

Analisis Jaringan Kabel Feeder FTTH dengan Pengukuran OTDR dan Power Link Budget

Inda Ahmayani¹, Ahmad Fauzi^{2*}

^{1,2}Program Studi Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

indaahmyn.18@upi.edu¹, ahmad.fauzi@upi.edu²

Article Info

Article history:

Diterima: 12 September 2025

Direvisi: 17 Desember 2025

Disetujui: 20 Februari 2026

Diterbitkan: Maret 2026

Keywords:

Fiber optik;

OTDR;

Power link budget;

Redaman;

Kabel feeder.

ABSTRAK

Tingkat redaman pada jaringan fiber optik sangat memengaruhi kualitas layanan, khususnya pada kabel feeder sebagai jalur utama transmisi data. Analisis kelayakan kabel feeder segmen A di wilayah Kopo dilakukan berdasarkan hasil pengukuran *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) yang dikomparasikan dengan hasil perhitungan *power link budget*. Hasil pengukuran OTDR tidak dapat dianggap sebagai nilai mutlak karena dipengaruhi oleh pengaturan parameter alat, seperti *Index of Refraction* (IOR), *pulse width*, dan sistem *averaging*. Selain itu, struktur serat optik di dalam kabel yang berbentuk heliks (*helix factor*) membuat panjang serat sedikit lebih besar dibandingkan panjang fisik kabel, sehingga posisi event pada OTDR dapat bergeser dari lokasi fisik sebenarnya di lapangan. Objek penelitian merupakan kabel *feeder* yang menghubungkan ODF pada rak *Optical Access* (O.A) dengan ODC di wilayah Kopo. Berdasarkan hasil penelitian, panjang kabel *feeder* yaitu 7,33 km dengan total *loss* sebesar 8,72 dB, jauh melampaui nilai perhitungan *power link budget* sebesar 3,13 dB. Enam *event* teridentifikasi memiliki nilai *loss* melebihi 0,1 dB akibat sambungan dan *bending* pada jarak ± 400 m antar *event*, sehingga jaringan dapat menyebabkan intermiten pada layanan internet. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar perbaikan dan pemulihan jaringan sehingga kualitas layanan dapat kembali optimal.

Corresponding Author:

Ahmad Fauzi,

Universitas Pendidikan Indonesia

ahmad.fauzi@upi.edu

1. PENDAHULUAN

Setiap negara berupaya untuk menyediakan jaringan internet yang cepat dan stabil guna memenuhi kebutuhan masyarakat modern. Dalam beberapa tahun terakhir, jaringan fiber optik semakin banyak dipilih untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang tinggi akibat meningkatnya intensitas penggunaan layanan internet. Jaringan fiber optik menawarkan layanan *triple play* yang membuka banyak peluang bisnis baru di bidang telekomunikasi, seperti menyediakan layanan internet, suara dan video dalam satu jaringan [1]. Dengan *bandwidth* yang tinggi berbagai aktifitas dapat dilakukan lebih optimal, tidak hanya untuk berkomunikasi dan bertukar data, tetapi juga meningkatkan sistem keamanan rumah [2]. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diterapkan jaringan *Fiber to the Home* (FTTH), yaitu konfigurasi jaringan optik yang menghubungkan kabel serat optik langsung ke rumah-rumah [3]. Hal tersebut merupakan implementasi paling umum dari

arsitektur jaringan *Passive Optical Network* (PON) yang tidak menggunakan komponen aktif di tengah jaringan seperti *repeater* atau *switch* [4].

Salah satu aspek penting dalam pemasangan jaringan FTTH adalah memastikan daya (*level*) sinyal yang dikirimkan melalui serat optik dapat diterima dengan baik oleh pengguna sesuai standar yang ditetapkan. Redaman dapat terjadi akibat konektor, sambungan (*splicing*), maupun kondisi kabel akibat tekukan atau kerusakan fisik. Redaman kecil pada konektor maupun sambungan dapat berdampak langsung terhadap kualitas sinyal yang diterima pengguna [5]. Untuk mengidentifikasi redaman dan lokasi gangguan, digunakan alat *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) melalui pembacaan grafik hasil pengukuran. Terdapat penelitian terdahulu yang menganalisis kualitas jaringan fiber optik menggunakan alat ukur OTDR di sekitar daerah pasar Cipulir yang berfokus pada identifikasi kehilangan daya di titik-titik sambungan serta membandingkan hasil pengukuran OTDR dengan *fusion splicer* dan *power link budget* untuk optimalisasi jaringan [6]. Namun penelitian tersebut lebih menitikberatkan pada distribusi akhir *Optical Distribution Point* (ODP), tidak secara khusus membahas pengukuran per segmen.

Di beberapa wilayah padat penduduk, koneksi internet yang tidak stabil dapat menyebabkan masalah besar bagi masyarakat. Hal ini terjadi di wilayah Kopo, di mana masyarakat mengeluhkan jaringan yang lambat atau sering terputus-putus. Untuk mengetahui penyebab gangguan tersebut, pengecekan jaringan sebaiknya dilakukan per segmen agar lebih mudah menemukan titik kerusakan. Pada kasus ini, analisis dilakukan pada segmen A tepatnya pada kabel *feeder*, yaitu bagian kritis yang menghubungkan titik distribusi awal jaringan. Segmen *feeder* jarang dianalisis atau menjadi *blind spot* dalam penelitian FTTH, padahal dampaknya sangat besar dalam kualitas jaringan. Beberapa studi terbaru terfokus pada desain, aktivasi, serta perhitungan *link budget* pada segmen distribusi akhir (ODP/ODC) atau keseluruhan topologi FTTH, namun tidak melakukan analisis terpisah terhadap jalur *feeder* (ODF-ODC) dengan metode pengukuran lapangan OTDR, sebagaimana terlihat pada penelitian aktivasi jaringan FTTH berbasis GPON yang berfokus pada analisis kualitas layanan [7], serta studi perancangan infrastruktur FTTH menggunakan metode NDLC yang hanya berfokus pada distribusi akhir [8]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kelayakan kabel *feeder* segmen A jaringan fiber optik di wilayah Kopo melalui pengukuran OTDR dan perhitungan *power link budget* untuk memastikan redaman masih dalam batas wajar sesuai standar. Kebaruan penelitian ini terletak pada fokus analisis yang secara khusus membahas jalur *feeder* (ODF-ODC), yang jarang dikaji secara terpisah pada studi FTTH sebelumnya. Data pengukuran OTDR di lapangan dibandingkan dengan perhitungan *power link budget* untuk memastikan hasil yang lebih akurat, kemudian mengidentifikasi titik-titik pada jaringan *feeder* yang menjadi penyebab kerugian daya (*losses*). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas jaringan fiber optik di tahap distribusi awal, serta membantu teknisi untuk mempermudah menemukan lokasi untuk pemulihan jaringan agar layanan internet kembali optimal bagi masyarakat

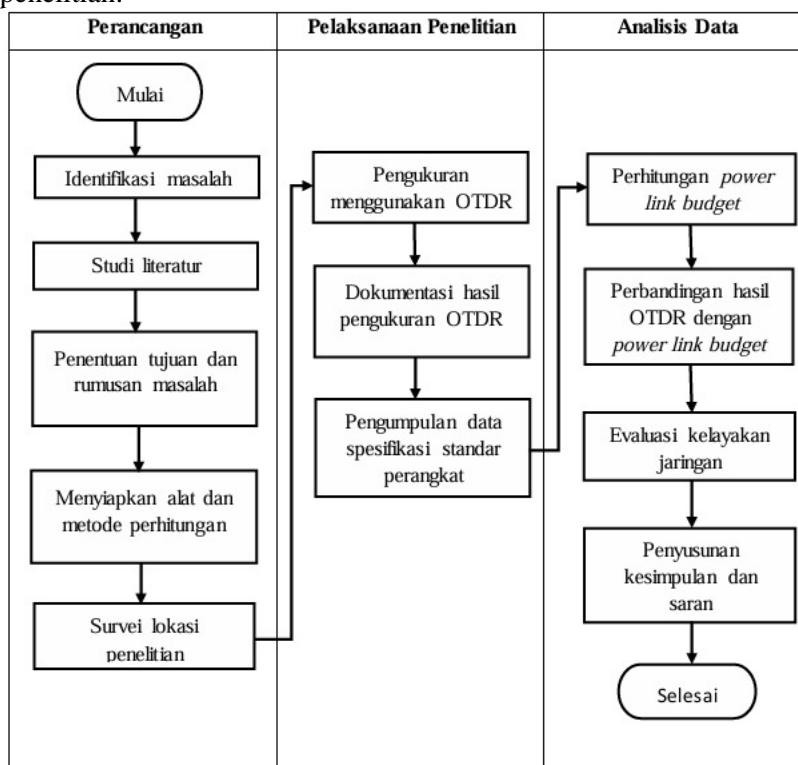
2. METODE

2.1. Desain Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan metode analisis eksperimen, yaitu teknik analisis data yang diperoleh melalui pengukuran langsung pada objek penelitian di lapangan. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar batas redaman jaringan untuk menentukan kondisi performa jaringan. Hasil pengukuran OTDR dianalisis bersama dengan perhitungan *power link budget* untuk menilai kelayakan kabel *feeder* pada segmen A dan mencari tahu titik penyebab gangguan terjadi.

Gambar 1 merupakan tahapan alur penelitian yang akan dilakukan, dimulai pada tahap perancangan yaitu mengidentifikasi masalah yang terjadi. Masalah yang terjadi yaitu adanya laporan dari pengguna internet di wilayah Kopo yang mengeluhkan bahwa jaringan internetnya tidak stabil atau terputus-putus. Selanjutnya yaitu melakukan studi literatur, yaitu mengumpulkan

data dengan cara menelusuri, menelaah, dan mengkaji berbagai sumber informasi yang relevan. Setelah itu melakukan penentuan tujuan dan rumusan masalah, pada bagian ini menentukan masalah yang kemungkinan terjadi pada jaringan yaitu dengan menentukan titik pengecekan jaringan. Titik pengecekan yang akan dilakukan yaitu pada segmen A, pengecekan kabel *feeder* dari ODF pada rak O.A sampai ODC di wilayah Kopo. Selanjutnya yaitu menyiapkan alat dan metode perhitungan, alat yang disiapkan yaitu OTDR dan kabel *patchcord* yang digunakan untuk membantu pengukuran, lalu menentukan metode perhitungan yang akan digunakan untuk mempermudah proses analisis. Kemudian melakukan survei lokasi atau mendatangi lokasi yang akan dilakukan penelitian.



Gambar 1. Diagram alur desain penelitian.

Setelah melakukan perancangan, tahap selanjutnya yaitu pelaksanaan penelitian. Pada bagian ini, tahapan yang pertama yaitu melakukan pengukuran menggunakan OTDR pada objek penelitian yang telah ditentukan. Setelah itu melakukan dokumentasi dan pengumpulan data dari hasil pengukuran OTDR yang telah dilakukan, data yang dikumpulkan berupa panjang kabel, total redaman (*loss*) kabel, dan menentukan kemungkinan *event* yang terjadi (seperti sambungan, konektor, atau *bending*). Kemudian mencari tahu data spesifikasi teknis perangkat untuk melakukan perhitungan *power link budget*.

Tahap selanjutnya setelah melakukan perancangan dan pelaksanaan penelitian yaitu melakukan analisis data. Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan *power link budget* untuk menghitung redaman pada kabel *feeder* yang terhubung mulai dari ODF rak O.A sampai ODC. *Power link budget* digunakan agar dapat mengetahui berapa total redaman maksimum dari jaringan yang di ukur. Setelah melakukan pengukuran dan perhitungan, dilakukan perbandingan apakah total redaman yang dihasilkan pada pengukuran melebihi dari batas redaman yang telah dihitung berdasarkan *power link budget*. Apabila hasilnya telah ditemukan, maka dilakukan evaluasi kelayakan jaringan apakah jaringan yang telah di ukur masih layak digunakan atau memerlukan perbaikan. Langkah terakhir yaitu penyusunan kesimpulan dan saran dengan menyimpulkan dari pengukuran jaringan yang dilakukan apakah terjadi gangguan atau tidak, kemudian apa yang menjadi penyebab gangguan tersebut.

2.2. Karakteristik Objek Penelitian

Objek yang digunakan pada penelitian ini yaitu kabel *feeder* pada segmen A jaringan fiber optik di wilayah Kopo. Kabel ini berfungsi sebagai jalur transmisi utama yang menghubungkan perangkat *Optical Line Terminal* (OLT) kemudian melewati (ODF) lalu terhubung dengan titik distribusi awal seperti (ODC). Titik pengukuran dari penelitian ini dilakukan dari ODF pada rak O.A menuju ODC - *Fiber Bending Cabinet* (FBC) yaitu ODC yang mengarah langsung pada lokasi terjadi gangguan. Penelitian dilakukan di wilayah Kopo. Objek penelitian ini dipilih karena peran pentingnya dalam menentukan kualitas sinyal yang diterima pelanggan. Selama proses pengambilan data, penelitian dilakukan pada jaringan yang sudah terpasang dan aktif tanpa mengubah infrastruktur. Selain itu, pengukuran hanya melibatkan kabel *feeder* dan menghindari pengukuran perangkat jaringan lainnya.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui pengukuran dan pengumpulan data primer yaitu pengukuran langsung pada objek penelitian di lapangan. Pengukuran dilakukan pada kabel *feeder* yang tersambung pada ODF rak O.A yang menuju ODC(FBC), hasil dari pengukuran tersebut dicatat dan dilakukan dokumentasi. Hasil ukur yang telah diperoleh disimpan pada OTDR agar dapat dianalisis kembali apabila dibutuhkan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi standar komponen fiber optik PT. Telkom Akses untuk mendukung proses perhitungan *power link budget*.

Tabel 1 merupakan objek, waktu, dan tempat pengambilan data yang dilakukan untuk penelitian. Pengukuran dilakukan pada kabel *feeder* dari ODF rak O.A FTB-1 core 4 yang mengarah langsung menuju ODC (FBC) di wilayah Kopo. Pengambilan data dilakukan kurang lebih selama 1 bulan dan dilakukan beberapa kali pengecekan untuk memastikan kembali lokasi titik kerusakan.

Tabel 1. Objek pengambilan data.

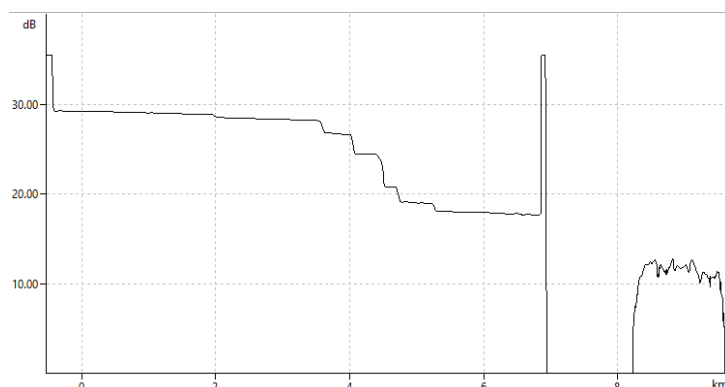
Link Jaringan	Waktu Pengambilan Data	Tempat Pengambilan Data
O.A-1 96 core, core 4 kabel feeder kearah ODC(FBC) wilayah Kopo	16 April 2025 – 31 April 2025	STO Telkom Kopo- Jl. Kopo Syati No.128 Kec. Margahayu Kota Bandung

Sebelum melakukan pengukuran pada kabel menggunakan OTDR, terdapat parameter yang harus diatur pada OTDR sebelum digunakan diantaranya yaitu *Index Of Refraction* (IOR) atau sering disebut indeks bias, panjang gelombang, jarak, dan *puls width* [9]. Pengaturan OTDR yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1) IOR = 1,4680; 2) Panjang gelombang = 1550nm; 3) Jarak = 10 Km; 4) *Puls width* = 50ns.

Setelah melakukan pengaturan pada OTDR kemudian dilakukan pengukuran menggunakan bantuan kabel *patchcord*. *Patchcord* adalah kabel fiber optik dengan panjang tertentu yang telah dipasang konektor di setiap ujungnya, kabel *patchcord* memiliki peran penting sebagai penghubung dalam perangkat optik [10]. Pada pengukuran ini, kabel *patchcord* dihubungkan pada OTDR, sedangkan ujung kabel *patchcord* lainnya dihubungkan dengan kabel *feeder* (core 4) FTB-1 di rak O.A pada ODF di wilayah Kopo yang mengarah langsung menuju ODC (FBC). Setelah kabel *patchcore* dipasang dengan baik selanjutnya yaitu menekan tombol *real time* pada OTDR agar cahaya OTDR dapat ditembakkan secara terus menerus sesuai dengan waktu yang telah diatur sebelumnya. Hasilnya, OTDR akan menggambarkan grafik sesuai pada jaringan yang diukur.

Gambar 2 merupakan grafik dari hasil pengukuran kabel *feeder* yang terhubung pada ODF rak O.A FTB-1 core 4 menuju ODC(FBC) di wilayah Kopo. Grafik pada OTDR memiliki 2 sumbu yaitu sumbu X dan sumbu Y. Sumbu X merupakan jarak sepanjang serat optik dan sumbu Y menunjukkan *optical power level* (daya pantulan/*backscatter signal*) dalam satuan dB. Pada tampilan grafik OTDR, garis menurun perlahan di sumbu-Y menunjukkan redaman pada serat

optik sepanjang jalurnya. Sementara itu pada grafik OTDR hasil pengukuran muncul grafik naik ke atas (*spike*) atau grafik menurun secara signifikan, menunjukkan adanya *event* di titik tertentu pada serat optik yang dapat disebabkan oleh sambungan, konektor, atau tekukan pada serat [11].



Gambar 2. Grafik pengukuran pada OTDR.

2.4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan pendekatan analisis eksperimen yang dilakukan melalui dua tahap yaitu analisis hasil pengukuran OTDR, perhitungan dan evaluasi *power link budget*.

2.4.1. Analisis Hasil Pengukuran OTDR

Data grafik OTDR hasil pengukuran dianalisis dengan cara mengamati perubahan level pada sumbu-Y untuk mengidentifikasi nilai redaman sepanjang jalur, menentukan *event* pada titik tertentu seperti sambungan, konektor, dan kemungkinan terjadinya bending berdasarkan kenaikan/penurunan kurva secara signifikan, dan menentukan lokasi gangguan berdasarkan posisi event pada sumbu-X (jarak).

2.4.2. Perhitungan dan Evaluasi *Power Link Budget*

Data hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai teoretis redaman maksimum melalui perhitungan *power link budget*. Sebelum melakukan perhitungan *power link budget* perlu mengetahui standar redaman dari masing-masing komponen penghasil redaman pada jaringan. Tabel 2 merupakan standar redaman maksimum setiap komponen fiber optik di PT. Telkom Akses.

Tabel 2. Redaman maksimum komponen pada jaringan fiber optik.

Material	Batasan	Ukuran
Kabel	Max	0.35 dB/km
Sambungan	Max	0.1 dB
Konektor	Max	0.25 dB
Splitter 1:2	Max	4.2 dB
Splitter 1:4	Max	7.8 dB
Splitter 1:8	Max	11.4 dB
Splitter 1:16	Max	15.0 dB
Splitter 1:32	Max	18.6 dB
Combiner/DW DM	Max	1 dB

Perhitungan *power link budget* menggunakan persamaan :

$$a_{total} = (L \times a_{serat}) + (N_c \times a_c) + (N_s \times a_s) \tag{1}$$

Keterangan :

a_{total} : Redaman total

L	: Panjang kabel
a_{serat}	: Redaman kabel
N_c	: Jumlah konektor
a_c	: Redaman konektor
N_s	: Jumlah sambungan
a_s	: Redaman sambungan

Hasil perhitungan digunakan untuk analisis data dengan melakukan komparasi berdasarkan hasil pengukuran OTDR dan perhitungan *power link budget*, sehingga dapat mengetahui apakah kualitas kabel feeder yang telah di ukur masih dalam keadaan layak atau memerlukan perbaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dilakukan pada segmen A, tepatnya pada kabel *feeder* dari ODF rak O.A FTB-1 pada *core* 4 hingga ODC (FBC). Proses pengukuran dilakukan dari *output* ODF menuju *input* ODC tanpa melewati *splitter* pada ODC, sehingga nilai redaman yang diperoleh menunjukkan kondisi sebenarnya dari jalur *feeder*. Pada pengukuran yang dilakukan ini, OTDR akan memberikan hasil pengukuran berupa grafik. OTDR mampu mengidentifikasi lokasi kerusakan yang ada pada serat optik. Kerusakan tersebut dapat teridentifikasi karena adanya cahaya yang menyebar akibat hamburan Reyleigh maupun di pantulkan kembali akibat refleksi Frensel. Faktor penyebab kerusakan tersebut bermacam-macam, antara lain konektor, sambungan (*splicing*), pembengkokkan (*bending*), maupun terjadinya titik putus pada serat. OTDR mampu memberikan informasi jarak dan *loss* dari setiap *event* yang terdeteksi sepanjang jalur serat optik [12].

Pada penelitian ini, panjang gelombang yang digunakan pada OTDR yaitu 1550 nm. Pemilihan panjang gelombang tersebut didasarkan pada nilai redaman yang lebih rendah yaitu 0,25 dB dibandingkan dengan panjang gelombang 1310 nm. Kondisi ini membuat pantulan cahaya dari dalam serat yang diterima OTDR lebih kuat, mengurangi noise, serta menghasilkan jejak OTDR yang lebih jelas. Hal ini memudahkan analisis kualitas jaringan feeder, khususnya pada pengukuran jarak menengah hingga jauh. Selain itu, panjang gelombang 1550 nm lebih sensitif terhadap tekukan besar (*macro bending*), umumnya terjadi akibat kabel dililit terlalu rapat atau dipaksa mengikuti belokan dengan radius kecil. Sementara itu, gangguan lain seperti kabel terjepit atau penataan tray yang kurang rapi lebih mengarah pada *micro bending*, yang juga dapat menimbulkan redaman meskipun dalam skala lebih kecil. Gangguan tersebut dapat memicu terjadinya intermiten pada jaringan [13], [14].

Gambar 3 merupakan hasil pengukuran *link* fiber optik menggunakan OTDR yang menunjukkan bahwa panjang kabel feeder dari ODF rak O.A hingga ODC(FBC) yang ada di wilayah Kopo sekitar 7,33 km dengan total *loss* 8,724 dB. Pada grafik yang ditampilkan oleh OTDR, terdapat 6 *event* yang terdeteksi. *Event* tersebut dapat disebabkan oleh berbagai jenis redaman di antaranya yaitu konektor, *splicing*, *bending*, *splitter*, ataupun titik putus.

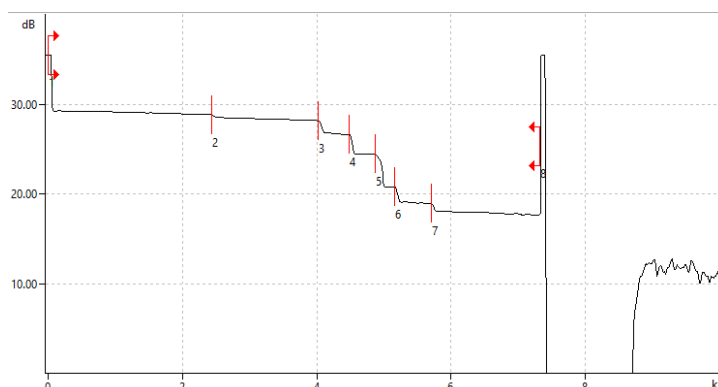
Berdasarkan hasil ukur OTDR, dapat diketahui jumlah redaman yang ada pada kabel jaringan dengan mencari tahu seberapa besar jumlah redaman kabel setiap kilo meternya.

$$a = \frac{8,724dB}{7,33km} = 1,19dB/km$$

Jumlah redaman kabel per kilo meter pada jaringan yang ada di lapangan sejumlah 1,19dB/km, sedangkan standarisasi redaman kabel perkilometer yang diukur menggunakan Panjang gelombang 1550 nm yaitu 0,25dB/km sehingga total redaman perkilomernya cukup tinggi. Total redaman tinggi tersebut menunjukkan adanya gangguan tambahan selain redaman material.

Jenis *event* yang dihasilkan pada grafik OTDR dapat diketahui melalui bentuk grafik yang tergambar. Secara umum, terdapat dua pola utama bentuk grafik yang dapat diidentifikasi, yaitu grafik naik yang biasanya disebabkan oleh konektor, *splitter*, atau titik putus, serta grafik turun

yang biasanya disebabkan oleh *splicing* ataupun *bending*. Pada Gambar 3 grafik yang dihasilkan dari pengukuran *link* menunjukkan pola grafik turun, sehingga *event* tersebut terjadi akibat *splicing* atau *bending*. Berdasarkan hasil identifikasi pada Gambar 4, diperoleh sejumlah *event* yang muncul sepanjang jalur *fiber*. *Event* pertama merupakan titik *begin of fiber*, *event* kedua muncul pada jarak 2,446 km dengan *loss* 0,28dB, *event* ketiga pada jarak 4,030 km dengan *loss* 1,16 dB, *event* keempat pada jarak 4,492 km dengan *loss* 2,15 dB, *event* kelima pada jarak 4,874 km dengan *loss* 0,78 dB, *event* keenam pada jarak 5,168km dengan *loss* 1,68 dB, *event* ketujuh pada jarak 5,708 km dengan *loss* 0,84 dB, dan *event* kedelapan merupakan titik *end of fiber* pada jarak 7,33 km.



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran pada OTDR dengan titik *event*.

3.1 Perhitungan *Power Link Budget*

Perhitungan *power link budget* dilakukan untuk mengetahui standar redaman maksimum pada kabel feeder yang menghubungkan ODF rak O.A pada FTB 1 *core* 4 hingga ODC(FBC) yang ada di wilayah Kopo dengan memerhatikan jarak kabel, komponen penghasil redaman yang terpasang, serta standar redaman dari setiap masing-masing komponen. Komponen jaringan tersebut meliputi 1 konektor dan 1 sambungan pada ODF rak O.A, kabel feeder sepanjang 7,33 Km, enam *join closure* dengan total 6 sambungan, serta 1 konektor dan 1 sambungan pada perangkat ODC(FBC).

Tabel 3 merupakan nilai dari setiap parameter yang digunakan untuk melakukan perhitungan *power link budget* berdasarkan standarisasi komponen dan jumlah dari setiap komponen yang digunakan pada jaringan.

Tabel 3 Parameter perhitungan *power link budget*.

Parameter	Nilai	Satuan/Keterangan
Jarak/panjang kabel (L)	7,33	km
Redaman kabel (a_{serat})	0,25	dB/km
Jumlah konektor (N_c)	2	buah
Redaman konektor (a_c)	0,25	dB per konektor
Jumlah sambungan (N_s)	8	buah
Redaman sambungan (a_s)	0,1	dB per sambungan

Perhitungan *power link budget* :

$$\begin{aligned}
 \text{Redaman total } (a_{total}) &= (L \times a_{serat}) + (N_c \times a_c) + (N_s \times a_s) \\
 a_{total} &= (7,33 \times 0,25) + (2 \times 0,25) + (8 \times 0,1) \\
 a_{total} &= 1,83 + 0,5 + 0,8 \\
 a_{total} &= 3,13 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *power link budget*, standar redaman maksimum yang ada pada kabel feeder yang terhubung dari ODF rak O.A FTB 1 *core* 4 hingga ODC(FBC) sebesar 3,13dB.

3.2 Perbandingan Nilai Redaman yang Dihasilkan

Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai redaman yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan OTDR dan hasil perhitungan *power link budget*. Berdasarkan data pada tabel, jaringan dari ODF rak O.A FTB 1 core 4 hingga ODC(FBC) di wilayah Kopo memiliki nilai redaman lebih tinggi dibandingkan standar redaman maksimum yang telah ditentukan melalui perhitungan *power link budget*. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan tersebut berada dalam kondisi *unspek* sehingga perlu dilakukannya perbaikan jaringan agar kembali optimal.

Tabel 4. Perbandingan nilai redaman.

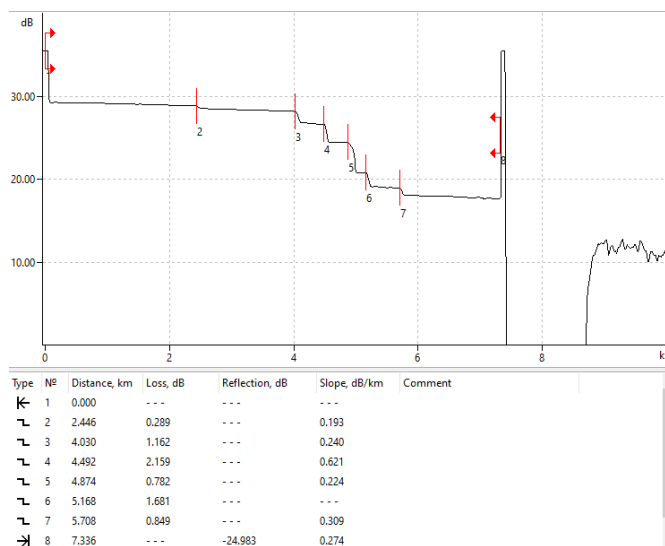
Lokasi/Segmen	Hasil Pengukuran OTDR	Hasil Perhitungan <i>Power Link Budget</i>	Keterangan
Kabel <i>feeder</i> pada ODF rak O.A FTB 1 core 4 hingga ODC(FBC) di wilayah Kopo	8,72 dB	3,13 dB	Unspek (tidak sesuai spesifikasi redaman)

3.3 Mengidentifikasi Potensi dan Titik Kerugian Daya (*losses*) yang Terjadi pada Jaringan

Gambar 4 merupakan grafik OTDR hasil pengukuran yang menampilkan jarak serta nilai *loss* pada setiap *event*. Terdapat 8 *event* yang ditandai pada grafik, *event* 1 ditandai sebagai *begin of fiber* dan *event* 8 ditandai sebagai *end of fiber*, sementara 6 *event* lainnya disebabkan oleh gangguan sambungan atau bending pada jaringan sesuai dengan pola grafik turun ke bawah pada OTDR. Untuk mengetahui berapa besar total *loss* akibat *event* yang terdeteksi dapat dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan keenam *event*.

$$\text{Total loss event} = 0,28\text{dB} + 1,16\text{dB} + 2,15\text{dB} + 0,78\text{dB} + 1,68\text{dB} + 0,84\text{dB} = 6,89\text{dB}$$

$$\text{Total loss jaringan feeder} = 8,72\text{dB}$$



Gambar 4 Grafik hasil pengukuran OTDR dengan identifikasi *event* dan perkiraan jarak.

Selisih antara total *loss* jaringan feeder dan total *loss event* yaitu 1,83dB, hasil dari selisih tersebut merupakan *loss* terdistribusi sepanjang serat (*attenuation* per km). Untuk membuktikan 1,83dB merupakan total *loss* sepanjang serat dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Attenuation serat} = \frac{1,83\text{dB}}{7,33\text{km}} = 0,249\text{dB/km}$$

Attenuation serat pada jaringan feeder 0,249dB/km sama dengan nilai standarisasi kabel berdasarkan spesifikasi PT. Telkom Akses yang mengacu pada ITU-T G.652 yaitu 0,25dB/km untuk serat *single-mode* pada gelombang 1550nm. Total *loss* dari *event* 2-7 yaitu 6,89dB sehingga 79% dari total *loss* pada jaringan disebabkan oleh 6 *event* yang terdeteksi akibat sambungan dan bending pada jaringan *feeder*.

Tabel 5 merupakan hasil analisis dari *event* yang ada pada pengukuran. Berdasarkan hasil analisis, *event* yang terjadi disebabkan oleh sambungan dan *bending*, ditandai dengan grafik pola turun pada tampilan grafik hasil pengukuran OTDR. Untuk mengetahui apakah *event* tersebut termasuk dalam spesifikasi (*spek*) atau tidak (*unspek*), digunakan standar redaman maksimum sambungan 0,1 dB sehingga semua *event* yang terdeteksi dinyatakan *unspek*. Redaman yang cukup tinggi bisa terjadi akibat tekukan kabel yang parah, sehingga perlu adanya perbaikan dalam penataan kabel. Pada *event* 2, *event* 5, dan *event* 7 *loss* terjadi akibat sambungan yang kurang baik karena melebihi standar redaman maksimum sambungan sesuai ketentuan PT. Telkom Akses. Sedangkan pada *event* 3, *event* 4, dan *event* 6 disebabkan oleh bending karena *loss* yang terdeteksi cukup tinggi. Jarak antar *event* diperkirakan kurang lebih setiap 400 m.

Hasil pengukuran OTDR tidak dapat dianggap sebagai nilai mutlak karena sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter alat, seperti *Index of Refraction* (IOR), *pulse width*, dan sistem *averaging*. Kondisi ini membuat OTDR tidak memiliki nilai toleransi yang benar-benar pasti. Akibatnya, akurasi jarak terutama dalam menentukan posisi *event* tidak selalu sesuai dengan lokasi fisik di lapangan. Selain itu, struktur serat optik di dalam kabel yang berbentuk heliks (*helix factor*) menyebabkan panjang serat sedikit lebih panjang dari pada panjang fisik kabel, sehingga jarak *event* yang terdeteksi pada OTDR dapat mengalami sedikit pergeseran ketika di lapangan [11].

Tabel 5. *Event* yang terdeteksi pada OTDR.

No. <i>Event</i>	Jarak	<i>Loss</i>	Jenis <i>Event</i> (Perkiraan)	Redaman Maksimum Sambungan	Kondisi Sambungan
2	2,446 km	0,28 dB	Sambungan	0,1 dB	Unspek
3	4,030 km	1,16 dB	Sambungan dan Bending	0,1 dB	Unspek
4	4,492 km	2,15 dB	Sambungan dan Bending	0,1 dB	Unspek
5	4,874 km	0,78 dB	Sambungan	0,1 dB	Unspek
6	5,168 km	1,68 dB	Sambungan dan Bending	0,1 dB	Unspek
7	5,708 km	0,84 dB	Sambungan	0,1 dB	Unspek

Pada segmen A dalam pemasangan kabel *feeder* terdapat *joint closure* yang digunakan untuk menghubungkan antar kabel feeder di bawah tanah. Pemasangan *joint closure* memiliki standar tersendiri. Umumnya standar yang digunakan oleh PT. Telkom Akses, *joint closure* dipasang kurang lebih setiap 3 km. Namun berdasarkan hasil pengukuran OTDR jarak antar *event* tidak lebih dari 1 km sehingga dapat dikatakan cukup berdekatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemasangan *joint closure* pada jaringan ini tidak sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku dikarenakan rusaknya kebel feeder di beberapa lokasi akibat aktivitas galian dari proyek pemasangan kabel bawah tanah lain. Berdasarkan analisis tersebut *event* yang terdeteksi oleh OTDR pada penelitian ini disebabkan oleh sambungan dan *bending* pada serat kabel di dalam *joint closure*. Banyaknya pemasangan dan kerusakan sambungan pada *joint closure* di beberapa titik sepanjang kabel feeder menyebabkan jumlah redaman meningkat. Kondisi ini sejalan dengan temuan penelitian terdahulu yang menganalisis kualitas jaringan fiber optik menggunakan alat ukur OTDR di sekitar daerah pasar Cipulir untuk optimalisasi jaringan yang menjelaskan bahwa nilai redaman yang signifikan beberapa penyebabnya dipicu oleh sambungan yang tidak optimal, bending, serta degradasi kecil yang tersebar di sepanjang jalur serat optik [6]. Perbaikan bisa dilakukan dengan memperbaiki kerapihan kabel yang ada apa ODC dan *joint closure* untuk memperbaiki *bending*. Penyambungan ulang pada titik *event* yang terdeteksi dapat dilakukan dengan memaksimalkan sambungan berada dalam rentang 0,03dB – 0,05dB agar kualitas jaringan kembali maksimal.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemeriksaan kualitas jaringan serat optik secara berkala sangat penting untuk mendeteksi potensi gangguan sejak awal. Pemeriksaan jaringan menggunakan OTDR bukan hanya untuk mengukur panjang jalur atau besaran redaman, tetapi sebagai dasar pengambilan keputusan perbaikan jaringan lebih cepat dan tepat sebelum gangguan berdampak luas terhadap layanan.

Temuan pada studi kasus wilayah Kopo menunjukkan ketidaksesuaian antara hasil pengukuran lapangan dan perhitungan *power link budget* harus menjadi indikator evaluasi menyeluruh terhadap instalasi, khususnya pada titik-titik sambungan dan area rentan bending. Oleh karena itu, pemeriksaan rutin dengan OTDR yang dianalisis bersama hasil perhitungan *power-link budget* perlu diterapkan sebagai bagian dari mekanisme pengawasan kualitas jaringan, sehingga degradasi dapat teridentifikasi lebih awal dan layanan internet tetap berjalan optimal tanpa gangguan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Bapak Rizki Surya Prayogo, Bapak Angga Nugraha Pratama, dan Bapak Dudung Alamsyah yang telah memberikan bantuan serta dukungan selama proses penelitian ini berlangsung, sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

KONFLIK KEPENTINGAN

Naskah ini disusun sebagai bagian dari persyaratan akademis untuk penyelesaian studi penulis. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

REFERENSI

- [1] Z. Abdellaoui, Y. Dieudonne, and A. Aleya, "Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON," *Array*, vol. 10, p. 100058, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.array.2021.100058.
- [2] M. S. Ab-Rahman, A. M. Ridzuan, I. H. Kaharudin, and I.-S. Hwang, "Real time FTTH network monitoring using binary coded fiber Bragg grating," *Optik*, vol. 251, p. 168408, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.ijleo.2021.168408.
- [3] D. Kim, "A 2020 perspective on 'A dynamic model for the evolution of the next generation Internet – Implications for network policies': Towards a balanced perspective on the Internet's role in the 5G and Industry 4.0 era," *Electron. Commer. Res. Appl.*, vol. 41, p. 100966, May 2020, doi: 10.1016/j.elerap.2020.100966.
- [4] D. AlQahtani and F. El-Nahal, "Coherent WDM-PON and free space optical (FSO) system for front-haul in next-generation cellular networks," *Optik*, vol. 323, p. 172212, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.ijleo.2024.172212.
- [5] T. Sasai, M. Takahashi, M. Nakamura, E. Yamazaki, and Y. Kisaka, "Linear Least Squares Estimation of Fiber-Longitudinal Optical Power Profile," *J. Light. Technol.*, vol. 42, no. 6, pp. 1955–1965, Mar. 2024, doi: 10.1109/JLT.2023.3327760.
- [6] R. Rozzaki, A. Stefanie, and J. Dwi Arya Purnama, "Analisis Kualitas Jaringan Fiber Optik Dengan Menggunakan Alat Ukur Optical Time-Domain Reflectometer (Otdr) Di Sekitar Daerah Pasar Cipulir Untuk Meningkatkan Kinerja Transmisi Data," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 5814–5819, Jun. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.10033.
- [7] Z. Ramadan, Y. Yulindon, Y. Yustini, and A. A. Asril, "Installation and Activation of Fiber To The Home (FTTH) Network Using Gigabit Passive Optical Network (GPON) Technology and Quality of Service (QoS) Analysis," *JATAED J. Appropri. Technol. Agric. Environ. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 17–24, Nov. 2024, doi: 10.62671/jataed.v2i1.62.
- [8] U. Septima, A. Yolanda, D. Chandra, and V. A. Uzhelia, "Designing Fiber Optic Network Infrastructure with FTTX Configuration Using Network Development Life Cycle (NDLC)

- Method in Solok Regency,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 5, no. 1, pp. 108–114, May 2025, doi: 10.47709/brilliance.v5i1.4708.
- [9] N. Fauziah, “Analisis Gangguan Kabel Fiber Optik Menggunakan Otdr Pada Otb Serang-Cilegon,” *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3S1, Oct. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3S1.5295.
- [10] L. Schenato *et al.*, “Enabling long-term distributed OFDR monitoring by exploiting the persistency of the Rayleigh signature,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 64, pp. 1636–1641, 2024, doi: 10.1016/j.prostr.2024.09.419.
- [11] H. Liu, T. Zhao, and M. Zhang, “OTDR Development Based on Single-Mode Fiber Fault Detection,” *Sensors*, vol. 25, no. 14, p. 4284, Jul. 2025, doi: 10.3390/s25144284.
- [12] W. Hu, J. Zhou, S. Liang, D. Tosi, and M. Yang, “OTDR signature of polymer optical fiber for deformation monitoring,” *Measurement*, vol. 253, p. 117757, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.measurement.2025.117757.
- [13] A. Goel and G. Pandey, “Design of broadband dispersion flattened fiber for DWDM system: Performance analysis using various modulation formats,” *Opt. Fiber Technol.*, vol. 42, pp. 109–118, May 2018, doi: 10.1016/j.yofte.2018.02.018.
- [14] W. W. M. M. Han and T. T. Hla, “Investigation of Macrobending Losses in Single Mode Optical Fiber,” *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 14, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.33022/ijcs.v14i2.4804.