dBm	> 0 dBm	Andal
	Up	4,843 dBm		Andal

Berdasarkan tabel 4.10 hasil perhitungan diatas untuk parameter *link power budget* menunjukkan bahwa keempat *sample* pelanggan dikategorikan Layak dioperasikan, hal ini bisa dilihat dari nilai perhitungan yang telah sesuai standar ITU. Apabila nilai redaman diatas 25 dB maka akan terjadi penurunan kecepatan akses data, bahkan apabila redaman terus meningkat akan menyebabkan koneksi hilang dan terputus. Salah satu faktor meningkatnya nilai redaman adalah sambungan serat optik, dimana jumlah sambungan serat tidak bisa diprediksi jumlahnya karena putusnya kabel jaringan bisa terjadi karena berbagai faktor seperti cuaca.

Dalam upaya memperbaiki kualitas jaringan maka perlu dilakukan *maintenance* secara berkelanjutan pada titik – titik sambungan yang ada diperangkat jaringan seperti ODP, ODC ataupun di ODF. Selain *maintenance* yang teratur juga bisa dilakukan penggantian kabel *pathcord*, kabel *dropcore*, kabel distribusi atau kabel *feeder* jika masih diperoleh nilai redaman yang tinggi.

#### 4.3.2 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan Rise Time Budget

Parameter *rise time* dipengaruhi oleh *dispersi* yang terjadi pada serat optik, *Dispersi* merupakan terjadinya

pelebaran pulsa yang menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang sehingga berpengaruh terhadap *bandwidth*. Berikut ini adalah tabel keandalan hasil perhitungan *sample* pelanggan.

Tabel 4.14 Keandalan Time Rise Budget

Nama Data	Nilai Dw	Standar NRZ	Andal / tdk andal	Nilai Up	Standar NRZ	Andal / tdk andal
Data satu	0,2516	<0,292	Andal	0,2501	<0,5833	Andal
	ns	ns		ns	ns	
Data dua	0,2508	<0,292	Andal	0,2606	<0,5833	Andal
	ns	ns		ns	ns	
Data tiga	0,2593	<0,292	Andal	0,2506	<0,5833	Andal
	ns	ns		ns	ns	
Data empat	0,2679	<0,292	Andal	0,2512	<0,5833	Andal
	ns	ns		ns	ns	

Pada tabel 4.14 semua jaringan baik *downstream* maupun *upstream* diaktegorikan Layak untuk dioperasikan, hal ini bisa dilihat dari nilai perhitungan yang telah sesuai standar ITU.

Pengkodean pada *rise time* digunakan adalah pengkodean NRZ yang memiliki kecepatan transmisi data yang tinggi yaitu 1 Gbps, maksud dari kecepatan 1 Gbps tersebut adalah kecepatan transmisi setiap bit akan memerlukan waktu  $10^{-9}$  s. Dalam *rise time* terdapat persyaratan yang harus dipenuhi akibat adanya dispersi agar sistem dapat mentransmisikan data 1 Gbps. Batas dari *rise time* tidak boleh lebih dari 70 % *time periode* ( $t_s < 0,7 \times 10^{-9}$ ). Berdasarkan tabel kelayakan diatas semua nilai baik *downstream* maupun *upstream* masih dibawah  $0,7 \times 10^{-9}$ .

#### 4.3.3 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan Signal to Noise Ratio

Parameter SNR didasarkan pada total derau yang terdapat pada kabel serat optik, tentunya terdapat standar suatu jaringan dikategorikan andal atau sebaliknya. Berikut ini tabel keandalan SNR dari jaringan *sample* pelanggan.

Nama Data	Dw & Up	SNR	Standar	Andal / tidak andal
Data satu	Dw	21,651 dB	> 21,5 dB	Andal
	Up	24,199 dB		Andal
Data dua	Dw	21,741 dB	> 21,5 dB	Andal
	Up	24,279 dB		Andal
Data tiga	Dw	19,396 dB	> 21,5 dB	Tidak Andal
	Up	21,525 dB		Andal
Data empat	Dw	17,379 dB	> 21,5 dB	Tidak Andal
	Up	19,225 dB		Tidak Andal

Tabel 4.15 Keandalan *Signal to Noise Ratio*

Pada tabel 4.8 hasil *SNR* menunjukkan bahwa tidak semua jaringan pelanggan Layak, bisa dilihat pada *downstream* pelanggan ketiga yang mana nilainya adalah 19,396 dB dibawah nilai standar yang ditetapkan oleh PT Telkom yaitu 21,5 dB. Kemudian pelanggan keempat baik *downstream* maupun *upstream* nilainya 17,379 dB dan 19,225 dB, sehingga dikategorikan tidak Layak. Nilai *SNR* yang berada dibawah standar menyebabkan kualitas jaringan menurun yang memungkinkan bisa terjadi penurunan kecepatan *transmisi* data, sering terputus koneksinya, atau bahkan tidak *connect*.

#### 4.3.4 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan *Bit Error Rate*

*Bit Error Rate (BER)* merupakan ukuran kinerja sistem untuk mengetahui berapa jumlah bit yang rusak selama pengiriman data dari sumber hingga ke penerima. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan parameter *Bit Error Rate* pada sample pelanggan.

Tabel 4.16 Keandalan *Bit Error Rate*

Nama Data	Dw & Up	BER	Standar	Layak / tdk layak
Data satu	Dw	$7.619 \times 10^{-10}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Layak
	Up	$3.028 \times 10^{-16}$		Layak
Data dua	Dw	$5.174 \times 10^{-10}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Layak
	Up	$1.631 \times 10^{-16}$		Layak
Data tiga	Dw	$3.774 \times 10^{-7}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Tidak Layak
	Up	$1,631 \times 10^{-16}$		Layak
Data empat	Dw	$1,199 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Tidak Layak
	Up	$2,546 \times 10^{-6}$		Tidak Layak

Berdasarkan tabel 4.9 diatas hasil perhitungan *bit error rate* menunjukkan pelanggan ketiga untuk *downstream* dikategorikan tidak layak dimana nilainya sebesar  $3.774 \times 10^{-7}$ . Kemudian untuk pelanggan keempat nilai *downstream* adalah  $1,199 \times 10^{-4}$  dan nilai *upstream* adalah  $2,546 \times 10^{-6}$ , nilai tersebut juga berada dibawah standar yang ditetapkan.

semakin kecil nilai *SNR* maka semakin kecil juga nilai *BER* atau saling berbanding lurus. Ketidaklayakan *BER* dapat menyebabkan gangguan pada jaringan terutama ketika perbedaan waktu. Contohnya jika pelanggan satu dan empat melakukan *download* dengan ukuran file yang besarnya sama waktu yang dibutuhkan akan berbeda dimana pelanggan empat akan lebih lama, begitu pula ketika akan *upload*. Selain itu, ada kemungkinan bahwa data yang dikirimkan akan mengalami kerusakan sehingga data yang terkirim tidak utuh atau rusak.

## V. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan dan analisis terhadap jaringan *fiber to the home* STO Pakem, Sleman, Yogyakarta dengan parameter yang telah dijelaskan pada BAB IV diatas, maka penulisan tugas akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Nilai redaman total yang diperoleh pada semua sample pelanggan telah sesuai dengan standar atau berkategori andal, hal ini sesuai dengan ITU-T G.984 dengan nilai redaman maksimal harus dibawah 28dB.
- b. Nilai sensitivitas daya dan margin daya pada setiap sistem jaringan semua pelanggan telah memenuhi standar ITU G. 984 dan dikategorikan sistem yang andal.
- c. Semua sistem jaringan pelanggan dengan parameter rise time budget telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh ITU G.984.3/4. Dimana, nilai setiap sistem jaringan dibawah  $0,7 \times 10^{-9}$ .
- d. Pada parameter signal to noise ratio terdapat dua sistem jaringan pelanggan yang tidak memenuhi standar ITU G.984.3/4 yaitu pelanggan ketiga dan pelanggan keempat yang nilainya berada dibawah 21,5 dB sehingga dikategorikan jaringan tidak andal. Sedangkan pelanggan satu dan dua telah memenuhi ketentuan ITU.
- e. Pada parameter bit error rate pelanggan satu dan dua telah memenuhi standar ITU G.984.4, sedangkan untuk pelanggan ketiga dan keempat belum memenuhi standar yang ditetapkan ITU sehingga dikategorikan jaringan tidak andal.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap jaringan *fiber to the home* berbasis *gigabit passive optical network* pada STO Pakem, maka dapat disampaikan beberapa saran yang mungkin dapat digunakan sebagai bahan evaluasi kinerja untuk Telkom khususnya STO Pakem, perlu dilakukan pengukuran dengan parameter – parameter yang ada secara

*realtime* pada peralatan *ftth* yang sesungguhnya, hal ini bisa sebagai data *base* pelanggan yang berkaitan dengan hal teknis dilapangan. Kemudian untuk penelitian – penelitian berikutnya dapat ditambahkan dengan mengambil atau menambahkan parameter lain atau bisa juga dapat menambah jumlah STO sebagai bahan perbandingan data.

### DAFTAR PUSTAKA

- Dermawan, B., Santoso, I., & Prakoso, T. (2016). Analisis Jaringan FTTH (Fiber to the Home) Berteknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network). *TRANSMISI*, 18(1), 30-37.
- Firdaus, F., Pradana, F. A., & Indarto, E. (2016). Performansi Jaringan Fiber Optik Dari Sentral Office Hingga Ke Pelanggan Di YOGYAKARTA. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, 3(1).
- Habib, F. (2015). Analisa Rugi-Rugi Serat Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer Dengan Aplikasi AQ7932. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Kao, P. (2009). *Fiber Optic, Fundamental of Photonics*. New York: Jhon Wiley & Sons, Incoorporation.
- Keiser, G. (2003). *Optical Communication Essentials*. New York: McGraw-Hill
- Keiser, G. (2010). *Optical Fiber Communications*, 4th edition. Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Lamsihar, I. D., Sugito, S., & Widodo, R. B. C. (2015). Perancangan Jaringan Fiber To The Home (ftth) Menggunakan Gigabitpassive Optical Network (gpon) Untuk Perumahan Jingga Bandung. *eProceedings of Engineering*, 2(3).
- LIVING, T. PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) UNTUK TOWER A BANDUNG TECHNOPLEX LIVING [6] DESIGN OF FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK WITH GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) FOR TOWER A APARTMENT BANDUNG.
- Mardiyah, J. (2016). Analisis Jarak Maksimum Kabel Serat Optik Dengan Menggunakan Metode Link Power Budget Antara Msc a. Yani-Bsc Batulayang Di PT. Indosat. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- Mauludin, M. S., & Rahmawati, I. (2017). ANALISA JARINGAN FTTH STO JOHAR KE MG SETOS BERDASARKAN TEKNOLOGI GPON DI PT. TELKOM AKSES DIGITAL LIFE REGIONAL IV JATENG DAN DIY. *MEDIA ELEKTRIKA*, 10(1).
- Prabowo, N., Hambali, A., & Pambudi, A. D. (2017). Perancangan Desain Fiber To The Tower (fttt) Untuk Komunikasi Broadcast Sebagai Backhaul

Jaringan Pariz Van Java Tv  
Bandung. eProceedings of Engineering, 4(1).

- Rahmansyah, M. (2017). Analisis Optical Power Budget dan Rise Time Budget Pada Jaringan Fiber To The Home Berbasis Passive Optical Network (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Siahaan, M. R. M. (2012). PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME (FTTH) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) DI PERUMAHAN SETRA DUTA BANDUNG.
- Toago, S. P., Alamsyah, A., & Amir, A. Perancangan Jaringan Fiber to the Home (Ftth) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Di Perumahan Citraland Palu. Mektrik, 1(1).
- Umaternate, I., Saifuddin, M. Z., & Saman, H. (2016). Sistem Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) pada PT. Telkom Kandatel Ternate. PROtek, 3(1), 26-34.
- Wahyudi, H. M., & Kom, S. (2010). Mengenal Teknologi Kabel Serat Optik (Fiber Optik). Bina Sarana Informatika.