

STUDI KELAYAKAN PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) STUDI KASUS DI BRANCH BIZNET BOGOR

Puguh Kujatmiko¹⁾, Harry Ramza²⁾, & Kun Fayakun³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Informatika,
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Jakarta Jl. Tanah Merdeka, No. 6,
Kampung Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur, Indonesia Telp : (021)87782739, Mobile : 087883185985
^{1,2,3)}E-mail : mikopuguh@gmail.com, hramza@yahoo.com, kun_fayakun@uhamka.ac.id

Abstrak

Jumlah lalu lintas Internet telah banyak mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu yang paling berkembang yaitu jaringan fiber to the home (FTTH) dikarenakan menawarkan kecepatan data yang amat cepat. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukannya analisa studi kinerja pada jaringan FTTH dengan menggunakan metode Link Power budget, Rise Time Budget, Bit Error Rate (BER) dan faktor Q . Penelitian dilakukan di dua tempat berbeda. Berdasarkan hasil perhitungan di dapat nilai Link Power Budget di kedua tempat di bawah 28 dBm dan memiliki margin daya melebihi 0. Nilai Rise Time Budget yang dihasilkan pada Jl .Layungsari III sebesar 0,2503 ns pada downlink dan 0,2547 ns pada uplink, pada Jl. Raya Dramaga sebesar 0,2604 ns pada downlink dan 2,506 ns. Nilai BER dan faktor Q yang didapat menggunakan software OptiSystem pada Jl. Layungsari sebesar 1.73×10^{-11} pada BER dan 6,6 pada faktor Q dan pada Jl. Raya Dramaga 5.88×10^{-10} pada BER dan 6,1 pada faktor Q .

Kata kunci : FTTH, Link Power Budget, Rise Time Budget, BER, Faktor Q

Abstract

The amount of Internet traffic has experienced a very significant growth in recent years. One of the most developed is the fiber to the home (FTTH) network because it offers very fast data speeds. Based on this, an analysis of performance studies on the FTTH network was carried out using the Link Power budget, Rise Time Budget, Bit Error Rate (BER) and Q factor methods. The research was conducted in two different places. Based on the calculation results, the value of the Link Power Budget in both places is below 28 dBm and has a power margin exceeding 0. Meanwhile, the Rise Time Budget on Jl. Layungsari III is 0.2503 ns on the downlink and 0.2547 ns on the uplink. , at JL. Raya Dramaga of 0.2604 ns on the downlink and 2.506 ns. While the value of BER and Q factor using OptiSystem software on Jl. Layungsari is 1.73×10^{-11} on BER and 6.6 on Q factor, on Jl. Raya Dramaga 5.88×10^{-10} on BER and 6.1 on Q factor.

Keyword: FTTH, Link Power Budget, Rise Time Budget, BER, Faktor Q

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi modern saat ini menawarkan dukungan dan hiburan melalui teknologi modern seperti Internet dan jenis komunikasi nirkabel lainnya, telah terjadi proliferasi teknologi baru yang menghasilkan ketersediaan sejumlah keuntungan yang dapat dirasakan secara langsung. Sebagai akibat dari perkembangan teknologi komunikasi, individu memiliki berbagai macam pengetahuan yang ingin mereka sebarkan kepada orang lain. Dalam menunjangnya teknologi internet diperlukan pemancar yang memiliki kapasitas data yang besar dan kecepatan

transmisi yang cepat agar dapat mengikuti jumlah komunikasi yang disediakan saat ini

Salah satu teknologi yang telah dan terus dikembangkan sebagai media komunikasi berbasis internet adalah teknologi serat optik. Serat optik populer untuk sektor pengguna tetap seperti perkantoran, bangunan tinggi, sekolah, atau rumah seperti produk Telkom Indonesia yaitu IndiHome, First Media, MyRepublic dan Biznet. Serat optik adalah gelombang cahaya yang digunakan untuk mentransmisikan data, dari suatu tempat ke tempat lain pada waktu yang amat cepat dan memuat data yang amat besar. Bahan yang digunakan dalam serat optik

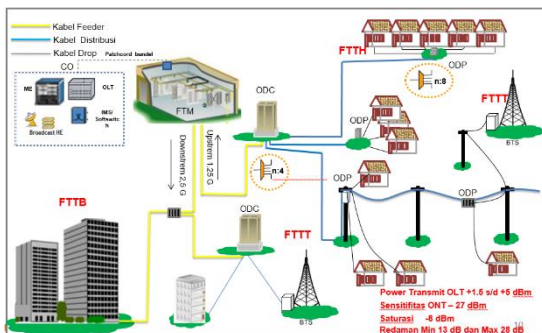
adalah kaca atau plastik. Ada tiga komponen terpenting dari serat optik seperti inti serat (core) yang biasanya terbuat dari kaca. Inti ini dikelilingi oleh lapisan kaca atau plastik lain yang disebut dengan cladding, dimana ditandai dengan bahan indeks bias yang lebih rendah dibandingkan bahan inti, dan coating yang memiliki fungsi sebagai pelindung [1] [2]

Jumlah lalu lintas Internet telah banyak mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Sejumlah besar data yang berasal dari jaringan internet ini sangat banyak digunakan. Data ini pun mencakup banyak lalu lintas yang diinginkan dan tidak diinginkan. Contoh lalu lintas yang tidak diinginkan mungkin disebabkan oleh adanya beberapa kesalahan perangkat, atau serangan malware, dan masih banyak lagi. Oleh karena itu, lalu lintas tersebut memakan banyak biaya operasi yang lebih dan memakan risiko tertentu [3].

2. LANDASAN TEORI

2.1 Fiber To The X (FTTX)

FTTX adalah jenis telekomunikasi yang memanfaatkan serat optik sebagai sarana transmisinya mulai dari penyedia layanan (provider) sampai dengan



Gambar 1 FTTX [9]

pengguna sebenarnya atau pelanggan [4]. Diharapkan teknologi ini akan menjadi peningkatan yang signifikan atas sistem PSTN yang mengandalkan kabel tembaga sebagai media transmisinya.

Penggunaan teknologi terbaru dalam perlombaan layanan Internet yang lebih baik menggunakan teknologi mutakhir seperti serat optik. Karena Jaringan ini memiliki banyak keunggulan dalam menyediakan layanan Internet seperti: Bandwidth lebih besar dan kecepatan jaringan yang lebih cepat diantara teknologi saat ini yang beredar. Dalam jaringan FTTX, terjadinya resiko interferensi jaringan juga sangat rendah, karena serat optik kebal terhadap *noise* dan *interferensi* sinyal radio. Selain itu, saat memasang jaringan FTTX, teknisi memudahkan

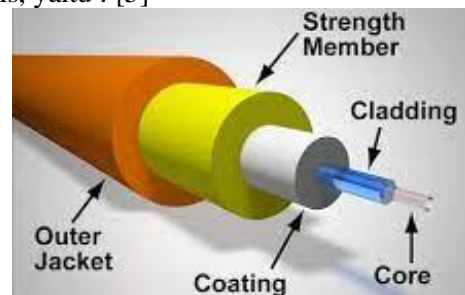
pemasangan teknologi serat optik ke rumah pelanggan. Dalam hal ini FTTX memiliki beberapa jenis, yaitu :

1. Fiber To The Home (FTTH)
Yang dimaksud FTTH yaitu jenis jaringan serat optik dimana ONT sebagai titik akhir jaringan serat optik di rumah pelanggan sedangkan OLT berada di kantor pusat [10]. FTTH mengacu pada desain jaringan optik yang menghubungkan kantor pusat (STO) ke jaringan pelanggan dalam ruangan perangkat aktif, yang mencakup OLT dan ONU/ONT [9].
2. Fiber To The Building (FTTB)
Tautan data serat optik yang membentang di seluruh bangunan/gedung dikenal sebagai "Fiber To The Building". Anda dapat berkomunikasi dengan individu yang berada di dalam gedung dengan menggunakan berbagai bentuk media seperti kabel Ethernet, kabel TV, atau kabel telepon.
3. Fiber To The Tower (FTTT)
FTTT , menjelaskan menjalankan kabel serat optik dari peralatan kantor pusat ke sakelar komunikasi yang terletak dalam jarak 1000 kaki (sekitar 300 m) dari rumah atau perusahaan. Kabel koaksial, kabel tembaga twisted-pair, jalur serat optik, atau media transmisi lainnya digunakan untuk menghubungkan peralatan tepi jalan ke pelanggan di gedung [4].

2.2 Serat Optik

Serat optik merupakan salah satu jenis transmisi yang terbuat dari senyawa kimia yaitu silika SiO_2). Silika tersebut digunakan untuk mengirimkan informasi elektrik yang bertindak berdasarkan waktu, dan cahaya sebagai media penyampaian informasinya [7].

Fiber optik tunggal terbuat dari beberapa lapisan konsentris, yaitu : [5]



Gambar 2 kabel fiber optik [5]

1. Core
Bagian ini terbuat dari Silika yang berfungsi sebagai daerah transmisi cahaya dari serat.
2. Cladding
Lapisan pertama disekitaran inti yang terbuat juga dari silika.

3. Coating

Merupakan bagian pelindung pertama yang melindungi struktur Silika dari kerusakan fisik atau lingkungan.

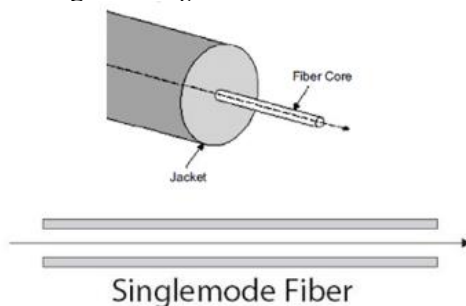
4. Strength Member

Bagian yang terletak diluar coating, gunanya untuk melindungi serat agar tidak pecah selama pemasangan.

Dalam komunikasi serat optik memiliki dua jenis-jenis kabel serat optik yang umum digunakan ternyata memiliki metode transmisi yang berbeda. Kedua jenis kabel fiber tersebut adalah:

1. Single Mode

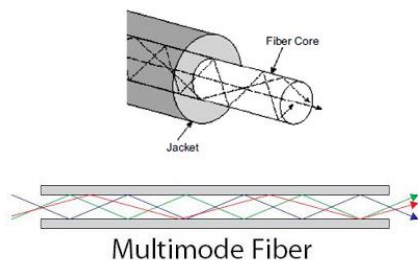
Disebut *single mode* karena intinya yang sangat kecil, dan diameternya hampir sama dengan panjang gelombang. sehingga cahaya dapat merambat lurus tanpa adanya pantulan ke dinding *cladding*.



Gambar 3 Single Mode

2. Multi Mode

Inti dari serat optik ini memiliki diameter yang besar, namun teknologi ini memiliki beberapa masalah yaitu cahaya yang berada di dalam medium serat optik terlalu banyak dan mengakibatkan banyaknya pantulan cahaya.



Gambar 4 Multi Mode

2.3 Passive Optical Network (PON)

PON merupakan jenis teknologi FTTH khusus yang meningkatkan perangkat optik pasif dalam jaringan distribusi optik. PON sendiri memiliki komponen utama, yaitu sebagai berikut:

1. Optical Line Termination (OLT)

Optical Line Terminal beroperasi di kantor

utama, dan bertanggung jawab untuk mengontrol aliran informasi dalam dua arah di seluruh ODN. OLT harus mampu mengirim data hingga jarak 20 kilometer dari lokasinya.

2. Optical Distribution Network (ODN)

ODN adalah ruangan khusus yang strukturnya berbentuk kotak dan, yang berfungsi sebagai media instalasi kabel serat optik mode tunggal, yang dapat menampung konektor, *splices*, maupun *passive splitter* dan dilengkapi dengan ruang manajemen.

3. Optical Network Termination (ONT)

ODN adalah perangkat yang memiliki kapasitas untuk melindungi splitter pasif dan mengirim kabel optik ke sejumlah lokasi atau titik akhir. Fungsi utama ODN adalah untuk mengirimkan sinyal optik tunggal dari penyedia utama ke sejumlah pengguna lain dengan menggunakan komponen pasif splitter.

Pengoprasian jaringan *passive optical network* atau bisa dikenal juga jaringan optik pasif, bekerja tanpa perangkat aktif disetiap titik perantara sepanjang jalur jaringan. Contoh telekomunikasi yang mungkin menggunakan teknologi PON termasuk diantaranya sakelar *public switched telephone network* (PSTN), *router Internet Protocol* (IP), *server video-on-demand*, sakelar *Ethernet*, *asynchronous transfer mode* (ATM), dan sistem penyimpanan cadangan yang terdiri dari unit-unit seperti array disk dengan kapasitas yang tinggi. Ada beberapa jenis teknologi PON yang berbeda, yang paling umum yaitu APON (ATM PON), BPON (*Broadband PON*), EPON (*Ethernet PON*), dan GPON (*Gigabit PON*).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi

Lokasi bertempat di Biznet Branch, Jl. Re. Martadinata, Kota Bogor, Jawa Barat. Lokasi pelanggan berada di kawasan Jl. Layungsari III dan di Jl. Raya Dramaga Bogor.

3.2 Metode Perhitungan

3.2.1 Link Power Budget

Link power budget adalah proses perhitungan yang digunakan untuk menghitung batasan redaman total yang dibolehkan antara daya keluar pemancar dan sensitivitas. Dalam menghitung *link power budget*, beberapa faktor harus diperhatikan, antara lain perhitungan redaman berdasarkan daya yang telah diketahui. Perhitungan redaman harus sesuai spesifikasi perangkat yang digunakan, pada perangkat

ini digunakan standar ITU.T G.948, Untuk menghitung total loss pada jaringan FTTH digunakan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_{total} = L \cdot a_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (1)$$

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

Keterangan Rumus :

- α_{total} : Redaman total (dB)
- P_r : Sensitivitas penerima (dBm)
- P_t : Daya pemancar (dBm)
- L : Panjang kabel serat optik (km)
- a_{serat} : Redaman Kabel Fiber Optik (dB/km)
- N_c : jumlah konektor
- α_c : Redaman konektor (dB)
- N_s : Jumlah sambungan
- α_s : Redaman Sambungan (dB)
- S_p : Redaman Splitter (dB)

Margin daya yang diperlukan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol). Margin daya adalah sisa daya yang dari pemancar setelah dikurangi rugi-rugi dalam proses power transmisi, pengurangan dengan nilai safety margin, mengurangi nilai sensitivitas receiver/penerima. Untuk Bentuk persamaan perhitungan margin daya adalah sebagai berikut:

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - SM \quad (3)$$

Keterangan :

- P_r : Sensitivitas penerima (dBm)
- P_t : Daya pemancar (dBm)
- M_s : Margin, antara 6 - 8 dB
- a_{tot} : Total redaman (dB)

3.2.2 Rise Time Budget

Rise Time Budget merupakan metode untuk menentukan batas dispersi suatu link serat optik. Metode ini digunakan untuk menganalisis sistem transmisi dengan tujuan untuk menganalisa apakah sistem tersebut dapat dioperasikan dan sudah layak serta mampu untuk di terapkan di lapangan.

Untuk mencari nilai *rise time budget*, dapat menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$t_{sis} < \frac{0,7}{BR} \quad (4)$$

$$t_f = D \times \sigma\lambda \times L \quad (5)$$

$$T_{sys} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \quad (6)$$

Keterangan :

- t_{rx} = Rise Time detector optic (ns)
- t_{sis} = Rise Time Sistem (ns)
- t_{tx} = Rise Time sumber optik (ns)
- $\sigma\lambda$ = Lebar spektral (nm)
- t_f = Rise Time optic (ns)
- BR = Bit Rate
- D = Koefisiendisperse (ns/nm.km)
- L = Jarak (km)

3.2.3 Bit Error Rate

BER adalah ukuran kualitas sinyal yang diterima untuk sistem transmisi data digital dan merupakan tingkat kesalahan bit yang terjadi saat mentransmisikan sinyal digital (Burdah et al., 2019). BER untuk sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Sinyal optik yang dikirimkan melalui jaringan FTTH berupa pulsa-pulsa cahaya yang masing-masing membawa satu bit data [6] [7].

3.2.4 Faktor Q

kualitas yang akan menentukan bagus atau tidaknya kualitas suatu koneksi data atau jaringan adalah factor Q. Pada sistem komunikasi serat optik, khususnya GPON, ukuran minimal faktor Q yang baik adalah 6 atau 10^{-9} pada *bit error rate*.

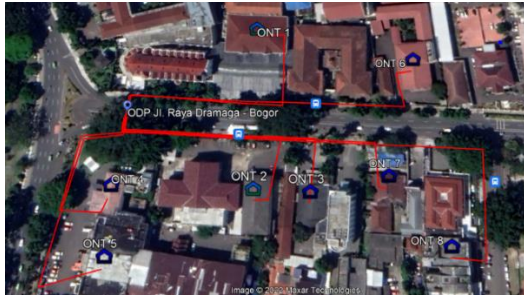
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Jaringan Akses FTTH

Dalam melakukan penelitian penulis melakukan di 2 tempat yang berbeda. tempat pertama yaitu di Jl. Raya Dramaga Bogor yang dimana berjarak 3,56 km dari STO sedangkan tempat kedua berada di jl.Layangsari III yang dimana berjarak 5,35 km dari STO. STO sendiri ada di daerah air mancur Bogor atau di Jl. RE. Martadinata Bogor.

4.1.1 Jl. Raya Dramaga Bogor

Pada Jl. Raya Dramaga Bogor jarak terjauh antara OLT ke ODP yaitu 3,56 km dan menggunakan *passive splitter* 1:8 di ODC maupun ODP. Pada gambar menunjukkan denah lokasi pemasangan layanan FTTH, yang dimana memiliki 8 pelanggan bias kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5 Jl. Raya Dramaga Bogor

4.1.2 Jl. Layungsari III

Pada jl. Layungsari III jarak terjauh antara OLT ke ONT yaitu 5.35 km dan menggunakan *passive splitter* 1:8 di sisi ODC maupun ODP. Pada gambar 4.2 menunjukkan denah lokasi pemasangan layanan FTTH, yang dimana memiliki 8 pelanggan bias kita lihat pada gambar dibawah ini.

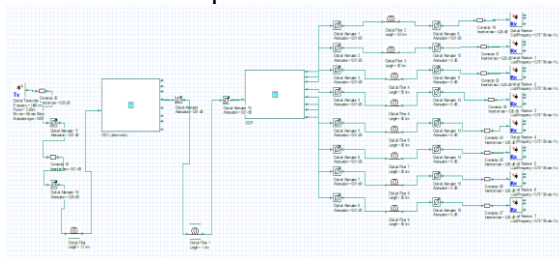


Gambar 6 Jl. Layungsari III

4.2 Konfigurasi Menggunakan Optysistem

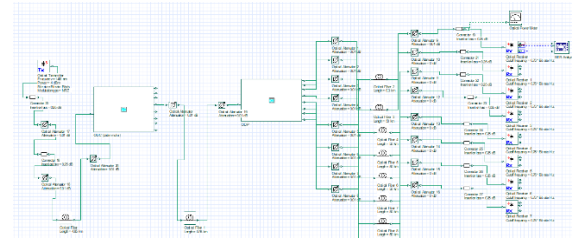
Optisystem adalah *software* yang akan dipakai untuk mensimulasikan jaringan FTTH dari pusat menuju ke pelanggan. Optisystem ini akan menampilkan nilai redaman yang diterima pada perangkat yaitu BER, dan faktor Q. pada konfigurasi ini akan menampilkan jaringan seperti berikut :

1. Titik terjauh yang digunakan yaitu 3.56 km, dimana memiliki 7 sambungan dan 7 konektor yang terpasang dan menggunakan splitter 1 : 8 di ODC maupun ODP.



Gambar 7 Konfigurasi Jl. Raya Dramaga Bogor

2. Titik terjauh yang digunakan yaitu 5.35 km, dimana memiliki 7 sambungan dan 7 konektor yang terpasang dan menggunakan splitter 1 : 8 di ODC maupun ODP.



Gambar 8 Konfigurasi Jl. Layungsari III

4.3 Analisa Hasil Perancangan

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan manual dan simulasi dari rancangan desain FTTH pada Jl. Raya Dramaga Bogor dan jl. Layungsari III. penulis menggunakan *software* OptiSystem sebagai alat untuk mengukur parameter rugi daya pada jaringan FTTH, *software* ini juga akan digunakan untuk mengkonfigurasi jaringan FTTH mulia dari OLT hingga ONT.

4.3.1 Link Power Budget

Kali ini akan melakukan perhitungan *link power budget* yang menggunakan Panjang gelombang 1490 nm pada sisi *downlink* dan 1310 nm pada sisi *uplink*, jarak yang digunakan juga tidak lebih dari 20km. Nilai dari *link power budget* ini meliputi nilai dari redaman total, daya yg diterima dan margin dayanya. Perhitungan ini akan dilakukan di 2 tempat berbeda, yaitu :

1. Jl. Raya Dramaga Bogor

Pada tempat pertama ODC berlokasi di Jl. Gedong Sawah Bogor dan ODP berada di Jl. Raya Dramaga. Di lokasi tersebut memiliki 8 pelanggan. Data yang tertera pada table 4-3 yang akan digunakan dalam perhitungan ini.

Tabel 1 Data Link Power Budegt Jl. Raya Dramaga Bogor

| Parameter | Keterangan |
|---|-------------------|
| Power Transmit | 4 dBm |
| Max/Min Redaman | 13dB - 28 dB |
| $\alpha_{\text{serat G.652.D (1310/1490)}}$ | (0,35; 0,28)dB/Km |
| $\alpha_{\text{serat G.657.A (1310/1490)}}$ | (0,35; 0,28)dB/Km |
| α_s di kabel fiber | 0,01 dB/splice |
| Konektor jenis SC/UPC | 0,25 dB/connector |
| Jenis PS 1:8 | 10,38 dB |
| Jumlah Sambungan | 7 buah |
| Jumlah Konektor | 7 buah |

Perhitungan ini menggunakan pelanggan dengan jarak terjauh,dimana perhitungan Link Power Budget ini pada jarak 3,56 km.

Downlink

Dengan rumus seperti berikut :

$atotal = L . a_{serat} + Nc . ac + Ns . as + Sp$
 Nilai redaman total yang didapat :

$$atotal = (1,85 \times 0,28) + (1,25 \times 0,28) + (0,46 \times 0,28) + (7 \times 0,01) + (7 \times 0,25) + (10,38 + 10,38)$$

$$= 23,58 \text{ dB}$$

Daya yang diterima :

$$Pr = Pt - atotal$$

$$= 4 - 23,58$$

$$= -19,58 \text{ dBm} = 0,011 \text{ mW}$$

Setelah mendapatkan $atotal$ maka dilanjutkan dengan menghitung margin daya, yaitu:

$$M = (Pt - Pr) - atot - SM$$

$$= (4 - (-28)) - 23,58 - 6$$

$$= 2,42 \text{ dBm}$$

Pada perhitungan margin daya pada sisi downstream diperoleh nilai 2,42 dBm, nilai power link budget pada jaringan downstream tersebut sudah layak sebagai jaringan akses dikarenakan nilai lebih dari nol ($M > 0$).

Uplink

Dengan rumus seperti berikut :

$$atotal = L . a_{serat} + Nc . ac + Ns . as + Sp$$

Nilai redaman total yang didapat :

$$atot = (1,85 \times 0,35) + (0,75 \times 0,35) + (0,46 \times 0,35) + (7 \times 0,01) + (7 \times 0,25) + (10,38 + 10,38)$$

$$= 23,83 \text{ dB}$$

Daya yang diterima :

$$Pr = Pt - atot$$

$$= 4 - 23,83$$

$$= -19,83 \text{ dBm} = 0,0103 \text{ mW}$$

Setelah mendapatkan $atotal$ maka dilanjutkan dengan menghitung margin daya, yaitu:

$$M = (Pt - Pr) - atot - SM$$

$$= (4 - (-28)) - 23,83 - 6$$

$$= 2,17 \text{ dBm}$$

Pada perhitungan margin daya pada sisi downstream diperoleh nilai 2.17 dBm, nilai power link budget pada jaringan downstream tersebut sudah layak sebagai jaringan akses dikarenakan nilai lebih dari nol ($M > 0$).

2. Jl. Layungsari III

Data - data yang digunakan untuk perhitungan *Link Power Budge*

Tabel 2 Data Link Power Budegt Jl. Layungsari III

| Parameter | Keterangan |
|---------------------------------|-------------------|
| Power Transmit | 4 dBm |
| Max/Min Redaman | 13dB - 28 dB |
| a_{serat} G.652.D (1310/1490) | (0,35; 0,28)dB/Km |
| a_{serat} G.657.A (1310/1490) | (0,35; 0,28)dB/Km |
| α_s di kabel fiber | 0,01 dB/splice |
| Konektor jenis SC/UPC | 0,25 dB/connector |
| Jenis PS 1:8 | 10,38 dB |
| Jumlah Sambungan | 7 buah |
| Jumlah Konektor | 7 buah |

Perhitungan ini menggunakan pelanggan dengan jarak terjauh, dimana perhitungan Link Power Budget ini pada jarak 5,35 km.

Downlink

Dengan rumus seperti berikut :

$$atotal = L . a_{serat} + Nc . ac + Ns . as + Sp$$

Nilai redaman total yang didapat :

$$atot = (4,65 \times 0,28) + (0,3 \times 0,28) + (0,4 \times 0,28) + (7 \times 0,01) + (7 \times 0,25) + (10,38 + 10,38)$$

$$= 24,07 \text{ dB}$$

Daya yang diterima :

$$Pr = Pt - atot$$

$$= 4 - 24,45$$

$$= -20,07 \text{ dBm} = 0,009 \text{ mW}$$

Setelah mendapatkan $atotal$ maka dilanjutkan dengan menghitung margin daya, yaitu:

$$M = (Pt - Pr) - atot - SM$$

$$= (4 - (-28)) - 24,07 - 6$$

$$= 1,93 \text{ dBm}$$

Pada perhitungan margin daya pada sisi downstream diperoleh nilai 1,93 dBm, nilai power link budget pada jaringan downstream tersebut sudah layak sebagai jaringan akses dikarenakan nilai lebih dari nol ($M > 0$).

Uplink

Dengan rumus sebagai berikut :

$$atotal = L . a_{serat} + Nc . ac + Ns . as + Sp$$

Nilai redaman total yang didapat :

$$atot = (4,65 \times 0,35) + (0,3 \times 0,35) + (0,4 \times 0,35) + (7 \times 0,01) + (7 \times 0,25) + (10,38 + 10,38)$$

$$= 24,44 \text{ dB}$$

Daya yang diterima :

$$Pr = Pt - atot$$

$$= 4 - 24,44$$

$$= -20,44 \text{ dBm} = 0,0072 \text{ mW}$$

Setelah mendapatkan $atotal$ maka dilanjutkan dengan menghitung margin daya, yaitu:

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - \text{atot} - \text{SM} \\
 &= (4 - (-28)) - 24,44 - 6 \\
 &= 1,56 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Marginal yang diperoleh dari perhitungan uplink adalah 1,56 dBm, nilai power link budget pada jaringan downstream tersebut sudah layak sebagai jaringan akses dikarnakan nilai lebih dari nol ($M > 0$).

4.3.2 Rise Time Budget

Pada perhitungan ini akan menggunakan parameter data untuk perhitungan *rise time budget* menggunakan jarak terjauh dengan jalur STO menuju ONT. spesifikasi untuk perhitungan pada *rise time budget* dapat dilihat pada table 4-5 :

Tabel 3 Spesifikasi Rise Time Budget

| Parameter | Keterangan |
|--|---|
| λ (Panjang Gelombang) | 1490/1310 nm |
| $\Delta\sigma$ (OLT/ONT) | 1 nm / 1 nm |
| ttx (OLT/ONT) | (150x10 ⁻³ / 200x10 ⁻³) ns |
| Dm (1490/1310) | (3,5/13,64) ps/nm.km |
| Pengkodean | NRZ |
| Jenis serat optik | Single Mode |
| Indeks bias inti (n ₁) | 1,48 |
| Indeks bias selubung (n ₂) | 1,46 |
| Jari-jari inti (a) | 4,5 μ m |

1. Jl. Raya Dramaga Bogor

Bit rate yang akan digunakan digunakan adalah :

$$\text{Downlink (1490 nm)} = 2,4 \text{ Gbps}$$

$$\text{Uplink (1310 nm)} = 1,2 \text{ Gbps}$$

Bit rate yang digunakan dengan format NRZ, sebagai berikut :

Downlink

$$\begin{aligned}
 T_r &= 0,7 / B_r \\
 &= 0,7 / 2,4 \times 10^9 \\
 &= 0,2917 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dispersion chromatic :

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \times \sigma \lambda \times L \\
 &= 0,035 \times 1 \times 3,56 \\
 &= 0,125 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Rise Time System :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{sys}} &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,2^2 + 0,15^2 + 0,0125^2} \\
 &= 0,2503 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Uplink

$$\begin{aligned}
 T_r &= 0,7 / B_r \\
 &= 0,7 / 1,2 \times 10^9
 \end{aligned}$$

$$= 0,5833 \text{ ns}$$

Perhitungan dispersion chromatic:

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \times \sigma \lambda \times L \\
 &= 0,01364 \times 1 \times 3,56 \\
 &= 0,04856 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Rise Time System :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{sys}} &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,2^2 + 0,15^2 + 0,0486^2} \\
 &= 0,2547 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

2. Jl. Layungsari III

Bit rate yang akan digunakan digunakan adalah :

$$\text{Downlink (1490 nm)} = 2,4 \text{ Gbps}$$

$$\text{Uplink (1310 nm)} = 1,2 \text{ Gbps}$$

Downlink

$$\begin{aligned}
 T_r &= 0,7 / B_r \\
 &= 0,7 / 2,4 \times 10^9 \\
 &= 0,2917 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dispersion chromatic :

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \times \sigma \lambda \times L \\
 &= 0,0035 \times 1 \times 5,35 \\
 &= 0,0187 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Rise Time System :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{sys}} &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,2^2 + 0,15^2 + 0,0187^2} \\
 &= 0,2506 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Uplink

$$\begin{aligned}
 T_r &= 0,7 / B_r \\
 &= 0,7 / 1,2 \times 10^9 \\
 &= 0,5833 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dispersion chromatic :

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \times \sigma \lambda \times L \\
 &= 0,01364 \times 1 \times 5,35 \\
 &= 0,0729 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Rise Time System :

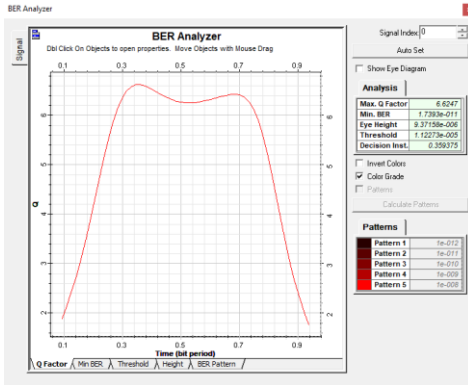
$$\begin{aligned}
 t_{\text{sys}} &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,2^2 + 0,15^2 + 0,0729^2} \\
 &= 0,2604 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

4.3.3 BER dan Faktor Q

Dalam pengukuran kali ini, nilai dari BER dan faktor Q dihasilkan menggunakan simulasi OptySistem 7.0, yang sudah dirancang mengikuti keadaan kondisi di lapangan. Pengukuran ini dapat dilihat sebagai berikut :

1. Jl. Raya Dramaga Bogor

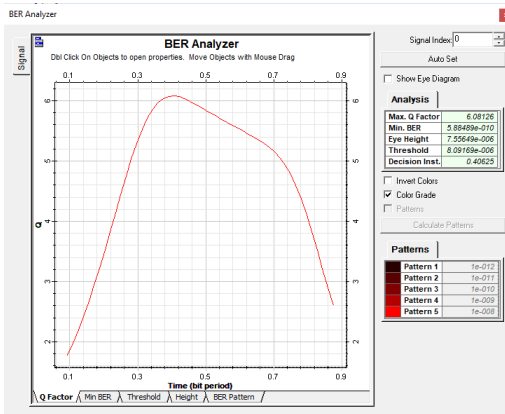
Hasil *Bit error rate* dan faktor Q pada simulasi yang dilakukan di Jl. Raya Dramaga Bogor dapat dilihat pada gambar 4.12. Pada simulasi ini, BER sendiri memiliki nilai sebesar 7.25×10^{-9} , dan nilai BER tersebut sudah dianggap sangat baik dan sudah mencapai nilai ideal yang dibutuhkan jaringan tersebut. Nilai Q-faktor sendiri yaitu 6.6 dimana nilai tersebut melebihi dari nilai Q-faktor ideal yaitu 6.



Gambar 9 Hasil BER dan Faktor Q Jl. Raya Dramaga Bogor

2. Jl. Layungsari III

Bit error rate pada simulasi yang dilakukan di Jl. Raya Dramaga Bogor dapat dilihat pada gambar 4.16. Pada simulasi ini BER sendiri memiliki nilai sebesar 5.88×10^{-10} . Nilai BER tersebut sudah sangat baik dan sudah mencapai nilai ideal yang dibutuhkan jaringan tersebut. Nilai Q-faktor sendiri yaitu 6.1 dimana nilai tersebut melebihi dari nilai Q-faktor ideal yaitu 6.



Gambar 10 Hasil BER dan Faktor Q Jl. Layungsari III

1.1.1 Analisis Jaringan FTTH

4.4 Analisis jaringan FTTH

Analisis jaringan FTTH terhadap dua lokasi yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4-6. Parameter perbandingan yang akan digunakan panjang kabel serat optik, perhitungan P_r , margin daya, *rise time budget*, BER, dan faktor Q. perbandingan ini akan menentukan kelayakan jaringan yang sudah ditetapkan berdasarkan ITU-T G.984. pada table 4-6 menunjukan bahwa kedua tempat yang di uji sudah memenuhi standar ketentuan, dimana bisa dilihat pada Table

Table 4 Hasil dari Perhitungan

| Parameter | Jl. Raya Dramaga | | Jl. Layungsari III | |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | Downlink | Uplink | Downlink | Uplink |
| Jarak | 3,46 km | | 5,35 km | |
| α_{total} (Redaman Total) | 23,58 dB | 23,83 dB | 24,07 dB | 24,44 dB |
| P_r (Daya Penerima) | -19,58 dBm / 0,011 mW | -19,83 dBm / 0,0103 mW | -20,07 dBm / ,009 mW | -20,44 dBm / 0,0072 mW |
| Margin | 2,42 dBm | 2,17 dBm | 1,55 dBm | 0,86 dBm |
| t_{sys} | 0,2503 ns | 0,2547 ns | 0,2604 ns | 2,506 ns |
| BER | 1.73×10^{-11} | | 5.88×10^{-10} | |
| Q factor | 6,6 | | 6,1 | |

5. KESIMPULAN

Adanya beberapa kesimpulan dari penelitian ini, yaitu :

1. Perhitungan *power link budget* untuk tiap-tiap pelanggan masih memenuhi standar redaman dimana masih dibawah nilai 28 dB.
2. Pada perhitungan *Rise Time Budget* hasil dari T_{sys} di Jl. Raya Dramaga bernilai 0,2503 ns dimana masih dibawah nilai maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal pengkodean NRZ yaitu sebesar 0.2917 ns. sedangkan pada *Uplink* memiliki nilai 0,2547 ns juga masih dibawah nilai maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal pengkodean NRZ yaitu sebesar 0.5833 ns. Sedangkan T_{sys} di Jl. Layungsari III memiliki nilai pada *Downlink* sebesar 0,2506 ns dimana masih dibawah nilai maksimum *rise time* dari *bit*

rate sinyal pengkodean NRZ yaitu sebesar 0.2917 ns, sedangkan pada *Uplink* memiliki nilai 0,2604 ns juga masih dibawah nilai maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal pengkodean NRZ yaitu sebesar 0.5833 ns.

3. Pada hasil simulasi memakai *OptiSystem* diperoleh nilai BER dan faktor Q yang baik pada kedua konfigurasi. Dengan nilai BER yang didapat di daerah Jl. Raya Dramaga sebesar $1,73 \times 10^{-11}$ dan nilai faktor Q sebesar 6,6. Sedangkan di Jl. Layungsari III nilai BER sebesar 5.88×10^{-10} dan 6,1 pada faktor Q. Dimana pada kedua konfigurasi pada hasil simulasi tersebut dikatakan baik untuk jaringan FTTH, karena hasil tersebut memiliki nilai BER yaitu 10^{-9} dan faktor Q yaitu 6.

KEPUSTAKAAN

- [1] Satish Addankia, I.S. Amiri, P. Yupapin, *Review of optical fibers-introduction and applications in fiber lasers*, pp. 743-750, 2018.
- [2] SaydamGouzali, *Prinsip Dasar Teknologi Jaringan Komunikasi*, 1997.
- [3] T. Horvath, M. Jurcik, V. Oujezsky and V. Skorpil, "Telecommunications and Signal Processing (TSP)," *GPON Analyzer - Frame Parser Module*, pp. 748-752, 2019.
- [4] G. Keiser, "FTTP Concepts and Applications," dalam *FTTX Concepts and Applications*, IEEE, 2006, pp. 172-173.
- [5] G. J. A. Sudhakar Cherukupalli, "Distributed Fiber Sensing and Dynamic Rating of Power Cables," 2020.
- [6] R. F. Adiati, "Analisis Parameter Signal to Noise Ratio dan Bit Error Rate dalam Backbone Komunikasi Fiber," dalam *Intitut Teknologi Sepuluh November*, Lamongan, 2017.
- [7] G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, Singapura: McGraw Hill, 2010.
- [8] Singh Jasmeena, Garg Amit Kumar , *Optimal Solutions of Integrated Optical and*, pp. 526 - 531, 2019.
- [9] Telekomunikasi Indonesia Tbk, PT, *Panduan Desain FTTH*, Jakarta: Telkom, 2012.
- [10] G. D. H. a. Karyada, *Fiber Optik : Teknologi, Material, Bandung : Informatika*, 2015.