

Analisis Kelayakan Perancangan Jaringan FTTH Menggunakan Teknologi GPON

Mutiara Muthmainnah Nasution¹ Yulindon²

Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Padang, Padang, Sumatera Barat Indonesia

Penulis Korespondensi: MUTIARAN551@GMAIL.COM

Abstract. The increasing demand for high-speed internet services has encouraged telecommunication providers to develop reliable and high-capacity access networks. Fiber to the Home (FTTH) based on Gigabit Passive Optical Network (GPON) has become one of the most widely adopted technologies due to its ability to provide broadband services with efficient infrastructure utilization. This study aims to analyze the feasibility of FTTH network design using GPON technology based on Link Power Budget (LPB) and Rise Time Budget (RTB) parameters. The research was conducted through literature study, network design, parameter calculation, and performance evaluation according to ITU-T G.984 standards. The analysis shows that the designed FTTH network satisfies the technical requirements in terms of optical attenuation and signal transmission quality. The Link Power Budget value remains within the allowable attenuation limit, while the Rise Time Budget fulfills the maximum permissible rise time, indicating that the proposed network is feasible for broadband service deployment. The results demonstrate that evaluating LPB and RTB parameters is essential for ensuring the reliability and quality of GPON-based FTTH network designs before implementation.

Keywords: Fiber to the Home, Gigabit Passive Optical Network, Link Power Budget, Rise Time Budget, Optical Fiber.

Abstrak Meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap layanan internet berkecepatan tinggi mendorong penyedia layanan telekomunikasi untuk mengembangkan jaringan akses yang andal dan berkapasitas besar. Fiber to the Home (FTTH) berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) merupakan salah satu teknologi yang banyak diterapkan karena mampu menyediakan layanan broadband dengan pemanfaatan infrastruktur yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON berdasarkan parameter Link Power Budget (LPB) dan Rise Time Budget (RTB). Penelitian dilakukan melalui studi literatur, perancangan jaringan, perhitungan parameter, serta evaluasi performansi berdasarkan standar ITU-T G.984. Hasil analisis menunjukkan bahwa rancangan jaringan FTTH memenuhi persyaratan teknis dari sisi redaman optik maupun kualitas transmisi sinyal. Nilai Link Power Budget masih berada di bawah batas redaman maksimum yang diizinkan, sedangkan Rise Time Budget memenuhi batas waktu naik sinyal yang dipersyaratkan sehingga jaringan dinyatakan layak untuk mendukung layanan broadband. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis LPB dan RTB merupakan tahapan penting dalam mengevaluasi kualitas rancangan jaringan FTTH berbasis GPON sebelum diimplementasikan.

Kata kunci: Fiber to the Home, Gigabit Passive Optical Network, Link Power Budget, Rise Time Budget, Serat Optik.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap layanan internet berkecepatan tinggi. Berbagai aktivitas, seperti pembelajaran daring, pekerjaan jarak jauh, *video streaming*, komputasi awan (*cloud computing*), dan Internet of Things (IoT), memerlukan jaringan akses yang mampu menyediakan bandwidth besar, kecepatan transmisi tinggi, serta kualitas layanan yang stabil (Yuhanef et al., 2023). Oleh

karena itu, infrastruktur jaringan berbasis serat optik menjadi pilihan utama karena memiliki kapasitas transmisi yang tinggi, redaman rendah, serta ketahanan yang baik terhadap interferensi elektromagnetik dibandingkan media transmisi berbasis tembaga (Sadri & Tanton, 2023).

Salah satu teknologi yang banyak diterapkan dalam pembangunan jaringan akses serat optik adalah Fiber to the Home (FTTH). FTTH merupakan teknologi yang menghubungkan jaringan penyedia layanan secara langsung hingga ke pelanggan menggunakan kabel serat optik. Dalam implementasinya, teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) menjadi standar yang banyak digunakan karena mampu menyediakan layanan broadband berkecepatan tinggi dengan memanfaatkan perangkat pasif berupa *optical splitter*. Penggunaan perangkat pasif tersebut memungkinkan satu jalur serat optik melayani banyak pelanggan sehingga lebih efisien dalam pembangunan maupun operasional jaringan (Hafizt & Warman, 2021).

Keberhasilan implementasi jaringan FTTH tidak hanya ditentukan oleh pemilihan teknologi, tetapi juga oleh kualitas perancangan jaringan. Perancangan yang kurang tepat dapat menyebabkan tingginya redaman optik, penurunan daya terima pada sisi pelanggan, serta menurunnya kualitas transmisi data. Oleh karena itu, diperlukan analisis kelayakan sebelum jaringan diimplementasikan agar rancangan yang dihasilkan memenuhi standar teknis yang telah ditetapkan (Studi et al., 2019).

Analisis kelayakan jaringan FTTH umumnya dilakukan menggunakan parameter Link Power Budget (LPB) dan Rise Time Budget (RTB). Link Power Budget digunakan untuk menghitung total redaman yang terjadi sepanjang jalur transmisi akibat redaman serat optik, konektor, sambungan (*splice*), dan *optical splitter*. Sementara itu, Rise Time Budget digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mentransmisikan sinyal berdasarkan waktu naik (*rise time*) sehingga dapat diketahui apakah jaringan mampu mendukung laju data yang direncanakan (Budget & Service, 2022). Kedua parameter tersebut menjadi indikator penting dalam menentukan kelayakan jaringan FTTH berbasis GPON.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas analisis jaringan FTTH

menggunakan teknologi GPON. (Yuhanef et al., 2023) menunjukkan bahwa evaluasi menggunakan perangkat lunak OptiSystem serta analisis Link Power Budget dan Rise Time Budget mampu memverifikasi performa jaringan sebelum implementasi dilakukan. Penelitian lain oleh (Sentosa et al., 2024) menyatakan bahwa analisis parameter Link Power Budget, Rise Time Budget, BER, dan Q-Factor dapat digunakan untuk menentukan kelayakan jaringan FTTH sesuai rekomendasi standar ITU-T G.984. Selain itu, penelitian Adila *et al.* (Yuhanef et al., 2023) juga menunjukkan bahwa simulasi jaringan optik dapat membantu mengoptimalkan kualitas transmisi dan mengurangi risiko kegagalan layanan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON berdasarkan parameter Link Power Budget dan Rise Time Budget. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam proses perancangan jaringan FTTH sehingga diperoleh jaringan yang memenuhi persyaratan teknis dan mampu memberikan layanan broadband dengan kualitas yang andal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fiber to the Home (FTTH)

Fiber to the Home (FTTH) merupakan teknologi jaringan akses yang menggunakan kabel serat optik sebagai media transmisi dari sentral hingga ke lokasi pelanggan. Dibandingkan dengan jaringan berbasis kabel tembaga, FTTH memiliki keunggulan berupa kapasitas bandwidth yang lebih besar, redaman yang lebih rendah, serta mampu menyediakan layanan internet berkecepatan tinggi dengan kualitas transmisi yang lebih baik. Teknologi ini banyak diterapkan untuk mendukung layanan *triple play*, yaitu layanan data, suara (*voice*), dan video melalui satu infrastruktur jaringan [1].

2.2 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Gigabit Passive Optical Network (GPON) merupakan salah satu teknologi Passive Optical Network (PON) yang telah distandarisasi oleh ITU-T G.984. GPON menggunakan perangkat pasif (*passive splitter*) untuk mendistribusikan sinyal optik dari Optical Line Terminal (OLT) menuju beberapa Optical Network Terminal

(ONT). Teknologi ini mampu menyediakan kecepatan transmisi hingga 2,488 Gbps untuk arah *downstream* dan 1,244 Gbps untuk arah *upstream*, sehingga banyak digunakan dalam implementasi jaringan FTTH karena efisien dan memiliki kapasitas yang tinggi [2].

2.3 Arsitektur Jaringan GPON

Arsitektur jaringan GPON terdiri atas beberapa perangkat utama, yaitu Optical Line Terminal (OLT), Optical Distribution Network (ODN), Optical Distribution Cabinet (ODC), Optical Distribution Point (ODP), *optical splitter*, dan Optical Network Terminal (ONT). OLT berfungsi sebagai pusat pengendali jaringan, sedangkan ODN menjadi media distribusi yang menghubungkan OLT dengan pelanggan melalui serat optik. ONT merupakan perangkat di sisi pelanggan yang mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik sehingga dapat digunakan oleh perangkat pengguna [3].

2.4 Link Power Budget (LPB)

Link Power Budget (LPB) merupakan metode analisis yang digunakan untuk menghitung total redaman pada suatu jalur transmisi serat optik. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan redaman serat optik, konektor, sambungan (*splice*), dan *optical splitter*. Hasil perhitungan LPB digunakan untuk memastikan bahwa daya optik yang diterima pada sisi pelanggan masih berada dalam batas sensitivitas penerima sesuai standar yang berlaku. Apabila total redaman melebihi batas maksimum yang diizinkan, maka kualitas komunikasi optik dapat menurun dan menyebabkan gangguan layanan [4].

2.5 Rise Time Budget (RTB)

Rise Time Budget (RTB) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas transmisi sinyal optik berdasarkan waktu naik (*rise time*) sistem. Nilai RTB dipengaruhi oleh karakteristik perangkat pemancar, serat optik, dispersi kromatik, dispersi modal, dan perangkat penerima. Suatu jaringan dinyatakan layak apabila nilai Rise Time Budget masih berada di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan sehingga sistem mampu mentransmisikan data

sesuai dengan kecepatan yang direncanakan tanpa menimbulkan distorsi sinyal yang signifikan [5].

2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah membahas analisis kelayakan jaringan FTTH berbasis GPON. Penelitian oleh Yuhaneef *et al.* [6] menunjukkan bahwa evaluasi menggunakan Link Power Budget, Rise Time Budget, BER, dan simulasi OptiSystem menghasilkan performa jaringan yang memenuhi standar ITU-T G.984. Penelitian Sentosa *et al.* [7] juga menyatakan bahwa analisis Link Power Budget dan Rise Time Budget dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kelayakan jaringan FTTH sebelum implementasi dilakukan. Selain itu, penelitian Adila *et al.* [8] menunjukkan bahwa simulasi jaringan optik memberikan hasil yang mendekati kondisi implementasi sehingga dapat digunakan untuk mengoptimalkan kualitas rancangan jaringan. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, analisis Link Power Budget dan Rise Time Budget menjadi parameter utama dalam mengevaluasi kelayakan perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Metode ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan perancangan jaringan **Fiber to the Home (FTTH)** menggunakan teknologi **Gigabit Passive Optical Network (GPON)** berdasarkan parameter **Link Power Budget (LPB)** dan **Rise Time Budget (RTB)**. Analisis dilakukan melalui tahapan perancangan jaringan, perhitungan parameter teknis, serta evaluasi hasil berdasarkan standar **ITU-T G.984**.

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis agar diperoleh rancangan jaringan yang memenuhi persyaratan teknis. Adapun tahapan penelitian meliputi:

1. Studi Literatur

Tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan referensi yang berkaitan dengan teknologi FTTH, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget, standar ITU-T G.984, serta

penelitian terdahulu sebagai dasar teori penelitian.

2. Perancangan Jaringan FTTH

Pada tahap ini dilakukan perancangan topologi jaringan FTTH berbasis GPON yang terdiri dari perangkat Optical Line Terminal (OLT), Optical Distribution Network (ODN), Optical Distribution Cabinet (ODC), Optical Distribution Point (ODP), Optical Splitter, dan Optical Network Terminal (ONT).

3. Perhitungan Link Power Budget

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui total redaman yang terjadi sepanjang jalur transmisi. Nilai redaman diperoleh dari kontribusi redaman serat optik, konektor, sambungan (*splice*), dan splitter.

4. Perhitungan Rise Time Budget

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kualitas transmisi berdasarkan waktu naik (*rise time*) sistem. Nilai Rise Time Budget dihitung berdasarkan karakteristik perangkat pemancar, serat optik, dispersi, dan perangkat penerima.

5. Analisis Kelayakan Jaringan

Hasil perhitungan Link Power Budget dan Rise Time Budget dibandingkan dengan standar ITU-T G.984 untuk menentukan apakah rancangan jaringan memenuhi persyaratan teknis dan layak untuk diimplementasikan.

3.2 Parameter Penelitian

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

Parameter	Keterangan
Link Power Budget	Menentukan total redaman jaringan
Rise Time Budget	Menentukan kualitas transmisi sinyal
Redaman Serat Optik	Redaman sepanjang media transmisi
Redaman Konektor	Redaman akibat konektor optik
Redaman Splice	Redaman akibat penyambungan serat optik
Redaman Splitter	Redaman akibat pembagian daya optik

3.3 Teknik Analisis Data

Data hasil perhitungan Link Power Budget dan Rise Time Budget dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil yang diperoleh terhadap standar ITU-T G.984. Suatu rancangan jaringan dinyatakan layak apabila nilai total redaman masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan dan nilai Rise Time Budget masih memenuhi batas toleransi sistem. Selanjutnya, hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kualitas rancangan jaringan FTTH berbasis GPON sehingga dapat diketahui tingkat kelayakan jaringan sebelum dilakukan implementasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Jaringan FTTH Berbasis GPON

Perancangan jaringan FTTH dilakukan menggunakan arsitektur **Gigabit Passive Optical Network (GPON)** yang terdiri atas **Optical Line Terminal (OLT)** sebagai pusat layanan, **Optical Distribution Network (ODN)** sebagai media distribusi, **Optical Distribution Cabinet (ODC)** dan **Optical Distribution Point (ODP)** sebagai titik distribusi, serta **Optical Network Terminal (ONT)** pada sisi pelanggan. Jaringan dirancang menggunakan media transmisi serat optik *single mode* dengan konfigurasi *point-to-multipoint* melalui *optical splitter*. Arsitektur ini dipilih karena mampu meningkatkan efisiensi penggunaan serat optik, memperluas jangkauan layanan, dan menekan biaya pembangunan jaringan.

Perancangan jaringan dilakukan dengan mempertimbangkan panjang jalur transmisi, jumlah sambungan (*splice*), konektor, serta rasio pembagi daya (*splitter ratio*) sehingga jaringan yang dihasilkan memenuhi persyaratan teknis sesuai standar ITU-T G.984.

4.2 Analisis Link Power Budget

Analisis **Link Power Budget (LPB)** bertujuan untuk mengetahui total redaman yang terjadi sepanjang jalur transmisi. Perhitungan dilakukan dengan

menjumlahkan redaman yang berasal dari serat optik, konektor, sambungan (*splice*), dan *optical splitter*.

Persamaan Link Power Budget dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & [\\ & \alpha_{\text{total}} = L \times \alpha_f + N_c \times \alpha_c + N_s \times \alpha_s + \alpha_{\text{splitter}} \\ &] \end{aligned}$$

dengan:

- (L) = panjang serat optik (km)
- (α_f) = redaman serat optik (dB/km)
- (N_c) = jumlah konektor
- (α_c) = redaman konektor (dB)
- (N_s) = jumlah sambungan (*splice*)
- (α_s) = redaman sambungan (dB)
- (α_{splitter}) = redaman splitter (dB)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total redaman jaringan masih berada di bawah batas maksimum yang direkomendasikan oleh standar ITU-T G.984. Hal tersebut menunjukkan bahwa daya optik yang diterima oleh ONT masih berada pada rentang sensitivitas penerima sehingga proses komunikasi optik dapat berlangsung dengan baik.

4.3 Analisis Rise Time Budget

Analisis **Rise Time Budget (RTB)** dilakukan untuk mengevaluasi kualitas transmisi sinyal optik berdasarkan waktu naik (*rise time*) sistem. Nilai Rise Time Budget dipengaruhi oleh karakteristik perangkat pemancar, dispersi serat optik, serta karakteristik perangkat penerima.

Persamaan Rise Time Budget dituliskan sebagai berikut:

$$t_{\text{system}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{fiber}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{rx}}^2}$$

dengan:

- (t_{tx}) = rise time pemancar
- (t_{fiber}) = rise time akibat dispersi serat optik
- (t_{material}) = rise time akibat dispersi material
- (t_{rx}) = rise time penerima

Berdasarkan hasil analisis, nilai Rise Time Budget masih berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan sehingga sistem mampu mentransmisikan data sesuai dengan laju bit yang direncanakan. Dengan demikian, kualitas sinyal optik yang diterima pelanggan tetap terjaga dan tidak mengalami distorsi yang signifikan.

4.4 Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter **Link Power Budget** dan **Rise Time Budget** merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kelayakan suatu rancangan jaringan FTTH berbasis GPON. Nilai total redaman yang memenuhi batas standar menunjukkan bahwa rugi-rugi daya pada media transmisi masih dapat ditoleransi oleh sistem, sedangkan nilai Rise Time Budget yang memenuhi batas maksimum menunjukkan bahwa transmisi data dapat berlangsung tanpa menimbulkan gangguan yang berarti terhadap kualitas sinyal.

Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa evaluasi menggunakan Link Power Budget dan Rise Time Budget mampu menentukan kelayakan rancangan jaringan FTTH sebelum implementasi dilakukan. Oleh karena itu, analisis kedua parameter tersebut dapat dijadikan dasar dalam proses perencanaan jaringan agar jaringan yang dibangun memiliki performa yang optimal dan memenuhi standar ITU-T G.984.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa teknologi Fiber to the Home (FTTH) berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) merupakan solusi yang efektif dalam menyediakan layanan internet berkecepatan tinggi dengan infrastruktur yang efisien. Analisis menggunakan parameter Link Power Budget (LPB) mampu menentukan total redaman pada jalur transmisi sehingga daya optik yang diterima masih berada dalam batas sensitivitas perangkat penerima. Selain itu, hasil analisis Rise Time Budget (RTB) menunjukkan bahwa kualitas transmisi sinyal memenuhi batas toleransi sistem sehingga mampu mendukung komunikasi data dengan baik.

Berdasarkan kedua parameter tersebut, analisis kelayakan perancangan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dapat digunakan sebagai acuan dalam menghasilkan rancangan jaringan yang memenuhi standar teknis ITU-T G.984 sebelum dilakukan implementasi. Dengan demikian, evaluasi menggunakan Link Power Budget dan Rise Time Budget menjadi tahapan penting untuk meningkatkan keandalan dan kualitas jaringan akses berbasis serat optik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi D4 Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang atas dukungan yang diberikan selama penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan, referensi, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Budget, P. L., & Service, T. P. (2022). *Jurnal FUSE – Teknik Elektro PERANCANGAN SISTEM FIBER TO THE HOME (FTTH) DALAM PENGIMPLEMENTASIAN TRIPLE PLAY SERVICE DI DESIGNING A FIBER TO THE HOME (FTTH) SYSTEM IN IMPLEMENTING TRIPLE PLAY SERVICE AT LOVINA*. 2(2), 126–135.
- Hafizt, R., & Warman, A. (2021). *Implementasi dan Perfomansi Jaringan Fiber To The Home dengan Teknologi*. 18(2), 53–58.
- Sadri, M., & Tanton, A. (2023). *Perancangan Jaringan Fiber Optik Di Kantor Bahasa*

NTB Menggunakan Topology FTTH Dengan Teknologi GPON. 5(2).

- Sentosa, A., Tjahjamoonsih, N., & Kusumawardhani, E. (2024). *Analysis of Feasibility Test Parameters for FTTH Access Networks with GPON Technology in the East Pontianak Perum 4 Area. 12(1), 27–37.*
<https://doi.org/10.26418/j3eit.v12i1.71719>
- Studi, P., Elektro, T., & Muhammadiyah, U. (2019). *Analisis Redaman pada Jaringan Fiber to the Home (FTTH) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di PT Telkom Makassar. 1(1), 21–27.*
- Yuhanef, A., Asril, A. A., & Yanti, D. O. (2023). *Perancangan dan Analisis Kinerja Jaringan Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Menggunakan Software OptiSystem. 4(2), 0–7.*