

ANALISIS HAMBATAN AKTUAL PADA KABEL SERAT OPTIK MENGGUNAKAN OPTICAL LIGHT SOURCE (OLS) DAN OPTICAL POWER METER (OPM)

Farhan Ibnu Prabowo, Syihan Aufar Ahmad, Rafi Fadhlurrahman, Sevada Afta Wijaksana, Lela Nurpulaela, Safrian Andromeda

Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361, Indonesia
2110631160043@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Fiber optik merupakan teknologi transmisi data berkecepatan tinggi yang digunakan dalam berbagai infrastruktur jaringan. Namun, hambatan dalam kabel serat optik, seperti redaman daya akibat kualitas konektor dan kabel, dapat mempengaruhi performa jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hambatan aktual pada kabel serat optik menggunakan *Optical Light Source* (OLS) dan *Optical Power Meter* (OPM). Pengujian dilakukan dengan mengatur OLS pada panjang gelombang tertentu, mengirimkan sinyal optik melalui kabel, dan mengukur daya yang diterima menggunakan OPM untuk menghitung nilai redaman. Hasil pengukuran menunjukkan nilai loss sebesar 1,93 dB, dengan hambatan aktual sebesar 1,08 dB, yang tidak ideal untuk kabel *Patch Cord* karena seharusnya memiliki redaman kurang dari 1 dB. Faktor utama yang menyebabkan hambatan lebih tinggi dari standar adalah kualitas kabel, konektor yang kotor, serta presisi alat ukur. Dengan demikian, diperlukan pemeliharaan konektor, pemilihan kabel berkualitas tinggi, serta kalibrasi alat ukur secara berkala untuk memastikan efisiensi dan kualitas transmisi dalam jaringan fiber optik.

Kata kunci : Hambatan Aktual, *Optical Light Source*, *Optical Power Meter*, Kabel Serat Optik.

1. PENDAHULUAN

Kabel serat optik telah menjadi komponen penting dalam sistem telekomunikasi modern karena kemampuannya dalam mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi dan jarak jauh. Salah satu jenis kabel serat optik yang banyak digunakan adalah kabel patch cord, yang dirancang khusus untuk menghubungkan perangkat dalam sistem jaringan. Namun, kualitas koneksi jaringan sangat bergantung pada kondisi kabel dan konektornya. Hambatan aktual yang tinggi pada kabel serat optik dapat mengganggu performa jaringan, menyebabkan kehilangan data, dan menurunkan efisiensi transmisi.

Hambatan aktual pada kabel serat optik dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kualitas kabel, konektor yang kotor, patahan dalam instalasi, dan presisi alat ukur. Untuk mengukur hambatan aktual tersebut, perangkat OLS dan OPM sering digunakan. OLS digunakan untuk memancarkan sinyal optik, sedangkan OPM berfungsi mengukur daya optik yang diterima dan menghitung redaman daya yang terjadi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hambatan aktual pada kabel patch cord serat optik menggunakan OLS dan OPM. Analisis dilakukan dengan mengukur redaman daya yang terjadi pada kabel dan menghitung hambatan aktual berdasarkan hasil pengukuran. Perbandingan antara OLS dan OPM menjadi penting untuk menentukan efektivitas dan keakuratan masing-masing alat dalam mengukur redaman daya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai kualitas kabel serat optik serta faktor-faktor yang memengaruhi hambatan aktual, yang pada akhirnya

dapat digunakan untuk meningkatkan performa jaringan optik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fiber Optik

Fiber optik adalah sebuah media transmisi yang menggunakan serat kaca atau plastik untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari satu titik ke titik lain. Teknologi ini banyak digunakan dalam jaringan telekomunikasi karena kemampuannya dalam mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi dan jarak yang jauh [1] [2] [3].

Dibandingkan dengan kabel tembaga, fiber optik memiliki keunggulan dalam hal kecepatan, kapasitas, serta ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik. Selain itu, fiber optik memiliki tingkat keamanan yang lebih baik karena sulit untuk disadap dibandingkan dengan kabel tembaga. Hal ini membuatnya menjadi pilihan utama dalam infrastruktur jaringan modern, termasuk dalam jaringan internet, telekomunikasi, dan penyiaran [2] [5].

Fiber optik terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu inti (*core*), selubung (*cladding*), dan lapisan pelindung (*coating*). Inti fiber adalah bagian yang berfungsi sebagai jalur utama transmisi cahaya, sementara selubung berfungsi untuk menjaga agar cahaya tetap merambat di dalam inti dengan prinsip pemantulan total internal. Lapisan pelindung bertujuan untuk melindungi fiber dari kerusakan fisik akibat faktor eksternal seperti kelembaban dan tekanan mekanis [1] [2].

2.2. Patch cord

Patch cord adalah kabel fiber optik yang dilengkapi dengan konektor pada kedua ujungnya

untuk menghubungkan berbagai perangkat dalam jaringan optik, seperti OLT, ONT, atau perangkat lainnya. *Patch cord* tersedia dalam berbagai jenis berdasarkan tipe konektor (LC, SC, ST) dan mode transmisi (*single-mode* atau *multi-mode*). Pemilihan *patch cord* yang sesuai sangat penting untuk memastikan performa jaringan yang optimal [4] [7] [8].

2.3. Optical Power Meter (OPM)

Optical Power Meter (OPM) adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kekuatan atau daya optik dalam jaringan fiber optik. Alat ini biasanya digunakan oleh teknisi untuk menguji kualitas sinyal optik pada berbagai perangkat jaringan [7] [10].

OPM bekerja dengan mendeteksi jumlah daya cahaya yang ditransmisikan melalui fiber optik dan menampilkannya dalam satuan dBm atau watt [3] [7] [8].

2.4. Optical Light Source (OLS)

Optical Light Source (OLS) adalah perangkat yang digunakan untuk menghasilkan sumber cahaya dengan panjang gelombang tertentu dalam pengujian jaringan fiber optik. Biasanya, OLS digunakan bersama dengan *Optical Power Meter* untuk mengukur atenuasi atau rugi-rugi daya dalam sistem fiber optik.

Sumber cahaya yang umum digunakan dalam OLS adalah laser dan LED, tergantung pada jenis jaringan yang diuji [7] [8] [12].

2.5. Hambatan (*attenuation*)

Hambatan dalam sistem fiber optik dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti redaman (*attenuation*), dispersi, dan kebersihan konektor. Redaman terjadi akibat serapan cahaya oleh material fiber atau karena pembengkokan kabel yang berlebihan [1] [2] [3].

Dispersi dapat menyebabkan penyebaran sinyal, yang berakibat pada degradasi kualitas transmisi data. Selain itu, konektor yang kotor atau tidak sejajar dapat menyebabkan refleksi cahaya yang mengurangi efisiensi transmisi sinyal optik [5] [6] [12].

2.6. One Click Cleaner

One Click Cleaner adalah alat pembersih serat optik yang dirancang untuk membersihkan konektor optik secara mudah dan efisien. Alat ini digunakan untuk menghilangkan debu, minyak, dan kotoran lainnya yang dapat menyebabkan penurunan kualitas sinyal optik.

Dengan menggunakan *One Click Cleaner*, teknisi dapat memastikan konektor tetap dalam kondisi bersih tanpa perlu menggunakan cairan pembersih tambahan, sehingga meningkatkan keandalan sistem fiber optik [4].

2.7. Metode Pengukuran Hambatan

Metodologi pengukuran hambatan fiber optik bertujuan untuk menentukan tingkat redaman dalam

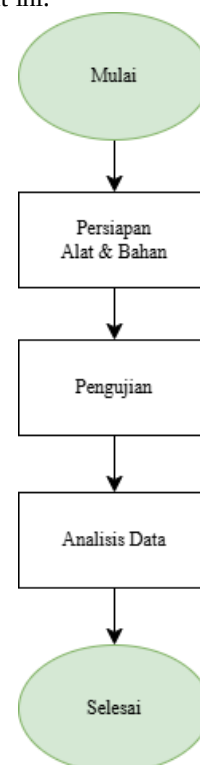
suatu sistem fiber optik. Pengukuran ini penting untuk memastikan performa jaringan tetap optimal dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pengukuran hambatan dilakukan dengan menggunakan perangkat seperti *Optical Power Meter* (OPM) dan *Optical Light Source* (OLS), serta teknik lain seperti *Optical Time-Domain Reflectometer* (OTDR) [1] [4] [13].

Langkah pertama dalam pengukuran adalah menyiapkan lingkungan pengujian yang sesuai, termasuk memastikan kebersihan konektor dan kalibrasi alat ukur. *Optical Light Source* digunakan untuk mengirimkan sinyal cahaya melalui kabel fiber optik, sementara *Optical Power Meter* berfungsi untuk mengukur daya cahaya yang diterima pada ujung lainnya. Selisih daya antara sumber dan penerima dihitung sebagai nilai redaman [9] [13].

Selain itu, penggunaan *Optical Time-Domain Reflectometer* (OTDR) memungkinkan analisis yang lebih mendetail dengan memberikan informasi mengenai titik-titik kehilangan daya dalam kabel. OTDR bekerja dengan mengirimkan pulsa cahaya ke dalam serat optik dan menganalisis pantulan cahaya untuk mengidentifikasi lokasi sambungan, konektor, atau titik gangguan lainnya yang dapat menyebabkan hambatan dalam transmisi sinyal optik [11] [13] [14].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi hambatan aktual pada kabel *patch cord* serat optik dengan menggunakan perangkat OLS dan OPM. Metode penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, pengujian, analisis data seperti pada Gambar 1 diagram alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

3.1. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahapan ini terdapat beberapa hal yang dilakukan seperti berikut ini:

- Menghitung nilai hambatan total dari objek *patch cord* yang akan diuji.
- Mempersiapkan kabel *Patch Cord*, OLS, OPM, dan *One Click Cleaner*.
- Memastikan perangkat dalam kondisi baik, OPM serta OLS memiliki daya baterai yang cukup.
- Membersihkan ke dua ujung konektor pada kabel *patch cord*.

3.2. Pengujian

Langkah-langkah pengujian dilakukan sebagai berikut:

- Menghidupkan OLS kemudian mengatur frekuensi pancar di 1310 nm, dengan mode *continuous wave* (CW).
- Menghidupkan OPM diikuti dengan mengatur frekuensi sesuai dengan pengaturan di OLS yaitu 1310 nm.
- Menghubungkan ke dua konektor *patch cord* masing-masing ke *port* OLS dan OPM.
- Mencatat daya optik yang dipancarkan OLS (PTx) dan daya yang diterima OPM (PRx).

3.3. Analisis Data

Analisa yang dilakukan dalam seperti berikut ini:

- Menghitung nilai redaman daya atau hambatan yang didapat dengan formula berikut:

$$Loss = PTx - PRx \quad (1)$$
- Membandingkan hasil pengukuran alat (aktual) dengan nilai hambatan total yang dapat diperoleh dengan menghitung jumlah redaman kabel secara manual [3] [4].
- Nilai hambatan aktual seharusnya tidak melebihi nilai hambatan total pada sebuah perhitungan fiber optik [1] [4]. Dapat dirumuskan seperti berikut:

$$Loss \text{ Aktual} > Loss \text{ Total} \quad (2)$$

Mengevaluasi faktor yang dapat mempengaruhi hambatan aktual.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung Hambatan Total

Sebelum melakukan percobaan lebih jauh, hal utama yang harus diketahui adalah menghitung hambatan total pada sebuah kabel *patch cord*. Hambatan total dapat terlihat pada tabel 1.

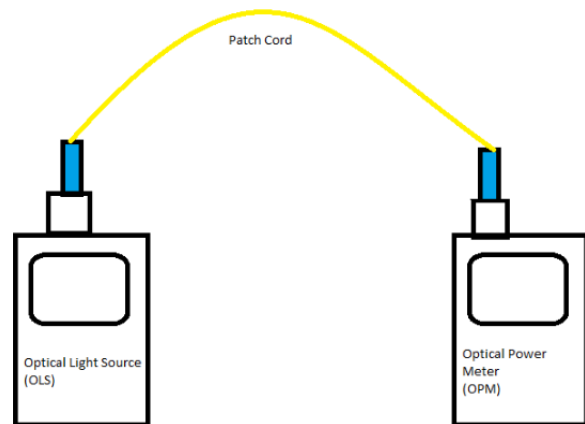
Tabel 1. Nilai hambatan total *Patch Cord*

Patch Cord Fiber Optic			
Komponen	Jumlah	Hambatan	Total
Konektor	2 buah	0,25 dB / Konektor	0,5 dB
Kabel	1 meter	0,35 dB / km	0,00035 dB
Sambungan	0	0,1 dB / Sambungan	0 dB
Total			0,50035 dB

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel tersebut dapat dipastikan bahwa hambatan pada sebuah kabel *Patch Cord* dengan panjang 1 meter ialah <1dB.

4.2. Persiapan dan Penyesuaian

Setelah mengetahui nilai hambatan total pada sebuah *Patch Cord*, kemudian proses pengukuran menggunakan alat dapat dilakukan. Topologi pengukuran yang dilakukan adalah dengan menggunakan kabel *Patch Cord* yang dihubungkan dengan OLS sebagai sumber dayanya ke sebuah OPM sebagai media pembaca besaran daya yang dikirimkan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Topologi Pengukuran *Patch Cord*.

Siapkan kabel *Patch Cord* yang akan di ukur terlihat pada Gambar 3. OLS sebagai sumber pancaran daya pada Gambar 4. OPM sebagai media pembaca besaran daya yang dikirimkan OLS seperti Gambar 5. Tidak lupa *One Click Cleaner* untuk membersihkan konektor pada *Patch Cord* seperti Gambar 6 agar hasil pengukuran optimal.



Gambar 3. Kabel *Patch Cord*.



Gambar 4. Optical Light Source (OLS).

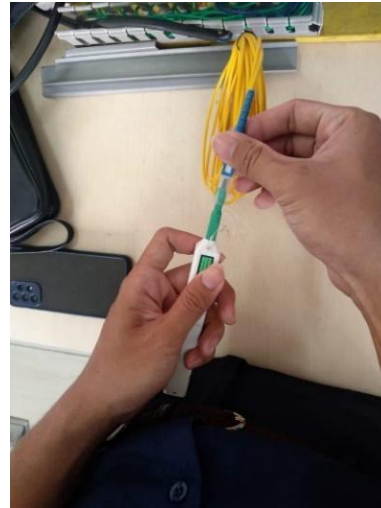


Gambar 5. Optical Power Meter (OPM).



Gambar 6. One Click Cleaner (Pembersih Konektor).

Setelah semua kebutuhan perlengkapan telah siap, dilanjutkan dengan memasuki tahapan pengukuran. Langkah pengukuran diawali dengan membersihkan kedua ujung *Patch Cord* dengan one click cleaner, untuk memastikan kondisi konektor *Patch Cord* dalam keadaan bersih seperti pada Gambar 4.

Gambar 7. Pembersihan Konektor *Patch Cord* dengan One Click Cleaner.

4.3. Pengujian dengan OLS dan OPM

Setelah dilakukan pembersihan, kedua konektor *Patch Cord* dapat dihubungkan ke masing-masing alat bantu ukur yaitu OLS dan OPM, kemudian dilakukan penyesuaian pengaturan pada OLS dengan ketentuan frekuensi 1310 nm, dan gelombang CW atau gelombang 0hz. Untuk OPM penerapan pengaturan disesuaikan dengan OLS yaitu frekuensi 1310 nm, dan satuan yang digunakan adalah dBm. Setelah pengaturan diterapkan kepada OLS dan OPM maka hasil daya akan terlihat di kedua layar yang terdapat pada masing-masing alat tersebut seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Gambar 8. Pengukuran *Patch Cord* Dengan OLS dan OPM Percobaan 1.



Gambar 9. Pengukuran Patch Cord Dengan OLS dan OPM Percobaan 2.

4.4. Analisa Data

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan sebagai Table 2 & Tabel 3 seperti berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Patch Cord Dengan OLS dan OPM Percobaan 1

Perangkat	Hasil
OLS (PTx)	-04,92 dBm
OPM (PRx)	-05,61 dBm
Hasil Loss	0,69 dB

Setelah didapatkan hasil loss yang diperoleh dari pengukuran OLS dan OPM, maka dapat dihitung hambatan aktualnya dengan rumus (1) dan didapatkan hasil berikut:

$$\begin{aligned} \text{Loss} &= -04,92 - -05,61 \\ \text{Loss} &= 0,69 \text{ dB} \end{aligned}$$

Selanjutnya kita bandingkan hasil hambatan aktual dengan hambatan total yang telah dihitung sebelumnya pada Tabel 1. Kemudian gunakan ketentuan rumus (2) untuk membandingkannya

Maka:

$$0,69 \text{ dB} > 0,50035 \text{ dB}$$

Dengan nilai hambatan total yang didapatkan pada Tabel 1 dan hambatan aktual pada Tabel 2 maka hasil yang didapatkan adalah nilai hambatan aktual lebih besar dari nilai hambatan total dan dapat dikatakan tidak ideal. Meskipun demikian nilai selisish kedua hambatan tersebut tidak terpaut 1dB sehingga kabel patch cord masih dapat digunakan dengan optimal.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Patch Cord Dengan OLS dan OPM Percobaan 2

Perangkat	Hasil
OLS (PTx)	-04,96 dBm
OPM (PRx)	-06,89 dBm
Hasil Loss	1,93 dB

Setelah didapatkan hasil loss yang diperoleh dari pengukuran OLS dan OPM, maka dapat dihitung hambatan aktualnya dengan rumus (1) dan didapatkan hasil berikut:

$$\begin{aligned} \text{Loss} &= -04,96 - -06,89 \\ \text{Loss} &= 1,93 \text{ dB} \end{aligned}$$

Selanjutnya kita bandingkan hasil hambatan aktual dengan hambatan total yang telah dihitung sebelumnya pada Tabel 1. Kemudian gunakan ketentuan rumus (2) untuk membandingkannya

Maka:

$$1,93 \text{ dB} > 0,50035 \text{ dB}$$

Dengan nilai hambatan total yang didapatkan pada Tabel 1 dan hambatan aktual pada Tabel 3 maka hasil yang didapatkan adalah nilai hambatan aktual lebih besar dari nilai hambatan total dan dapat dikatakan tidak ideal. Hal ini mengindikasikan terjadinya hambatan berlebih pada sebuah kabel fiber optik yang seharusnya hambatan aktual tidak melebihi hambatan total yang telah dihitung sebelumnya.

4.5. Evaluasi

Hasil pengukuran tersebut menandakan bahwa kabel Patch Cord memiliki hambatan yang tidak ideal. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil tidak idealnya pengukuran hambatan aktual adalah sebagai berikut:

- Kualitas Patch Cord buruk
- Konektor kotor
- Konektor rusak
- Port pada alat ukur tidak presisi
- Baterai pada OLS lemah
- Akurasi dan kualitas alat ukur yang dipengaruhi usia.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, hambatan aktual pada kabel Patch Cord serat optik yang diukur adalah sebesar 1,43 dB. Nilai ini melebihi standar ideal untuk Patch Cord, yaitu kurang dari 1 dB. Perhitungan menunjukkan bahwa redaman daya total yang terukur terdiri dari hambatan kabel dan konektor, dengan kontribusi terbesar berasal dari konektor yang tidak bersih dan kualitas kabel. Faktor seperti presisi alat ukur juga memengaruhi hasil pengukuran. Hal ini menegaskan pentingnya pemeliharaan kualitas konektor dan kabel untuk menjaga performa jaringan serat optik. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan perhitungan hambatan aktual yang lebih mendalam seperti dengan menambahkan splitter serta beberapa kombinasi komponen pasif lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Rahmatulloh, D. Hanto, M. Yantidewi, N. A. Rianaris, and N. R. A. Firdaus, "Analisis Redaman Fiber Optik dengan Menggunakan Pemodelan Software Optisystem," Jurnal Kolaboratif Sains, vol. 6, no. 7, pp. 630–639, Jul. 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3795.

- [2] M. K. Nurwijaya, "ANALISIS GANGGUAN DAN IDENTIFIKASI KABEL FIBER OPTIC MENGGUNAKAN OTDR DI OTB CIREBON-BREBES R4," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4263.
- [3] N. H. Santosa and Y. A. F, "PERBAIKAN SINYAL DENGAN METODE PENGUKURAN TITIK PUTUS DAN PENYAMBUNGAN KABEL FIBER OPTIK PADA BTS SUB376-SANCASUBANG," *Infotronik Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, vol. 7, no. 1, p. 33, Jun. 2022, doi: 10.32897/infotronik.2022.7.1.1429.
- [4] J. Juwari, P. Jayadi, and K. Sussolaikah, "Analisis Redaman Kabel fiber optic *Patch Cord* Single core," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 2, p. 202, Apr. 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i2.3950.
- [5] S. Ridho, A. N. A. Yusuf, S. Andra, D. N. S. Sirin, and C. Apriono, "Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban (Fiber to the Home (FTTH) Network Design at Housing in Urban Areas)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 9, no. 1, pp. 94–103, Feb. 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i1.138.
- [6] A. Yuhaneef, A. A. Asril, and D. O. Yanti, "Perancangan dan Analisis Kinerja Jaringan Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Menggunakan Software OptiSystem," *JTEIN Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.407.
- [7] Firmansyah, H., Asril, A. A., Yustini, Y., & Berli, A. U. (2025). PEMBUATAN MODUL TRAINER JARINGAN KABEL FIBER OPTIK DAN PENGUKURAN REDAMAN KABEL FIBER OPTIK TIPE KABEL SINGLE MODE DENGAN PENAMBAHAN PASSIVE SPLITTER 1: 8. *Rang Teknik Journal*, 8(1), 137-143.
- [8] H. N. R. A. K and N. W. K, "Analisis redaman pada sistem fiber optic akibat adanya penambahan ST-Adapter," *Prosiding - Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, pp. 308–314, Mar. 2020, [Online]. Available: <https://senter.ee.uinsgd.ac.id/repositori/index.php/prosiding/article/view/senter2019p34>
- [9] A. A. Nugroho, D. Pranindito, and E. Wahyudi, "Implementasi dan Analisis Jaringan Fiber to The Tower dengan Menggunakan Teknologi GPON," *Dinamika Rekayasa*, vol. 19, no. 2, p. 119, Aug. 2023, doi: 10.20884/1.dr.2023.19.2.1463.
- [10] A. R. Utami, D. Rahmayanti, and Z. Azyati, "Analisa performansi jaringan telekomunikasi fiber to the home (FTTH) menggunakan metode Power Link Budget pada Kluster Bhumi Nirwana Balikpapan Utara," *CIRCUIT Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, p. 67, Feb. 2022, doi: 10.22373/crc.v6i1.11841.
- [11] M. Fani and D. Octamilanov, "Implementasi jaringan dan uji kelayakan Fiber to the Home (FTTH) pada Cluster Rananta," *JOURNAL OF APPLIED MULTIMEDIA AND NETWORKING*, vol. 8, no. 1, pp. 101–111, Aug. 2024, doi: 10.30871/jamn.v8i1.7952.
- [12] D. Dunggio, B. P. Asmara, and S. Abdussamad, "Perancangan jaringan distribusi FTTH menggunakan teknologi GPON di Perumahan Griya Dulomo Indah," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 28–33, Jul. 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i2.10073.
- [13] P. Muliandhi, E. H. Faradiba, and B. A. Nugroho, "Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang," *eLEKTRIKA*, vol. 12, no. 1, p. 7, Jun. 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.1977.
- [14] N. D. A. Rachman, N. Y. Muhyidin, and N. M. A. Sunandar, "ANALISIS KUALITAS LAYANAN JARINGAN INTERNET FIBER TO THE HOME PT. XYZ MENGGUNAKAN WIRESHARK," *STORAGE Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 214–222, Nov. 2023, doi: 10.55123/storage.v2i4.2531.