



Analisis Kinerja Power Link Budget dan Rise Time Budget untuk Mendukung Konektivitas Fiber Optik di Universitas Telkom

Muhammad Iqbal^{1*}, Agus Ganda Permana², Hafidudin³, Sony Sumaryo⁴

^{1,2,3}*Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom*

Jl. Telekomunikasi No.1, Bandung 40257, Indonesia

⁴*Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom*

Jl. Telekomunikasi No.1, Bandung 40257, Indonesia

*Email: miqbal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak :

Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom memiliki Laboratorium Sistem Komunikasi Optik yang dirancang sebagai fasilitas pendukung untuk mata kuliah Sistem Komunikasi Optik. Salah satu kendala utama adalah laboratorium ini belum memiliki miniatur jaringan Fiber to the X (FTTX) seperti pada topologi jaringan internet berbasis kabel optik yang dimiliki oleh penyedia jasa internet, sehingga menyebabkan kesenjangan digital dan terbatasnya pengalaman praktis mahasiswa. Untuk mengatasi permasalahan ini, dilakukan pengembangan pergelaran kabel optik pada jaringan FTTX khusus diterapkan pada laboratorium Sistem Komunikasi Optik, sehingga peserta memahami konsep Optical Distribution Cabinet (ODC) hingga Optical Distribution Point (ODP). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa gelaran kabel fiber optik telah berhasil menghubungkan Optical Line Termination (OLT) di Fakultas Ilmu Terapan ke Optical Distribution Point (ODP) berjarak 800 meter (Hotel Lingian), serta menghubungkan pada beberapa laboratorium di lingkungan Fakultas Ilmu Terapan yang terhubung pada Optical Distribution Center (ODC). Hasil pengukuran Power Link Budget untuk Downlink dan Uplink serta Bit Error Rate memiliki nilai masing-masing -23,920 dBm, -24,631 dBm. Sementara nilai Rise Time Budget pada kondisi uplink, downlink dengan nilai 0,334 ns dan 0,426 ns serta hasil dari Bit Error Rate (BER) adalah 16.37×10^{-13} dan 15.25×10^{-12} .

Kata Kunci:

*Power Link Budget;
Rise Time Budget;
Fiber Optik;
FTTX*

Riwayat Artikel:

Diserahkan 01 Juli 2025

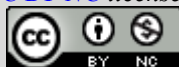
Direvisi 22 Agustus 2025

Diterima 13 November 2025

DOI:

10.22441/incomtech.v15i3.34266

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam teknologi telekomunikasi saat ini menuntut adanya tenaga ahli yang kompeten. Untuk itu, salah satu langkah efektif guna meningkatkan kompetensi, khususnya bagi mahasiswa terutama mahasiswa program vokasi pada perguruan tinggi dan sekolah menengah kejuruan adalah dengan banyak melaksanakan praktik mengenai sistem telekomunikasi [1]. Di program studi D3 Teknologi Telekomunikasi (D3TT) Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom sudah tersedia laboratorium Sistem Komunikasi Optik yang digunakan sebagai pembelajaran tentang fiber optik, namun belum memiliki sistem jaringan *Fiber-to-the-X* (FTTX) secara tampak sehingga diperkirakan dan diyakini terjadi kesenjangan digital dalam penetrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) kepada civitas akademika.

Komunikasi merupakan aspek fundamental dalam kehidupan manusia saat ini, terutama dengan berkembangnya teknologi yang memfasilitasi sistem komunikasi berbasis suara, data, dan video. Kemajuan teknologi ini telah memungkinkan manusia untuk berinteraksi dan berbagi informasi dengan cara yang lebih cepat dan efisien. Berbagai sistem komunikasi digunakan dalam berbagai sektor, mulai dari telekomunikasi hingga aplikasi berbasis internet yang mendukung komunikasi jarak jauh. Salah satu faktor penting dalam sistem komunikasi adalah kualitas sinyal yang diterima oleh penerima (*receiver*). Standar kualitas komunikasi sering kali diukur berdasarkan seberapa baik daya atau power yang diterima oleh receiver dibandingkan dengan power yang dikirimkan oleh pemancar (*transmitter*). Kualitas sinyal yang diterima sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti jarak, interferensi, dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi transmisi sinyal. Pada tahap proses transmisi komunikasi, jumlah energi atau daya yang dikirimkan dari pemancar tidak selalu sebanding dengan daya yang diterima oleh penerima. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pelemahan sinyal, distorsi, atau kehilangan daya selama transmisi. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa sistem komunikasi dapat mengatasi tantangan ini, agar kualitas komunikasi tetap optimal, dan informasi yang disampaikan dapat diterima dengan jelas tanpa gangguan [2].

Beberapa penelitian yang mendukung dari latar belakang permasalahan adalah pengaruh dari perubahan suhu terhadap variasi *index bias* yang mempengaruhi pemanjangan serat, sehingga dapat menyebabkan perubahan konstanta propagasi dan panjang serat, dimana indeks bias merupakan ukuran kecepatan cahaya merambat melalui suatu media. Ketika suhu berubah, struktur atom dan molekul dalam serat juga berubah. Perubahan ini mengakibatkan perubahan dalam indeks bias. Perubahan suhu dapat menyebabkan serat memuai atau menyusut. Pemanjangan atau penyusutan ini akan mengubah panjang fisik serat. Konstanta propagasi adalah besaran yang menggambarkan bagaimana gelombang elektromagnetik (seperti cahaya) merambat melalui medium. Perubahan indeks bias dan panjang serat akan mengubah konstanta propagasi ini. [3]. FMEA (*Failure Mode dan Effect Analysis*) adalah sebuah metode proaktif yang digunakan dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi potensi kegagalan suatu sistem atau produk pada sistem komunikasi optik. Tujuan utama FMEA adalah untuk mencegah kegagalan sistem sebelum menimbulkan dampak yang serius. Dengan

menggunakan metode ini dimana teknik ini menggunakan analisis jenis kecacatan dan potensi kerusakan dalam sistem atau proses. Selanjutnya dibahas juga terkait dengan *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metode yang digunakan untuk menganalisis sistem kompleks dengan cara mengidentifikasi semua kemungkinan kombinasi kegagalan komponen yang dapat menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan. Teknik ini digunakan terhadap perbaikan dari kendala yang terjadi dengan proses pendekatan top level, menengah dan level dasar [4]. Sebelum melakukan pengukuran, tahap perancangan merupakan bagian terpenting dari skenario penyelenggaraan kabel serat optik. Memaksimalkan efisiensi perangkat, perancangan yang baik akan membantu memilih jenis, kapasitas, dan jumlah perangkat (seperti switch, router, OLT, ONU) yang sesuai dengan kebutuhan jaringan. Dengan perancangan yang cermat, konfigurasi perangkat dapat diatur sedemikian rupa sehingga memaksimalkan kinerja dan meminimalkan latensi. Pengalokasian sumber daya dialokasikan secara efisien untuk melayani berbagai jenis layanan dengan prioritas yang berbeda-beda. Serta pengoptimalan redaman, perancangan jalur serat optik yang tepat akan meminimalkan kehilangan sinyal akibat redaman, bending loss, dan faktor lingkungan lainnya. [5], serta parameter pengukuran menggunakan power link budget, Power Link Budget adalah suatu metode perhitungan yang digunakan untuk menentukan kinerja suatu sistem komunikasi optik, khususnya dalam hal daya optik yang tersedia pada penerima. Dengan kata lain, power link budget digunakan untuk menghitung margin daya yang tersedia pada penerima setelah melewati berbagai komponen dalam sistem, seperti serat optik, konektor, dan perangkat aktif. Power link budget merupakan alat yang sangat penting dalam perancangan dan pemeliharaan sistem komunikasi optik. Dengan memahami parameter-parameter yang terlibat dan cara menghitungnya, kita dapat memastikan kinerja sistem yang optimal dan mengatasi masalah yang mungkin timbul. [6] dan Analisis rise time budget dilakukan dengan menghitung total dispersi dalam sistem dan membandingkannya dengan rise time budget yang diizinkan. Jika total dispersi lebih kecil dari rise time budget, maka sistem dapat beroperasi dengan baik. [7].

Pemilihan jaringan FTTX (*Fiber to the X*) dibandingkan dengan implementasi jaringan internet lainnya biasanya didorong oleh beberapa faktor yang terkait dengan kecepatan, kapasitas, dan keberlanjutan infrastruktur. FTTX adalah solusi berbasis fiber optik yang menyediakan konektivitas lebih cepat dan lebih stabil daripada banyak teknologi jaringan lainnya. Alasan mengapa FTTX sering dipilih adalah kecepatan dan kinerja, kapasitas lebih besar, keberlanjutan dan masa depan, latensi rendah, stabilitas dan keandalan, skalabilitas. namun, ada beberapa kelemahan atau tantangan terkait penerapan jaringan fttx, seperti biaya implementasi yang tinggi, keterbatasan area cakupan, persaingan dengan teknologi lain.

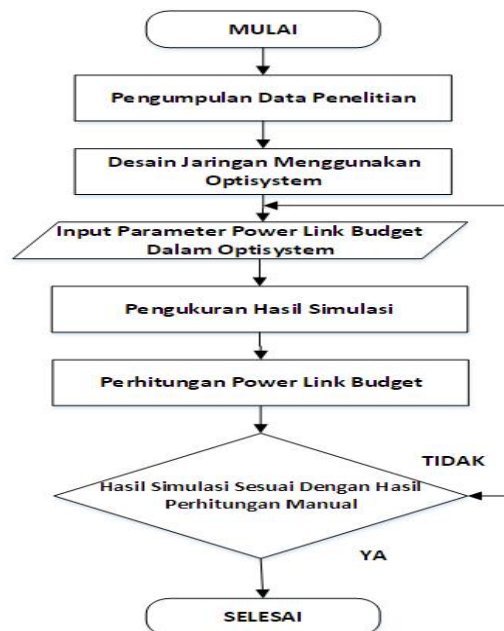
2. METODE

2.1 Pemodelan Sistem Fiber Optik

Proses perancangan jaringan FTTH sangat penting karena berfungsi untuk menyederhanakan analisis dan mencegah berbagai risiko. Dari segi teknis, perancangan yang tepat membantu menentukan spesifikasi, jumlah, dan

penempatan peralatan dengan akurat, sehingga menghindari kesalahan pembelian (kelebihan atau kekurangan) serta penempatan yang keliru. Di sisi nonteknis, perancangan mempermudah proses perizinan dari pemerintah dan masyarakat setempat, sekaligus menjadi sarana sosialisasi pembangunan jaringan. Selain itu, tahap ini krusial dalam menentukan kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM). Dengan perancangan yang matang, implementasi jaringan FTTH juga menjadi lebih efisien dari segi waktu dan biaya.

Penelitian ini berlokasi di Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom. Metode penelitian melibatkan pengambilan data lapangan saat pemasangan pelanggan baru. Pengukuran dilakukan pada ODP (*Optical Distribution Point*) untuk mengetahui daya kirim dan redaman, serta pada ONT (*Optical Network Terminal*) untuk mengukur daya terima dan redaman input. Dari hasil pengukuran ini, dapat diketahui selisih redaman antara ODP dan ONT. Alat yang digunakan untuk pengukuran adalah OPM (*Optical Power Meter*).



Gambar 1. Diagram Alir

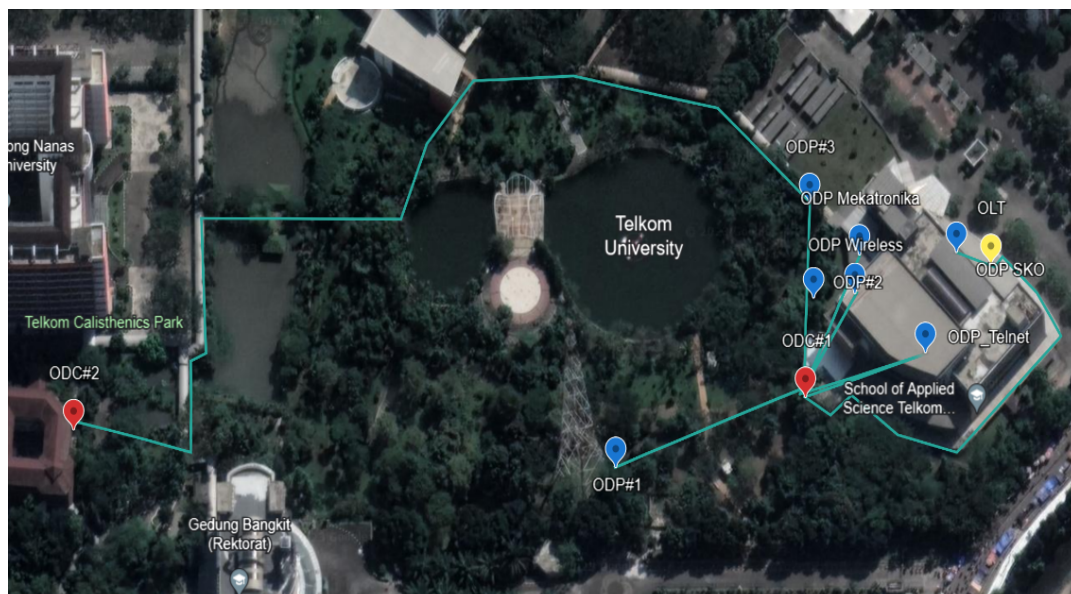
Untuk memvisualisasikan tahapan perancangan, dibutuhkan diagram alir. Gambar 1. memperlihatkan diagram alir perancangan jaringan FTTH. Prosesnya diawali dengan penentuan lokasi perancangan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data yang mencakup jumlah potensi konsumen, peta lokasi, perhitungan jarak, dan titik penempatan perangkat FTTH. Data-data ini kemudian digunakan untuk menghitung jumlah perangkat yang dibutuhkan. Setelah data perancangan lengkap dan jumlah perangkat diketahui, langkah berikutnya adalah merancang jaringan, termasuk menentukan lokasi penempatan perangkat di area perancangan.

2.2 Penentuan Lokasi Perancangan

Pada perancangan jalur jaringan FTTH dibutuhkan pemilihan jalur yang tepat dan efisien termasuk jarak pemasangan, panjang kabel, sambungan, dan perangkat yang digunakan. Ini dilakukan agar mendapatkan Link Budget yang maksimal tanpa mengorbankan kualitas jaringan dan standar yang digunakan.

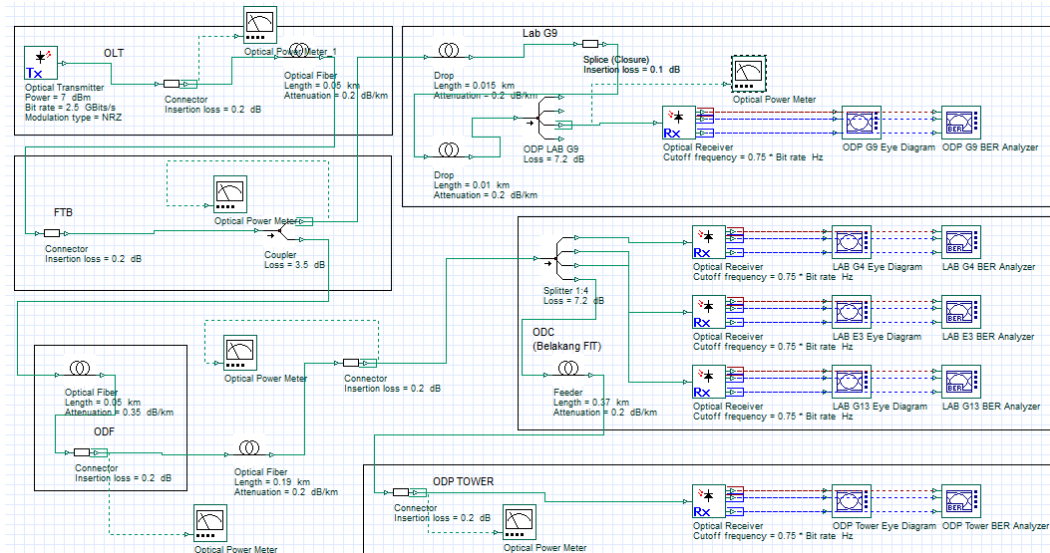
Perangkat yang dibutuhkan dalam perancangan jaringan Fiber To the Home (FTHH) sebagai berikut:

- a. OLT (Optical Line Terminal) berfungsi dalam mengubah sinyal listrik menjadi optik dan bertindak sebagai multiplexer.
- b. ODC (Optical Distribution Cabinet) ditempatkan di luar, ODC berfungsi sebagai titik pemutusan kabel listrik dan dasar kabel distribusi
- c. Connector
- d. Kabel Feeder adalah kabel serat optik ODF ke ODC
- e. Patchcord adalah kabel serat optik indoor yang hanya disediakan untuk penggunaan indoor sebagai penghubung antara OLT dan ODC
- f. Splicing merupakan penyambungan kabel fiber optic.
- g. ODP (Optical Distribution Point) adalah perangkat pasif yang dipasang di luar STO. Fungsinya beragam, termasuk sebagai titik penghubung, lokasi penempatan splitter, titik terminasi kabel distribusi, titik awal drop cable, dan titik distribusi kabel distribusi menjadi beberapa saluran drop off.
- h. ONT adalah perangkat aktif yang terletak di sisi customer dan berfungsi untuk mendemultipleks sinyal optik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Keluaran ONT meliputi CATV/IPTV, layanan data dan internet, dan telepon
- i. Kabel dropcore berguna untuk mengirimkan sinyal optik dari ODP ke rumah pelanggan. Jenis kabel yang digunakan adalah G.657A dirancang khusus untuk memiliki ketahanan tekuk (bending resistance) yang sangat baik



Gambar 2. Desain Pergelaran Jaringan Fiber Optik

Pada Gambar 2. Mendeskripsikan kondisi pergelaran jaringan fiber optik yang dilaksanakan di lingkungan Universitas Telkom, dengan pusat berada di Fakultas Ilmu Terapan. Dengan sumber Optical Line Termination (OLT) yang menyebarkan transmisi optik ke beberapa titik, baik ODC maupun ODP. Setelah desain penempatan ODC selesai, dilanjutkan pembagian area distribusi kedalam perumahan untuk penempatan ODP dan pembagian area yang akan dijangkau.



Gambar 3. Desain Simulasi Jaringan Fiber Optik

Pada Gambar 3. Merupakan desain simulasi jaringan fiber optik, simulasi menggunakan optisystem sebagai media pembanding antara kualitas sinyal yang diterima pada kondisi lapangan dan kondisi simulasi.

2.3 Power Link Budget

Power Link Budget adalah perhitungan yang digunakan dalam perencanaan jaringan komunikasi, termasuk jaringan serat optik (seperti **FTTH**), untuk memastikan bahwa sinyal yang dikirimkan dari sumber (*transmitter*) dapat diterima dengan baik oleh penerima (*receiver*). Perhitungan ini mempertimbangkan total daya sinyal yang tersedia, pengurangan daya karena berbagai faktor di sepanjang jalur transmisi, serta sensitivitas penerima.

Komponen utama dalam *Power Link Budget* mencakup beberapa elemen penting yang mempengaruhi performa dan keandalan jaringan komunikasi, terutama dalam sistem serat optik seperti FTTH. Pertama adalah power output transmitter, yaitu daya optik yang dihasilkan oleh perangkat pengirim, biasanya berupa laser atau LED pada Optical Line Terminal (OLT), yang dinyatakan dalam satuan dBm (decibel-milliwatt). Transmitter ini harus cukup kuat untuk mengirimkan sinyal melalui jalur serat optik hingga mencapai perangkat penerima. Sepanjang jalur transmisi, daya sinyal akan berkurang karena berbagai faktor kerugian, yang secara kolektif disebut sebagai losses. Kerugian ini

meliputi attenuation atau redaman yang terjadi akibat panjang kabel serat optik, biasanya diukur dalam dB/km, serta connector loss yang terjadi pada setiap konektor (sekitar 0,3–0,5 dB per koneksi), dan splice loss akibat penyambungan serat optik, yang umumnya berkisar antara 0,1–0,2 dB per sambungan. Selain itu, splitter loss juga berperan signifikan dalam jaringan FTTH, karena splitter optik membagi sinyal menjadi beberapa jalur, menghasilkan kehilangan daya yang bisa mencapai 3–15 dB tergantung pada rasio pembagiannya.

Selanjutnya, receiver sensitivity menjadi faktor penting, yaitu tingkat daya minimum yang harus diterima oleh perangkat penerima seperti *Optical Network Terminal (ONT)* agar dapat memproses sinyal dengan baik. Jika daya yang diterima lebih rendah dari sensitivitas penerima, maka sinyal akan gagal diterjemahkan, menyebabkan gangguan atau hilangnya koneksi. Komponen terakhir adalah *safety margin* atau margin keamanan, yang memberikan cadangan daya untuk mengantisipasi perubahan jaringan dari waktu ke waktu, seperti degradasi perangkat, kerusakan kabel, atau penambahan perangkat baru. Margin ini biasanya disarankan sebesar 3-6 dB untuk menjaga kestabilan performa jaringan dalam jangka panjang. Dengan mempertimbangkan semua komponen ini secara menyeluruh, Power Link Budget membantu memastikan sinyal dapat sampai ke tujuan dengan kekuatan yang memadai, memberikan koneksi yang stabil dan andal kepada pengguna.

Rumus *Power Link Budget* digunakan untuk menghitung total daya sinyal yang tersedia di sistem jaringan setelah memperhitungkan berbagai kerugian daya di sepanjang jalur transmisi. Rumus dasar dari Power Link Budget [8]. adalah:

$$P_{LB} = P_{Tx} - L_{TL} \quad (1)$$

Di mana:

- P_{Tx} = Daya keluaran dari transmitter (dalam dBm).
- L_{TL} = Total kerugian daya di sepanjang jalur transmisi (dalam dB).

Kerugian total L_{TL} diperoleh dengan menjumlahkan semua jenis kerugian di jalur transmisi, seperti:

$$L_{TL} = L_{Att} + L_{Con} + L_{Spc} + L_{Spl} + S_M \quad (2)$$

Di mana:

- L_{Att} = Kerugian daya karena redaman sepanjang kabel serat optik, biasanya dinyatakan dalam dB/km dikalikan dengan panjang kabel (km).

$$L_{Att} = \text{Redaman per km} \times \text{Panjang kabel (km)}$$

- L_{Con} = Kerugian daya pada konektor optik, sekitar 0,3–0,5 dB per konektor.

$$L_{Connector} = \text{Jumlah konektor} \times \text{Loss per konektor (dB)}$$

L_{Spc} = Kerugian daya pada sambungan serat optik, biasanya 0,1–0,2 dB per sambungan.

$$L_{Splice} = \text{Jumlah splice} \times \text{Loss per splice (dB)}$$

- L_{Spl} = Kerugian daya pada splitter optik, bergantung pada rasio pembagian splitter (misalnya, splitter 1:2 memiliki kehilangan sekitar 3 dB, dan splitter 1:32 bisa kehilangan 15–18 dB).

$LSplitter = Loss$ berdasarkan rasio splitter (dB)

- S_M = Biasanya 3–6 dB untuk mengantisipasi degradasi perangkat atau perubahan jaringan di masa depan.

Untuk memastikan sistem dapat berfungsi, hasil dari perhitungan Power Link Budget harus lebih besar dari atau sama dengan sensitivitas receiver (P_{Rx}):

$$P_{LB} \geq P_{Rx} \quad (3)$$

Di mana:

- P_{rx} = Minimum Sensitivitas receiver (dBm)

Jika P_{LB} lebih kecil dari P_{Rx} , maka perlu dilakukan optimasi seperti meningkatkan daya transmitter, mengurangi losses, atau mengganti perangkat dengan spesifikasi lebih baik.

2.4 Rise Time Budget

Rise Time Budget adalah konsep yang digunakan dalam sistem komunikasi digital, khususnya untuk memastikan sinyal dapat diproses dengan benar dan tetap terbaca dengan akurat saat bergerak melalui berbagai perangkat dan medium [9]. Rise time mengacu pada waktu yang dibutuhkan oleh sinyal digital untuk berubah dari keadaan rendah (low) ke keadaan tinggi (high). Dalam konteks ini, rise time budget adalah total waktu yang dialokasikan untuk sinyal agar mencapai perubahan tersebut di sepanjang sistem transmisi, termasuk semua komponen dan media yang terlibat.

Untuk menentukan rise time total yang diizinkan dalam suatu sistem, biasanya digunakan persamaan seperti:

$$T_r = \frac{0.35}{B} \quad (4)$$

Di mana:

T_r = Rise Time (waktu naik) dalam detik

B = Bandwidth sistem (dalam Hertz, Hz)

Tujuan rise time budget adalah untuk memastikan bahwa rise time total tidak melampaui batas maksimum yang ditentukan untuk mempertahankan keakuratan transmisi data pada kecepatan tertentu. Jika rise time terlalu panjang, sinyal tidak akan mencapai nilai logikanya dengan cepat, menyebabkan kesalahan dalam pembacaan sinyal digital.

Tabel 1. Spesifikasi Redaman

Karakteristik	Nilai
Rugi-rugi Fiber Pigtail	0,02 dB
Diameter Cladding (1310 nm)	2 mm
Rugi-rugi Konektor	0,2 dB
Rugi-rugi Splice	0,2 dB/km
Redaman Patch cord	0,04 dB
Mode Field Diameter (1310 nm)	0,5 mm
Attenuasi maksimum pada 1310 nm	0,4 dB/km

Pada Tabel 1. dapat dijelaskan bahwa Mode Field Diameter (1310 nm) sebesar 0,5 menunjukkan diameter medan pada panjang gelombang 1310 nm. Ukuran ini penting untuk menentukan kemampuan transmisi sinyal dalam serat optik. Semakin besar diameter medan mode, semakin besar kapasitas sinyal yang bisa ditransmisikan dalam jarak tertentu. Diameter Cladding (1310 nm) sebesar 2 mm, cladding adalah lapisan pelindung di sekitar inti serat optik. Attenuasi maksimum pada 1310 nm sebesar 0,4 dB/km, attenuasi merujuk pada pengurangan kekuatan sinyal saat melewati serat optik. Nilai 0,4 dB/km menunjukkan bahwa sinyal akan mengalami penurunan daya 0,4 dB per kilometer pada panjang gelombang 1310 nm. Semakin kecil nilai attenuasi, semakin efisien transmisi data.

Tabel 2. Jumlah Perangkat Jaringan FTTx

Nama Perangkat	Jumlah
Optical Distribution Cabinet (ODC)	2 buah
Optical Distribution Point (ODP)	5 buah
Kabel Distribusi	800 meter + 150 meter

Pada Tabel 2. merupakan kebutuhan perangkat jaringan FTTx yang digunakan dalam kegiatan ini. Kabinet distribusi optik yang digunakan untuk menyalurkan sinyal optik ke beberapa titik di dalam jaringan FTTx. Optical Distribution Point (ODP) adalah titik distribusi yang menghubungkan jaringan optik dengan pelanggan atau titik akses lebih lanjut. Kabel distribusi digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat di jaringan FTTx. Dalam tabel ini, disebutkan panjang kabel distribusi yang digunakan yaitu 800 meter untuk menghubungkan dari FIT ke Hotel Lingian (ODC#2) dan 150 meter menghubungkann dari FIT ke Tower (ODC#1). Ini menunjukkan bahwa total panjang kabel distribusi yang digunakan adalah 950 meter.

Untuk merancang Jaringan Fiber To The Home (FTTH), langkah awal yang krusial adalah observasi lapangan guna menentukan jumlah perangkat yang dibutuhkan dan mencatat titik koordinat lokasi. Titik koordinat ini selanjutnya digunakan dalam aplikasi Google Earth untuk memetakan penempatan perangkat. Pemetaan visual ini memudahkan perhitungan kebutuhan perangkat dan mempermudah proses pemeliharaan jaringan di kemudian hari. Berikut merupakan titik koordinat yang ditampilkan pada Tabel 2.3

Tabel 3. Titik Koordinat Perangkat Optik

Perangkat	Latitude	Longitude
OLT	-6.9730970	107.6327955
ODC#1	-6.9734688	107.6322006
ODC#2	-6.9735513	107.6298666
ODP SKO	-6.9730620	107.6326849
ODP Telnet	-6.9733443	107.6325850
ODP#1	-6.9736652	107.6315958

ODP#2	-6.9731890	107.6322299
ODP#3	-6.9729222	107.6322192

Tabel 3. merupakan informasi penting terkait karakteristik dan batasan nilai untuk berbagai parameter dalam perancangan dan pengoperasian jaringan serat optik yang menggunakan panjang gelombang 1310 nanometer. Posisi latitude dan longitude merupakan titik dimana dipasangnya perangkat seperti OLT, ODC dan ODP pada kondisi di lapangan.

Tabel 4. Parameter dan Standar Kabel Serat Optik

No	Panjang Gelombang 1310 nm		
	Parameter	Nilai	Satuan
1	Jarak	50-300	meter
2	P_{min}	-25	dB
3	Safe margin	3	dB
4	Rugi Konektor	0.2	dB
5	Rugi Splice	0.1 – 0.3	dB/Km
6	Power Transmit	-14.20 s/d 18.76	dB
7	Loss atenuasi	0.4	dB/Km
8	Other Loss	0.02– 0.04	dB

Pada Tabel 4. Merupakan parameter dan standar kabel serat optik. Jarak menunjukkan rentang jarak yang dapat ditempuh oleh sinyal pada panjang gelombang 1310 nm. Sinyal dapat berjalan efektif dalam jarak antara 50 meter hingga 300 meter sebelum mengalami penurunan kualitas. P_{min} adalah tingkat daya sinyal minimum yang masih dapat diterima oleh sistem untuk dapat mendeteksi sinyal dengan benar. Nilai -25 dB menunjukkan batas daya sinyal terendah yang masih bisa diproses oleh perangkat penerima. Safe margin adalah margin daya yang digunakan untuk memastikan bahwa sistem tetap berfungsi dengan baik meskipun ada penurunan daya sinyal akibat kerugian. 3 dB menunjukkan nilai aman yang diberikan untuk mengimbangi kerugian yang terjadi di sepanjang jaringan.

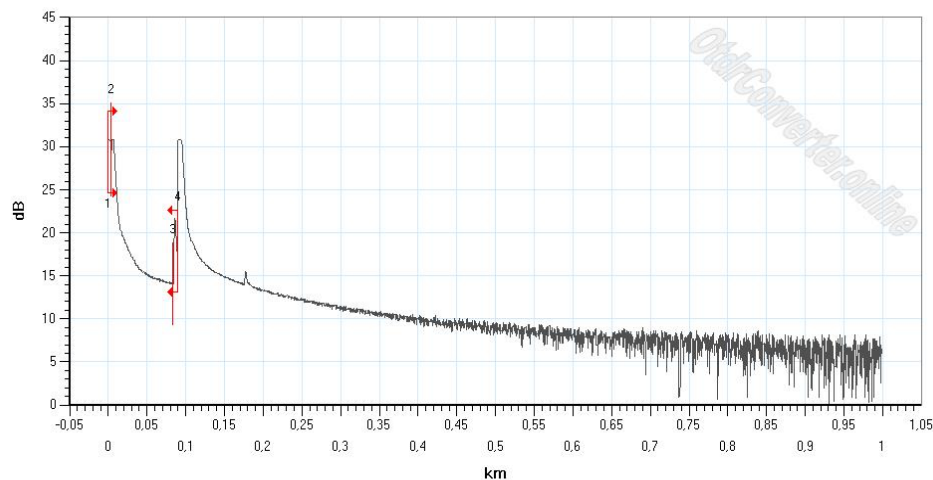
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Power Link Budget yang merupakan perhitungan total dari semua penguatan (gain) dan kerugian (loss) yang terjadi saat sinyal ditransmisikan dari pemancar (transmitter) ke penerima (receiver) dalam sebuah sistem komunikasi. Link budget membantu menentukan apakah sinyal yang diterima akan cukup kuat untuk diproses dengan benar setelah melalui jarak tertentu dan

melalui berbagai media transmisi, seperti kabel, udara (wireless), atau serat optik. Tujuan dari Power Link Budget adalah untuk memastikan bahwa sinyal yang diterima tetap berada di atas tingkat minimum yang diperlukan untuk komunikasi yang andal.

Perancangan yang cermat sangat penting untuk mempermudah analisis dan meminimalisir risiko dalam pembangunan jaringan FTTH. Secara teknis, perancangan yang tepat membantu memastikan spesifikasi, jumlah, dan penempatan peralatan sudah benar. Ini krusial untuk menghindari kesalahan pembelian, seperti kelebihan atau kekurangan peralatan yang dibutuhkan.

Pada Gambar 4. terdapat Sumbu X (km) yang menunjukkan jarak dalam satuan kilometer. Grafik ini menggambarkan perubahan sinyal sepanjang jarak, dari 0 hingga 1 kilometer. Sumbu Y (dB) yang mengukur daya sinyal dalam desibel (dB). Satuan ini digunakan untuk menggambarkan penguatan atau penurunan sinyal dalam sistem komunikasi. Grafik ini menunjukkan penurunan daya sinyal seiring bertambahnya jarak. Biasanya, sinyal akan mengalami loss atau redaman (attenuation) yang semakin besar ketika jarak semakin jauh. Hal ini terlihat dari penurunan tajam pada grafik di bagian awal (sekitar 0 hingga 0.1 km). Setelah penurunan yang tajam, grafik cenderung stabil dan menurun lebih lambat di bagian akhir. Pada bagian akhir grafik (setelah 0.8 km atau 800 meter), penurunan daya sangat stabil dan terus menurun dengan laju yang lebih kecil. Ini menunjukkan bahwa sinyal telah terdistribusi atau mengalami attenuation yang lebih konsisten di sepanjang jarak yang lebih jauh.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pada Gambar 3. Merupakan kondisi pengukuran dari jarak terjauh, dari OLT ke Hotel Lingian (dengan jarak 800 meter). Terlihat beberapa anomali sinyal pada jarak 0,08 KM, ini terjadi karena adanya splitter maupun konektor yang digunakan pada penyambungan optik.

Keterangan Gambar 5. diketahui nilai 1310 nm adalah panjang gelombang dari sinyal optik yang sedang diuji. Panjang gelombang ini berada pada 1310 nm, yang merupakan salah satu panjang gelombang standar untuk komunikasi serat optik. Pada panjang gelombang ini, serat optik sering digunakan untuk transmisi data. 96.24 μW menunjukkan daya optik yang diterima oleh alat pengukur, yang diukur dalam mikrowatt (μW). Daya yang lebih besar

menunjukkan sinyal yang lebih kuat. -10.16 dBm pembacaan daya dalam satuan desibel milliwatt (dBm), yang digunakan untuk mengukur daya relatif terhadap 1 milliwatt (mW). Nilai -10.16 dBm menunjukkan bahwa sinyal optik yang diterima relatif rendah, dengan nilai negatif yang menandakan daya lebih kecil dari 1 mW.



Gambar 5. Hasil Pengukuran dengan OPM

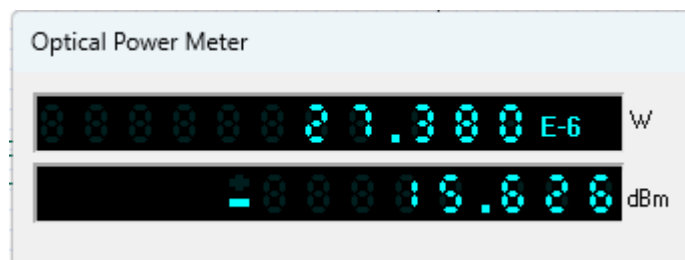
Hasil pengukuran Power Link Budget untuk Downlink dan Uplink serta Bit Error Rate memiliki nilai masing-masing -23,920 dBm , -24,631 dBm. Sementara nilai Rise Time Budget pada kondisi downlink dan uplink masing-masing sebesar 0,334 ns dan 0,426 ns serta hasil dari BER downlink dan uplink masing-masing adalah 16.37×10^{-13} dan 15.25×10^{-12} . Gambar 4. Merupakan salah satu pengukuran yang dilakukan dari OLT ke ODP, nilai yang diperoleh adalah -10,16 dBm.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Downlink dan Uplink

Tipe	P_{rx} (dBm)	RTB (ns)	BER
Downlink	-23,920	0,334	16.37×10^{-13}
Uplink	-24,631	0,426	15.25×10^{-12}

Hasil perhitungan power link budget menunjukkan bahwa semakin panjang kabel (jarak), semakin kecil daya yang diterima detektor. Namun, dalam analisis rise time, perbedaan jarak yang tidak signifikan tidak terlalu mempengaruhi rise time sistem. Rise time lebih dipengaruhi oleh panjang gelombang dan bit rate transmisi, sedangkan Bit Error Rate (BER) sistem dipengaruhi oleh besarnya daya dan noise.

Pada Tabel 5. Merupakan hasil rata-rata dari 20 kali pengukuran di lapangan pada kondisi dari OLT ke titik terjauh 800 meter). Berdasarkan perhitungan ini, perancangan FTTH untuk sisi downlink dan uplink, baik pada jarak terjauh maupun terdekat, telah memenuhi persyaratan standar **ITU-T G.984**. yakni $P_r > -28$ dBm, rise time total < rise time maksimum, nilai BER antara 10^{-9} sampai 10^{-12} .



Gambar 6. Hasil Pengukuran Simulasi OptiSystem

Pada Gambar 6. Merupakan salah satu contoh pengukuran yang diambil dari OLT ke ODP terdekat, nilai yang diperoleh adalah -15,6 dBm. Dengan nilai ini kualitas sinyal masih sesuai dengan standar internasional. Kualitas sinyal yang didapatkan dari simulasi lebih baik dibandingkan dengan kualitas yang diperoleh di lapangan, ini menunjukkan kondisi noise pada simulasi dianggap ideal.

Downlink maupun uplink memiliki karakteristik yang berbeda, tetapi dalam konteks kualitas dan performa, keduanya bisa "bagus" tergantung pada bagaimana sistem diatur. Downlink biasanya mengacu pada arah transmisi data dari server atau pusat pengendali ke perangkat pengguna. Pada uplink, data dikirimkan dari perangkat pengguna ke server. Pada umumnya, dalam konteks sistem fiber optik, downlink sering dianggap lebih penting dalam aplikasi konsumen karena lebih banyak data yang diterima oleh pengguna (seperti saat menonton video streaming atau mengunduh data). Dalam hal ini, power link budget untuk downlink biasanya lebih diperhatikan untuk memastikan kualitas sinyal yang baik menuju penerima. Uplink biasanya memerlukan daya yang lebih rendah karena perangkat pengirim (seperti modem atau perangkat pengguna) memiliki kapasitas daya yang terbatas dibandingkan dengan perangkat di sisi penerima yang lebih kuat. Oleh karena itu, sering kali lebih sulit untuk mempertahankan kualitas sinyal pada uplink yang lebih jauh atau pada kondisi link yang buruk.

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa gelaran kabel fiber optik telah berhasil menghubungkan Optical Line Termination (OLT) di Fakultas Ilmu Terapan ke Optical Distribution Point (ODP) berjarak 800 meter (Hotel Lingian), serta menghubungkan pada beberapa laboratorium di lingkungan Fakultas Ilmu Terapan yang terhubung pada Optical Distribution Center (ODC). Hasil pengukuran Power Link Budget untuk Downlink dan Uplink memiliki nilai masing-masing -23,920 dBm, -24,631 dBm. Besarnya total loss pada kabel optik dapat berbeda-beda tergantung pada panjang kabel dan jumlah titik loss yang ada di sepanjang kabel tersebut. Hal ini karena total loss dihitung dari penjumlahan loss atenuasi, loss splice, loss konektor, serta loss lainnya. Sementara nilai Rise Time Budget pada kondisi uplink dan downlink sebesar 0,334 ns dan 0,426 ns serta hasil dari BER adalah 16.37×10^{-13} dan 15.25×10^{-12} . Sehingga nilai pengukuran menunjukkan bahwa perancangan telah memenuhi standar dari parameter nilai yang ada.

REFERENSI

- [1] I. Hanif dan D. Arnaldy, "Analisis Penyambungan Kabel Fiber Optik Akses dengan Kabel Fiber Optik Backbone pada Indosat Area Jabodetabek," *Multinetics*, vol. 3, no. 2, hlm. 12, 2017, doi: 10.32722/vol3.no2.2017.pp12-17.
- [2] R. RyanYusrizal, Sefrina Putri Trisnanti, Meta Yantidewi, dan Irwan Rawal Husdi, "Analisa Bending Loss pada Fiber Optic Single-Mode," *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, hlm. 620–629, 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3793.
- [3] N. H. Fitriana, S. Yuliatun, T. M. Adhimah, dan W. M. Sholih, "Pengaruh Suhu terhadap Perubahan Pola Interferensi pada Fiber Optik," *Unnes Physics Journal*, vol. 6, no. 1, hlm. 45–49, 2017.
- [4] K. Ramadhan dan L. Fitri, "Perhitungan Rise Time Budget dalam Desain Jaringan Komunikasi Serat Optik Kecepatan Tinggi," dalam *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Elektro*, Kota, Indonesia, Jun. 2024, pp. CC-DD.
- [5] M. I. MI dan Y. Saragih, "Perancangan Jaringan Fiber To the Home (Ftth) Menggunakan Aplikasi Google Earth Pro," *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, vol. 5, no. 1, hlm. 49–57, 2023, doi: 10.30604/jti.v5i1.133.
- [6] S. Ridho dkk., "Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban (Fiber to the Home (FTTH) Network Design at Housing in Urban Areas)," 2020.
- [7] H. Hulfa, D. S., & Kuswanto, "Pengaruh Massa Beban Terhadap Intensitas Keluaran Fiber Optik yang Dibentuk dengan Lekukan Multi Bending," *Jurnal Fisika dan terapannya*, vol. 7, no. 1, hlm. 37–48, 2018.
- [8] A. Lestari, B. Santoso, dan C. Dewi, "Analisis Power Link Budget pada Sistem Komunikasi Serat Optik Jaringan FTTx," *J. Telekomun. Optik*, vol. X, no. Y, pp. XX-YY, Jan. 2024.
- [9] D. Wijaya dan E. Nurdiansyah, "Perancangan dan Analisis Anggaran Daya pada Sistem Komunikasi Nirkabel Frekuensi Tinggi," dalam *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Elektronika dan Telekomunikasi*, Kota, Indonesia, Feb. 2024, pp. AA-BB.
- [10] F. Pratama, "Evaluasi Kinerja Sistem Komunikasi Optik Berdasarkan Anggaran Daya dan Anggaran Waktu Naik," Skripsi Sarjana, Departemen Teknik Elektro, Universitas ABC, Kota, Indonesia, Mar. 2024.
- [11] G. Susanto, H. Puspita, dan I. Maulana, "Pengaruh Redaman dan Dispersi Terhadap Power Link Budget pada Jaringan Fiber Optik," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. P, no. Q, pp. RR-SS, Apr. 2024.
- [12] J. Hadi, "Optimalisasi Anggaran Daya pada Sistem Komunikasi Satelit untuk Aplikasi Data Cepat," *J. Ilmu Komput. dan Rekayasa*, vol. M, no. N, pp. OO-PP, Mei 2024.
- [13] A. Andriyanto dan A. Ramadhani, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Fiber Optic Cable Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Fault Tree Analysis (Fta) Di Pt Industri Telekomunikasi Indonesia," *Jurnal Logistik Bisnis*, vol. 11, no. 02, hlm. 61–64, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/index>
- [14] M. Setiawan, "Studi Komparatif Perhitungan Anggaran Daya dan Anggaran Waktu Naik pada Berbagai Topologi Jaringan Optik," Tesis Magister, Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi XYZ, Kota, Indonesia, Jul. 2024.
- [15] N. Utami, O. Budi, dan P. Cahyo, "Analisis Anggaran Waktu Naik untuk Kinerja Sistem Komunikasi Optik Gigabit Ethernet," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. U, no. V, pp. WW-XX, Agt. 2024.
- [16] Q. Rahman, "Perancangan Link Komunikasi Serat Optik Jarak Jauh dengan Mempertimbangkan Power Link Budget dan Rise Time Budget," *J. Rekayasa Sistem*, vol. G, no. H, pp. I-J, Sep. 2024.
- [17] R. Siregar dan S. Tambunan, "Penerapan Konsep Anggaran Daya untuk Desain Sistem Komunikasi Fiber Optik pada Kawasan Industri," dalam *Prosiding Simposium Nasional Sains dan Teknologi*, Kota, Indonesia, Okt. 2024, pp. EE-FF.
- [18] T. Widodo, "Analisis Anggaran Waktu Naik pada Sistem Komunikasi Optik untuk Transmisi Data Kecepatan Ultra Tinggi," Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas GHI, Kota, Indonesia, Nov. 2024.
- [19] U. Lestari dan V. Putra, "Evaluasi Kualitas Link Berdasarkan Power Link Budget dan Rise Time Budget pada Jaringan Komunikasi Seluler Generasi Kelima (5G)," *J. Komun. Nirkabel*, vol. K, no. L, pp. M-N, Des. 2024.