

# ANALISA PERHITUNGAN PERENCANAAN JARINGAN OPTICAL POWER BUDGET DAN RISE TIME BUDGET PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME

Oleh:

Samar<sup>1</sup> dan Saut M Situmorang<sup>2</sup>

Prodi Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi T.D.Pardede Medan

E-Mail:

[samar.istp73@gmail.com](mailto:samar.istp73@gmail.com)<sup>1</sup>, [mathedyusmail@gmail.com](mailto:mathedyusmail@gmail.com)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Fiber to the Home (FTTH) merupakan salah satu solusi teknologi jaringan berbasis serat optik yang menawarkan kapasitas transmisi data tinggi hingga ke rumah pengguna. Untuk memastikan performa jaringan FTTH yang optimal, diperlukan perencanaan yang matang melalui analisis Optical Power Budget dan Rise Time Budget. Optical Power Budget bertujuan untuk memastikan daya optik yang dipancarkan oleh transmitter mampu mencapai receiver dengan mempertimbangkan redaman dalam jaringan, seperti redaman serat optik, konektor, splice, splitter, dan margin keamanan. Sementara itu, Rise Time Budget digunakan untuk mengevaluasi kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data pada kecepatan tinggi tanpa menyebabkan distorsi sinyal akibat efek waktu naik. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan berdasarkan parameter utama jaringan, seperti daya transmitter, sensitivitas receiver, panjang serat, dan elemen redaman. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Optical Power Budget memenuhi kriteria jika total redaman lebih kecil dari daya optik yang tersedia. Selain itu, Rise Time Budget dikatakan memadai jika waktu total (rise time) lebih kecil atau sama dengan durasi bit data. Studi ini menegaskan pentingnya analisis kedua parameter tersebut dalam perencanaan jaringan FTTH untuk memastikan kinerja yang handal, efisien, dan mampu mendukung kebutuhan transmisi data dengan kualitas tinggi.

**Kata Kunci:** *Optical Power Budget, Rise-time Budget, Fiber to the Home*

## ABSTRACT

*Fiber to the Home (FTTH) is a fiber optic-based network technology solution that offers high data transmission capacity to the user's home. To ensure optimal FTTH network performance, careful planning is required through Optical Power Budget and Rise Time Budget analysis. The Optical Power Budget aims to ensure that the optical power emitted by the transmitter is able to reach the receiver by considering attenuation in the network, such as attenuation in optical fibers, connectors, splices, splitters, and safety margins. Meanwhile, the Rise Time Budget is used to evaluate the network's ability to transmit data at high speeds without causing signal distortion due to rise time effects. In this research, calculations are carried out based on the main network parameters, such as transmitter power, receiver sensitivity, fiber length and attenuation elements. The calculation results show that the Optical Power Budget meets the criteria if the total attenuation is smaller than the available optical*

power. In addition, the Rise Time Budget is said to be adequate if the total time (rise time) is less than or equal to the data bit duration. This study emphasizes the importance of analyzing these two parameters in FTTH network planning to ensure performance that is reliable, efficient, and able to support high quality data transmission needs.

**Keywords:** Optical Power Budget, Rise-time Budget, Fiber to the Home

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi telah mendorong kebutuhan akan jaringan akses yang mampu menyediakan kapasitas transmisi data tinggi, kecepatan stabil, dan jangkauan luas. Salah satu solusi yang mampu memenuhi kebutuhan tersebut adalah Fiber to the Home (FTTH), yaitu teknologi jaringan berbasis serat optik yang menghubungkan pusat layanan operator langsung ke rumah pelanggan. Keunggulan FTTH terletak pada kemampuannya dalam menyediakan layanan dengan kecepatan tinggi, latensi rendah, dan kapasitas besar, menjadikannya pilihan utama untuk memenuhi kebutuhan layanan internet, IPTV, VoIP, dan aplikasi digital lainnya.

Agar jaringan FTTH dapat berfungsi secara optimal, perencanaan yang teliti diperlukan. Dua aspek penting dalam perencanaan tersebut adalah Optical Power Budget dan Rise Time Budget. Optical Power Budget bertujuan untuk memastikan bahwa daya optik yang dipancarkan oleh transmitter mampu diterima oleh receiver dengan mempertimbangkan berbagai elemen redaman dalam jaringan, seperti redaman

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan Fiber to the Home (FTTH) memanfaatkan serat optik sebagai media transmisi untuk memberikan layanan internet berkecepatan tinggi langsung ke rumah pelanggan. Dalam perencanaan jaringan FTTH, dua parameter penting yang harus dianalisis adalah Optical Power Budget dan Rise Time Budget.

Optical Power Budget: Menganalisis apakah daya optik cukup untuk mencapai

serat optik, sambungan (splice), konektor, splitter, serta margin keamanan. Sementara itu, Rise Time Budget mengevaluasi apakah waktu naik (rise time) total komponen jaringan mampu mendukung kecepatan data tanpa menyebabkan distorsi sinyal akibat efek dispersi.

Analisis kedua parameter ini penting karena akan mempengaruhi keandalan dan kualitas layanan jaringan FTTH. Optical Power Budget yang tidak sesuai dapat menyebabkan sinyal tidak diterima dengan baik di sisi pengguna, sedangkan Rise Time Budget yang tidak terpenuhi dapat menyebabkan distorsi sinyal, sehingga kualitas data yang diterima menurun.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perhitungan perencanaan Optical Power Budget dan Rise Time Budget pada jaringan FTTH. Dengan memahami dan menghitung kedua parameter ini secara mendalam, diharapkan dapat dihasilkan jaringan FTTH yang handal, efisien, dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna akan layanan data berkualitas tinggi. penerima tanpa kehilangan sinyal yang signifikan.

Rise Time Budget: Menganalisis apakah sistem dapat mendukung kecepatan data tanpa distorsi sinyal akibat karakteristik waktu naik komponen.

Secara umum, sistem komunikasi kabel optik laut terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian darat (*Dry Part*) dan juga bagian laut (*Wet Part*). Pada bagian darat (*Dry Part*) terdiri dari *Site Shelter*

utama yang berfungsi sebagai tempat berdirinya perangkat terminal yang menghubungkan antara *Site Shelter* (stasiun) antar kabupaten, kota yang terletak didaerah provinsi kepulauan. Sedangkan bagian laut (*Wet Part*) terdiri dari kabel optik laut beserta elemen pendukung yang meliputi perangkat *Optical Repeater* (RPT), *Cable Jointing* (CJ), dan, *Cable Branching Unit* (BU) yang berfungsi untuk menghubungkan stasiun (shelter) antar pulau.

Secara keseluruhan perangkat terminal yang ada didalam shelter terdiri dari *Cable Terminal Box* (CTB), *Power Feeding Equipment* (PFE), *Submarine Line Monitoring* (SLM), *Submarine Line Terminal Equipment* (SLTE), *Network Monitoring System* (NMS), dan *Network Protection Equipment* (NPE), sedangkan perangkat yang ada diluar shelter terdiri dari *Ocean Ground Bed* (OGB) dan *Beach Manhole* (BMH).

Komponen perangkat yang ada didalam shelter berfungsi sebagai titik terminal ujung dari fisik kabel optik sedangkan yang ada diluar shelter seperti BMH dan OGB berfungsi sebagai tempat *Landing Station* (LS) dari kabel optik laut sebelum menuju perangkat yang ada didalam site (shelter). Untuk perangkat yang ada diluar shelter terdiri dari *Ocean Ground Bed* (OGB) dan *Beach Manhole* (BMH). Sedangkan perangkat yang ada didalam shelter mencakup *Cable Terminal Box* (CTB), *Power Feeding Equipment* (PFE), *Submarine Line Monitoring* (SLM), *Submarine Line Terminal Equipment* (SLTE), *Network Monitoring System* (NMS), dan *Network Protection Equipment* (NPE)

### 3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan didalam penulisan jurnal ini adalah dengan cara :

#### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah awal sebelum memulai penelitian. Studi literatur ini meliputi pemahaman konsep tentang konsep yang akan dikerjakan, mulai dari review jurnal pendukung sampai pengumpulan data yang dibutuhkan untuk menunjang pengerjaan tugas akhir ini. Dalam penelitian ini yang akan dikerjakan adalah berkaitan dengan analisis Optical Power Budget dan Rise-time Budget pada jaringan Fiber to The Home (FTTH) berbasis Passive Optical Network (PON) . Dalam hal ini yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian tersebut adalah dengan memahami konsep mengenai sistem komunikasi fiber optik .

#### 3.2 Analisa Perencanaan metode optical link power budget

Untuk langkah yang keempat adalah analisa desain jaringan FTTH dengan menggunakan metode Optical Link Power Budget. Untuk melakukan analisis dengan menggunakan Optical Link Power Budget, mengacu pada data standard redaman atau loss per komponen yang digunakan.

Parameter yang Diperlukan:

- a) Transmitter Power ( $P_{Tx}$ ) : Daya keluaran pemancar (dBm).
- b) Receiver Sensitivity ( $P_{Rx\_sensitivity}$ ) : Daya minimum yang dapat diterima oleh receiver (dBm).
- c) Loss pada Sistem:
  - 1) Fiber Loss: Redaman serat optik (dB/km).
  - 2) Connector Loss: Redaman konektor (dB/konektor).
  - 3) Splice Loss: Redaman sambungan serat optik (dB/sambungan).
  - 4) Splitter Loss: Redaman pembagi optik (dB).
- d) Power Margin: Cadangan daya untukantisipasi penurunan kinerja (3-6 dB)

Dalam menggunakan metode optical power budget dapat dengan menggunakan perhitungan persamaan 1 berikut :

$$P_{\text{budget}} = P_{\text{Tx}} - P_{\text{Rx\_sensitivity}} \dots\dots(1)$$

$$P_{\text{loss}} = (\text{Fiber Loss} \times \text{Panjang Serat}) + \text{Connect or Loss} + \text{Splice Loss} + \text{Splitter Loss} + \text{Margin} \dots\dots(2)$$

Dengan kondisi ideal:

$$P_{\text{budget}} \geq P_{\text{loss}}$$

Kunci dari berjalannya suatu jaringan fiber optik adalah besarnya daya cahaya tersedia untuk mengirimkan data. Perhitungan link power budget dilakukan untuk mengetahui batasan redaman / loss yang diizinkan antara daya keluaran pemancar (transmitter power) dan sensitivitas penerima. Selain itu, analisis dengan menggunakan metode Optical Power Budget dapat mengetahui jarak maksimum transmisi fiber optik yang mampu dicapai.

### 3.3 Analisis perencanaan menggunakan metode rise-time budget

Utuk langkah yang kelima dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah analisis rise-time budget pada jaringan FTTH . Rise-time merupakan waktu respon yang dibutuhkan oleh sistem mulai dari 10 – 90 % untuk menuju sinyal masukan . Keterbatasan dari risetime akan menyebabkan data terdistorsi sehingga data tersebut akan loss. Maka untuk menghindari distorsi tersebut, mensyaratkan bahwa suatu sistem memiliki nilai rise-time (ts) tidak lebih dari 70% dari Time Period (TP).

Parameter yang Diperlukan:

- a) Rise Time Transmitter ( $T_{\text{Tx}}$  ) : Waktu naik sinyal keluaran pemancar.
- b) Dispersion Effects ( $T_{\text{dispersion}}$  ) : Waktu dispersi akibat serat optik, meliputi:

- 1) Modal Dispersion (untuk serat multimode).
- 2) Chromatic Dispersion (untuk serat singlemode).

- c) Rise Time Receiver ( $T_{\text{Rx}}$  ) : Waktu naik sinyal pada penerima.

Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk mencari nilai rise-time dari suatu sistem :

$$T_{\text{system}} = \sqrt{T_{\text{Tx}}^2 + T_{\text{dispersion}}^2 T_{\text{Rx}}^2} \dots\dots(3)$$

$$T_{\text{bit}} = \frac{1}{\text{data rate}} \dots\dots(4)$$

Kondisi Ideal:  $T_{\text{system}} \leq T_{\text{bit}}$

Dari persamaan tersebut, masing-masing menunjukkan rise-time dari transmitter (ttx), rise-time fiber optik (tf), dan rise-time receiver (trx) sehingga parameter yang harus diperhatikan untuk mengetahui nilai rise-time dari suatu sistem adalah harus mengetahui nilai rise-time dari transmitter , nilai rise-time dari fiber optik dan nilai rise-time dari receiver. Analisis rise-time budget ini juga perlu dilakukan karena akan menentukan performansi jaringan yang telah di implementasikan dilapangan berkaitan dengan kapasitas bandwidth yang di inginkan .

### 4. HASIL dan PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, perencanaan jaringan Fiber to the Home (FTTH) dilakukan dengan menganalisis dua parameter utama, yaitu Optical Power Budget dan Rise Time Budget. Hasil perhitungan menunjukkan kemampuan jaringan untuk memenuhi kebutuhan transmisi data dengan mempertimbangkan elemen-elemen redaman dalam jaringan dan kemampuan waktu naik komponen. Berikut adalah hasil dan pembahasan berdasarkan simulasi perhitungan:

#### 4.1. Analisa Perhitungan Link Power Budget

Link budget adalah sebuah cara yang berfungsi untuk mengetahui seberapa besar redaman sebuah jaringan, semakin jauh letak pelanggan maka semakin besar redamannya. Sebuah perencanaan jaringan yang baik apabila nilai redamannya tidak lebih dari 28 dB.

Hasil Perhitungan:

Parameter Sistem:

- Daya keluaran transmitter ( $P_{Tx}$ ): -3 dBm
- Sensitivitas receiver ( $P_{Rx\_sensitivity}$ ): -28 dBm
- Panjang serat optik: 15 km
- Fiber loss: 0,3 dB/km
- Splice loss: 0,1 dB/sambungan (2 sambungan)
- Connector loss: 0,2 dB/konektor (4 konektor)
- Splitter loss: 1:16 (12 dB)
- Margin keamanan: 3 dB

Perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) diatas sebagai berikut :

$$P_{budget} = P_{Tx} - P_{Rx\_sensitivity}$$

$$P_{budget} = -3 - (-28) = 25 \text{ dB}$$

$P_{loss}$  dapat dihitung dengan persamaan (2) diatas

$P_{loss} = (\text{Fiber Loss} \times \text{Panjang Serat}) + \text{Connector Loss} + \text{Splice Loss} + \text{Splitter Loss} + \text{Margin}$

Maka diperoleh  $P_{loss}$  sebagai berikut :

$$P_{loss} = (0,3 \times 15) + (2 \times 0,1) + (4 \times 0,2) + 12 + 3$$
$$= 20,6 \text{ dB}$$

Pembahasan:

- Daya optik yang tersedia ( $P_{budget}$ ) adalah 25 dB, sedangkan total redaman sistem ( $P_{loss}$ ) adalah 20,6 dB.
- Karena  $P_{budget} > P_{loss}$ , maka daya optik yang dipancarkan cukup untuk mencapai receiver, sehingga sistem dapat berfungsi dengan baik.
- Hasil ini menunjukkan bahwa jaringan memiliki cadangan daya (margin) sebesar  $25 - 20,6 = 4,4$  dB, yang cukup untuk mengantisipasi degradasi performa akibat penurunan kualitas komponen atau perubahan lingkungan.

#### 4.2 Analisis Perhitungan Rise-time Budget

Telah dilakukan analisis melalui perhitungan Rise-time Budget terhadap jalur transmisi dari masing-masing pelanggan. Dalam melakukan perhitungan tersebut, maka dibutuhkan data-data yang berkaitan dengan persamaan Rise-time Budget sesuai dengan persamaan (3), yang dimana pada persamaan tersebut terdiri tiga parameter yaitu nilai rise-time dari transmitter, nilai rise-time dari fiber optik, dan juga nilai rise-time dari receiver. Data yang berkaitan dengan ketiga parameter tersebut, didapatkan melalui spesifikasi perangkat yang digunakan pada sistem.

Berikut merupakan data spesifikasi perangkat yang digunakan pada sistem :

Parameter Sistem:

- Waktu naik transmitter ( $T_{Tx}$ ): 30 ps
- Waktu dispersi ( $T_{dispersion}$ ): 80 ps
- Waktu naik receiver ( $T_{Rx}$ ): 40 ps
- Data rate: 2,5 Gbps
- Waktu bit ( $T_{bit}$ ):  
 $T_{bit} = 1 / \text{Data Rate}$   
 $= 1 / 2,5 \times 10^9 = 400 \text{ ps}$

Dari data spesifikasi perangkat yang digunakan pada system dengan menggunakan fiber optik singlemode, maka untuk rise-time pada fiber optik hanya dipengaruhi oleh dispersi kromatis yang terjadi pada fiber optik tersebut. Untuk mendapatkan nilai rise-time dari fiber optik dapat dengan menggunakan persamaan (4), sehingga dapat dilakukan perhitungan rise-time budget pada sistem secara keseluruhan untuk setiap jalur transmisi dengan menggunakan persamaan (4). Dari hasil perhitungan, telah didapatkan nilai risetime sistem untuk jalur transmisi seperti yang tercantum berikut ini :

$$T_{bit} = \frac{1}{\text{data rate}}$$

$$T_{bit} = \frac{1}{2,5 \times 10^9}$$

$$= 400 \text{ ps}$$

Sehingga :

$$T_{system} = \sqrt{T_{Tx}^2 + T_{dispersion}^2 T_{Rx}^2}$$

$$T_{system} = \sqrt{30^2 + 80^2 40^2}$$

$$= 92,2 \text{ ps}$$

Pembahasan:

- 1) Total waktu naik komponen ( $T_{total}$ ) adalah 92,2 ps, yang jauh lebih kecil dibandingkan waktu bit ( $T_{bit}=400 \text{ ps}$ )
- 2) Karena  $T_{total} < T_{bit}$ , sistem dapat mendukung transmisi data tanpa distorsi sinyal yang signifikan.
- 3) Hal ini menunjukkan bahwa desain jaringan memenuhi syarat untuk mendukung data rate sebesar 2,5 Gbps dengan kualitas sinyal yang terjaga.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan Optical Power Budget dan Rise Time Budget, jaringan FTTH yang direncanakan mampu mendukung transmisi data dengan performa yang optimal. Perencanaan ini memastikan bahwa daya optik mencukupi untuk menjangkau pelanggan, dan waktu naik sistem mendukung kecepatan transmisi data hingga 2,5 Gbps tanpa distorsi dari hasil analisa data diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kesesuaian Optical Power Budget: Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya optik yang dipancarkan transmitter mencukupi untuk mencapai receiver meskipun terdapat berbagai redaman pada elemen jaringan. Dengan margin 4,4 dB, sistem memiliki toleransi yang cukup untuk mengatasi penurunan kualitas pada komponen jaringan.
2. Kesesuaian Rise Time Budget: Waktu naik total dari sistem jauh lebih kecil daripada durasi bit, memastikan bahwa sistem mampu mentransmisikan data tanpa distorsi yang signifikan. Hal ini menjamin bahwa jaringan FTTH dapat mendukung aplikasi data yang membutuhkan kecepatan tinggi dan latensi rendah.
3. Efisiensi Sistem: Dengan margin daya yang memadai dan kemampuan waktu naik yang sesuai, perencanaan jaringan FTTH yang dilakukan terbukti efisien dan memenuhi kebutuhan performa jaringan modern.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.]Tio Hanif Yanuary . Analisis Link Budget Penyambungan Serat Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer AQ7275, Jurnal Teknik

- Elektro Vol. 10 No. 1 Januari - Juni 2018
- [2.] Fitri Ayu Nurdiana, Sugito, Sofia Naning, “Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar – Maumere Menggunakan DWDM”, *JNTETI*, Vol 4, No 33, 2015.
- [3.] Rifa Atul Izza, Firdaus, Eka Indarto, Ida Nurcahyani, “Perancangan Jaringan Backbone dan Distribusi 4G LTE di Sleman Berbasis Jaringan Serat Optik”, *Prosiding SNATIF ke-4 Tahun 2017*.
- [4.] Yudiansyah, Arie Pangesti AJi, Prita Dewi Mariyam, Novietasari Chrisnariandini, “Design of Land Optical Fiber Backbone Communication Network in North Sumatera”, *Conference Paper 2018, International Conference on Information and Communication Technology ICOIACT*
- [5.] Ibukota Indonesia direncanakan pindah ke provinsi Kalimantan Timur oleh pemerintah [https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190826115726-32\\_424625/jokowi-ibu-kota-baru-di-kalimantan-timur](https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190826115726-32_424625/jokowi-ibu-kota-baru-di-kalimantan-timur) diakses 26 Agustus 2019.
- [6.] [www.opticalpatchcable.com](http://www.opticalpatchcable.com), FOCC “Tinjauan Umum Teknologi DWDM dan Komponen Sistem DWDM”, June 5, 2019
- [7.] [www.packetlightnetwork.com](http://www.packetlightnetwork.com) ROADM “The Core of Agile Optical Networks”, diakses pada May, 28, 2015
- [8.] Ciena Corporation, “Optical Transport Network (OTN)” New Edition Expanded for Utilities. Issued by Ciena Corp @2015.
- [9.] <https://www.submarinenetworks.com/en/insights/next-generation-submarine-network-innovative-repeater-technology>
- [10.] <https://www.thefoa.org/tech/connID.htmhttps://www.thefoa.org/conn/index.html>, type of fiber optic cable connector, diakses pada tanggal 19 November 2021
- [11.] <https://www.thefoa.org/tech/ref/termination/fusion.html>, diakses pada tanggal 19 November 2020
- [12.] <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/dense-wavelength-division-multiplexing-DWDM>, diakses pada tanggal 22 Oktober 2020
- [13.] <https://www.packetlight.com/technology/roadm>, diakses pada tanggal 17 Oktober 2019
- [14.] <https://www.ciena.com/insights/what-is/what-is-roadm.html>, diakses pada tanggal 17 Oktober 2019
-