

MODEL DAN IMPLEMENTASI JARINGAN *FIBER TO THE HOME* DI DESA ARJASARI BERBASIS *ETHERNET PASSIVE OPTICAL* *NETWORK (EPON)*

Muhammad Randi Alwi¹, Iwan Kustiawan², Nurul Fahmi Arief Hakim³
^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia

¹ korespondensi: mrandialwi@gmail.com

ABSTRACT

Utilizing the internet holds significant importance across various sectors, including government, businesses, education, and micro, small, and medium enterprises (MSMEs). To ensure widespread and adequate access, it is crucial to establish infrastructure and foster collaboration with internet service providers. Access to a stable internet connection is a fundamental right for communities in diverse regions, including Arjasari Village in Bandung Regency. This locality faces internet accessibility challenges due to being categorized as a coverage gap area. This study aims to devise and execute an Ethernet Passive Optical Network (EPON)-based Fiber to the Home (FTTH) network within Arjasari Village. The methodology encompasses several stages, beginning with the creation of a simulation model for attenuation testing using optisystem software. Subsequently, the model is applied to the Arjasari area, where attenuation testing is performed at four key measurement points: Optical Line Terminal (OLT), Optical Distribution Cabinet (ODC), Optical Distribution Point (ODP), and customer premises. In terms of network Quality of Service (QoS) testing, the results demonstrate a throughput of 480.55 Kbps, no packet loss, a delay of 17.68 ms, and a jitter of 15.15 ms. The implementation of this network has been successfully executed, displaying stable attenuation values and achieving satisfactory QoS levels in accordance with TIPHON standards.

Keywords: Ethernet Passive Optical Network, Fiber to the Home, Optisystem, QoS

ABSTRAK

Pemanfaatan Internet mempunyai arti penting di berbagai sektor, termasuk pemerintahan, dunia usaha, pendidikan, dan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Untuk memastikan akses yang luas dan memadai, penting untuk membangun infrastruktur dan membina kolaborasi dengan penyedia layanan Internet. Akses terhadap koneksi internet yang stabil merupakan hak mendasar bagi masyarakat di berbagai daerah, termasuk Desa Arjasari di Kabupaten Bandung. Wilayah ini menghadapi tantangan aksesibilitas internet karena dikategorikan sebagai wilayah kesenjangan jangkauan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengeksekusi jaringan Fiber to the Home (FTTH) berbasis Ethernet Passive Optical Network (EPON) di Desa Arjasari. Metodologinya meliputi beberapa tahapan, diawali dengan pembuatan model simulasi pengujian atenuasi menggunakan software Optisystem. Selanjutnya model tersebut diterapkan di kawasan Arjasari, di mana pengujian atenuasi dilakukan pada empat titik pengukuran utama: Optical Line Terminal (OLT), Optical Distribution Cabinet (ODC), Optical Distribution Point (ODP), dan lokasi pelanggan. Dari segi pengujian Quality of Service (QoS) jaringan, hasilnya menunjukkan throughput sebesar 480,55 Kbps, tidak ada packet loss, delay sebesar 17,68 ms, dan jitter sebesar 15,15 ms. Implementasi jaringan ini telah berhasil dijalankan, menunjukkan nilai atenuasi yang stabil dan mencapai tingkat QoS yang memuaskan sesuai standar TIPHON. Kata Kunci: Ethernet Passive Optical Network, Fiber to the Home, Optisystem, QoS

PENDAHULUAN

Daerah pedesaan sering menghadapi tantangan terkait terbatasnya akses terhadap internet berkecepatan tinggi dan dapat diandalkan, sehingga menghambat perkembangan sosial ekonomi mereka (1, 2). Teknologi *Fiber to the Home* (FTTH), yang menyalurkan internet *bandwidth* tinggi

langsung ke rumah melalui kabel serat optik, menawarkan solusi menarik (3). Infrastruktur dan kemitraan dengan penyelenggara internet sangat diperlukan agar seluruh daerah dapat mendapatkan akses internet yang memadai. Adapun Infrastruktur yang diperlukan untuk penyediaan internet antara lain adalah *Optical Line Terminal* (OLT), *router*, tiang kabel, dan

mikrotik(3–5). Pemasangannya pun tidak lekat dari beberapa kendala seperti media distribusi yang bermasalah dan *ping* yang kurang stabil (6). Untuk mengatasinya, terdapat beberapa cara yang dapat digunakan guna mendapatkan jaringan internet yang stabil. Pertama, adalah dengan menggunakan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). GPON merupakan teknologi FTTH yang dapat mengirimkan informasi menuju pelanggan melalui kabel fiber optik menggunakan standar ITU-T G.984 (7). Kedua, adalah dengan merancang jaringan *fiber to the home* (FTTH). Namun, sayangnya metode ini belum banyak diimplementasikan di lapangan dan hanya sebatas sebuah rancangan (8).

Salah satu penelitian terkait FTTH telah dilakukan dengan merancang simulasi FTTH menggunakan aplikasi *Optisystem*. Namun, lokasi penelitian belum sepenuhnya menjangkau seluruh daerah karena masih berfokus untuk daerah perkotaan dengan menggunakan *optisystem* sehingga belum teruji secara langsung (9).

Penelitian lainnya yang sudah diterapkan adalah Implementasi Jaringan *Fiber to The Home* (FTTH) dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON), untuk mengelola dan memberikan layanan terkait multimedia seperti suara, video, gambar, data dan beragam konten yang menggunakan audio visual lainnya. Sayangnya penelitian tersebut masih memiliki hasil nilai redaman yang tinggi (10).

Pada dasarnya, implementasi FTTH dengan GPON ini akan sangat membantu kebutuhan internet masyarakat yang tinggal di daerah pedesaan. Namun pemasangan GPON di daerah tersebut seringkali memiliki beberapa kendala salah satunya rangkaiannya yang sulit untuk diinstalasi dan biaya yang jauh lebih mahal (11). Alternatif lainnya yang bisa dipilih adalah dengan penggunaan *Ethernet Passive Optical Network* (EPON) yang memiliki kelebihan kemudahan dalam pemasangan dan biaya penyediaan infrastruktur yang jauh lebih terjangkau bagi masyarakat desa (12). Kondisi ini juga terjadi di daerah Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Desa Arjasari dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan salah satu daerah di Kabupaten Bandung yang teridentifikasi sebagai *blank spot* atau daerah tanpa akses internet yang memadai (13). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan konektivitas digital, baik untuk keperluan bisnis *online* maupun pembelajaran daring, keberadaan *blank spot* ini menjadi hambatan signifikan bagi perkembangan sosial dan ekonomi masyarakat setempat. Dengan membangun jaringan di Desa Arjasari, diharapkan dapat memberikan akses yang lebih luas dan memadai kepada masyarakat, mendukung bisnis lokal, dan memfasilitasi proses pembelajaran di era digital. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki dampak teknis, tetapi juga bersifat sosial dan ekonomi dalam memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Arjasari. Berdasarkan penjelasan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya,

pada tulisan ini akan membahas tentang implementasi jaringan FTTH di Desa Arjasari Berbasis EPON. Proses perancangan dan implementasi jaringan FTTH di Desa Arjasari dilakukan dengan simulasi pengujian redaman pada *Optisystem* dan pengujian pada lapangan.

METODE

Proses penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode eksperimen. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Tahap pertama dimulai dengan studi literatur, pengumpulan informasi, teori, hingga perkembangan hasil riset yang dapat menjadi referensi penelitian. Selanjutnya, dilakukan survei lokasi guna menentukan titik peletakan perangkat jaringan FTTH yang kemudian melakukan perancangan jaringan FTTH menggunakan Google Maps dan menentukan jarak antara server ke *user*.

Berikutnya, dilakukan analisis kebutuhan trafik layanan untuk mengetahui berapa banyak *bandwidth* yang dibutuhkan guna menentukan jenis dan jumlah yang perangkat yang akan digunakan. Setelah itu, menentukan

lokasi setiap perangkat mulai dari OLT, *Optical Distribution Cabinet* (ODC), *Optical Distribution Point* (ODP), dan berakhir pada *user*.

Proses perhitungan *link budget* dan *rise time* dilakukan untuk bisa mencapai standar TIPHON. Jika perhitungan kedua nilai tersebut belum memenuhi standar, maka akan ditelaah kembali dari penentuan jenis dan jumlah perangkat untuk menentukan jenis dan jumlah yang lebih sesuai. Jika nilai tersebut sudah sesuai standar, maka internet pun bisa langsung digunakan oleh *user*.

Parameter TIPHON yang digunakan:

1. *Throughput*

Throughput dapat didefinisikan sebagai kecepatan efektif transfer data, diukur dalam bps (bit per detik). Ini mencerminkan total paket data yang berhasil tiba di tujuan selama suatu interval waktu, dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Dengan kata lain, *throughput* mencerminkan efisiensi keberhasilan transfer data dalam suatu jaringan selama periode waktu tertentu. Semakin besar nilai *throughput*, semakin tinggi kecepatan transfer data yang berhasil dicapai.

Tabel 1: *Throughput* Standar TIPHON

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Baik	> 100	4
Baik	75	3
Kurang Baik	50	2
Tidak Baik	< 25	1

2. *Delay (latency)*

Delay merujuk pada waktu yang dibutuhkan oleh data untuk mencapai tujuan dari titik awalnya dalam suatu jaringan. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi *delay* meliputi jarak

geografis, jenis media fisik yang digunakan untuk mentransmisikan data, tingkat kongesti di dalam jaringan, dan waktu yang diperlukan dalam proses pengolahan data.

Tabel 2: *Delay* Standar TIPHON

Kategori	<i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Baik	> 150	4
Baik	150 s/d 300	3
Kurang Baik	300 s/d 450	2
Tidak Baik	< 450	1

3. *Packet loss*

Packet loss adalah persentase paket data yang hilang selama proses pengiriman.

Tabel 3: *Packet loss* Standar TIPHON

Kategori	<i>Packet loss</i>	Indeks
Sangat Baik	0 – 2%	4
Baik	3 – 14%	3
Kurang Baik	12 – 24%	2
Tidak Baik	> 25%	1

4. *Jitter*

Jitter adalah perubahan *latency* dari *delay* atau variasi waktu kedatangan paket. *Jitter* merupakan gangguan pada komunikasi digital maupun analog yang disebabkan oleh

perubahan sinyal karena referensi posisi waktu. *Jitter* dapat mengakibatkan hilangnya data, terutama pada pengiriman data dengan kecepatan tinggi

Tabel 4: Jitter Standar TIPHON

Kategori	Jitter (ms)	Indeks
Sangat Baik	0	4
Baik	0 – 75	3
Kurang Baik	75 – 125	2
Tidak Baik	125 - 225	1

Perangkat penunjang yang digunakan pada penelitian ini di antaranya ada perangkat keras yang terdiri OLT EPON HSGQ, *feeders cable* ODC, kabel distribusi ODP, kabel *Indoor Fiber Optic* (Patchcord), dan *Optical Network Terminal* (ONT) / *Optical Network Unit* (ONU), serta perangkat lunak yang digunakan adalah *Mikrotik RouterOS*.

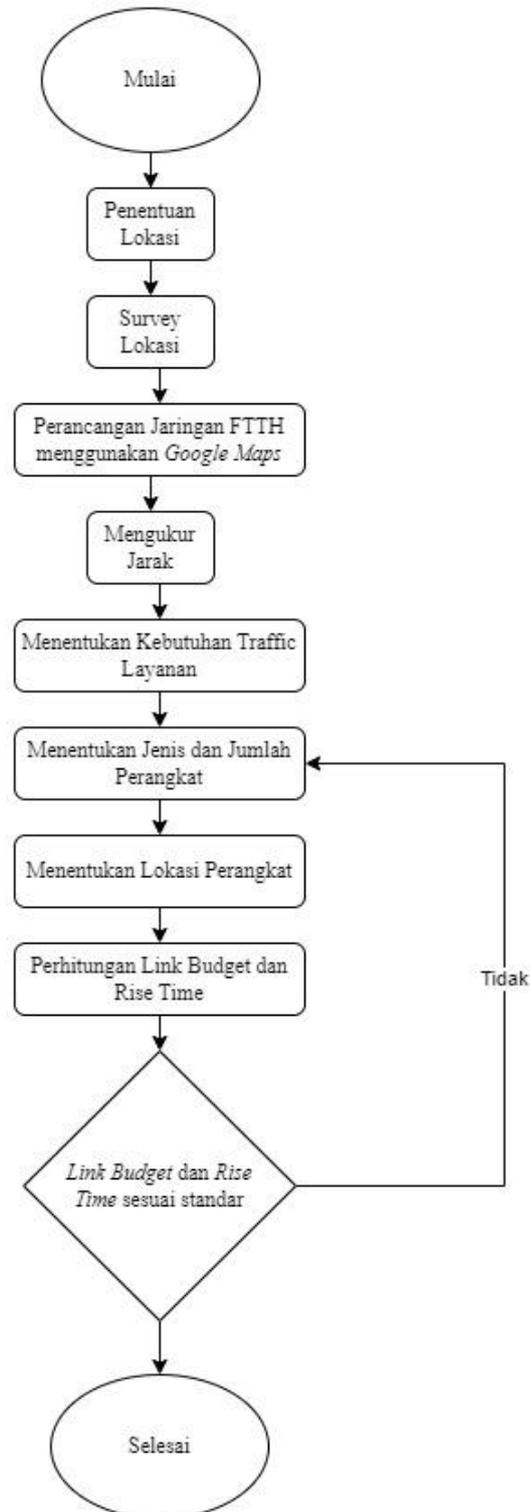
Sistem FTTH terdiri dari tiga komponen utama (14, 15). Pertama, ada OLT yang berlokasi di pusat penyedia layanan. Kedua, terdapat bagian yang berada di ONU yang lebih dekat dengan pengguna akhir. Ketiga, adalah ODN yang terletak di antara OLT dan ONU, berfungsi untuk membagi dan mengarahkan sinyal di seluruh *Passive Optical Network* (PON). Dalam perancangan penelitian ini, beberapa perhitungan yang perlu dipertimbangkan termasuk *power link budget*, *bit error rate*, dan *rise time budget*.

power link budget digunakan untuk menilai apakah komponen dan parameter desain yang dipilih mampu menghasilkan daya sinyal yang memenuhi persyaratan performansi, dan hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [1] – [3]. Parameter α_{total} merupakan redaman total sistem (dB/km). Parameter L adalah panjang serat optik yang digunakan, α_c merupakan redaman konektor. α_s merupakan redaman pada sambungan kabel. α_{serat} adalah redaman serat optik. N_s dan N_c merupakan jumlah sambungan dan jumlah konektor yang digunakan. SM adalah *safety margin*.

$$\alpha_{total} = (L \cdot \alpha_{serat}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + \alpha_{sp} \dots \dots \dots [1]$$

$$P_r = P_t - \alpha_{total} \dots \dots \dots [2]$$

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \dots \dots \dots [3]$$



Gambar 1: Flowchart Jaringan FTTH Berbasis EPON

HASIL DAN PEMBAHASAN

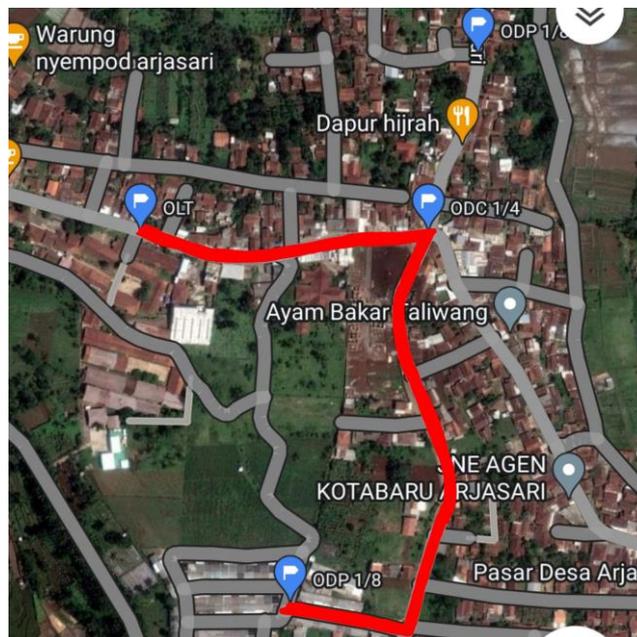
Hasil dan pembahasan penelitian yang akan dijabarkan pada penelitian ini adalah

perancangan dan implementasi jaringan FTTH di desa Arjasari, perbandingan simulasi

pengujian redaman pada *Optisystem* dan lapangan, dan pengujian QoS.

Tahap pertama adalah menentukan lokasi, dengan kebutuhan koneksi internet yang tinggi namun terhalang infrastruktur

pendukungnya. Desa Arjasari sebagai lokasi untuk pengimplementasian jaringan FTTH. *Google Maps* digunakan untuk membuat topologi jaringan ini. Peta lokasi perangkat FTTH terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Google Maps Lokasi Perangkat FTTH

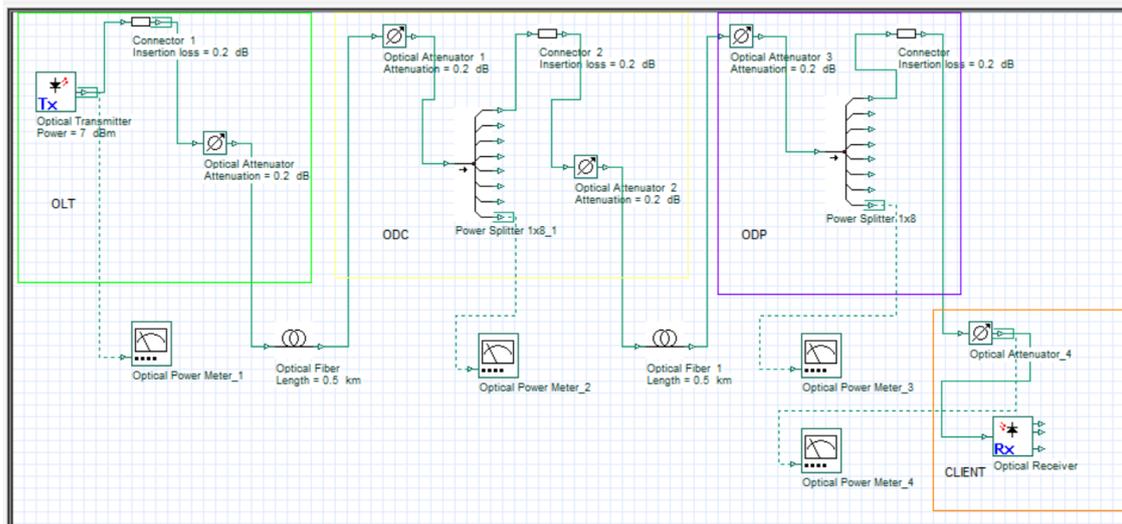
Setelah menentukan lokasi perangkat FTTH pada Google Maps tahap selanjutnya adalah membuat simulasi jaringan FTTH pada *Optisystem*, untuk melihat apakah estimasi yang dilakukan pada Google Maps sudah sesuai dengan standar jaringan fiber optik. Hasil simulasi jaringan total menggunakan *Optisystem* dapat dilihat pada Gambar 3. Simulasi FTTH ini dimulai dari OLT ke ODC, diteruskan ke ODP, dan berakhir di rumah pelanggan. Pengukuran yang pertama dilakukan terletak pada OLT yaitu mengukur redaman yang dipancarkan sesuai spesifikasi SFP. Hasil simulasi redaman SFP ditampilkan pada Gambar 4.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai redaman adalah 6,938 dB. Nilai tersebut sesuai dengan spesifikasi SFP yang digunakan. Setelah pengukuran pada SFP, dilakukan pengukuran redaman pada ODC. Splitter ¼ pada ODC (Optical Distribution Cabinet) digunakan untuk membagi sinyal optik menjadi empat bagian yang sama. Maka dari itu hasil yang didapat setelah membagi sinyal optik adalah -3,292 dB. Hasil redaman sesuai dengan spesifikasi yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah perhitungan redaman pada ODP yang dapat dilihat pada Gambar 5.

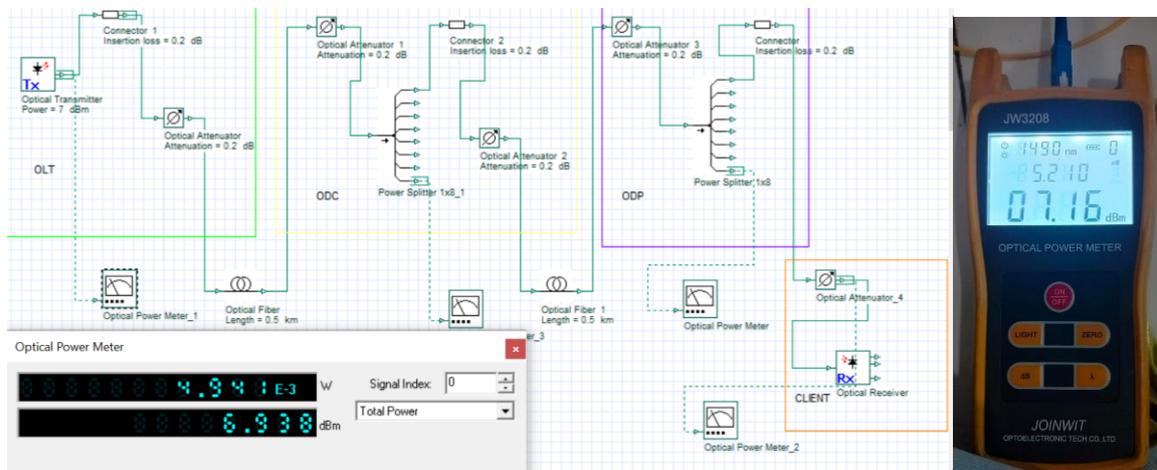
Setelah menggunakan splitter ¼ di ODC, pada ODP digunakan splitter 1/8 untuk memecah sinyal yang diterima dari ODC. Hasil simulasi

redaman SFP ditampilkan pada Gambar 6. Splitter 1/8 digunakan untuk menjangkau lebih banyak pelanggan. Hasil redaman yang didapat pada ODP adalah -13,023 yang berarti hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi splitter yang digunakan. Selanjutnya pengukuran dilanjutkan ke pelanggan, hasil pengukuran di

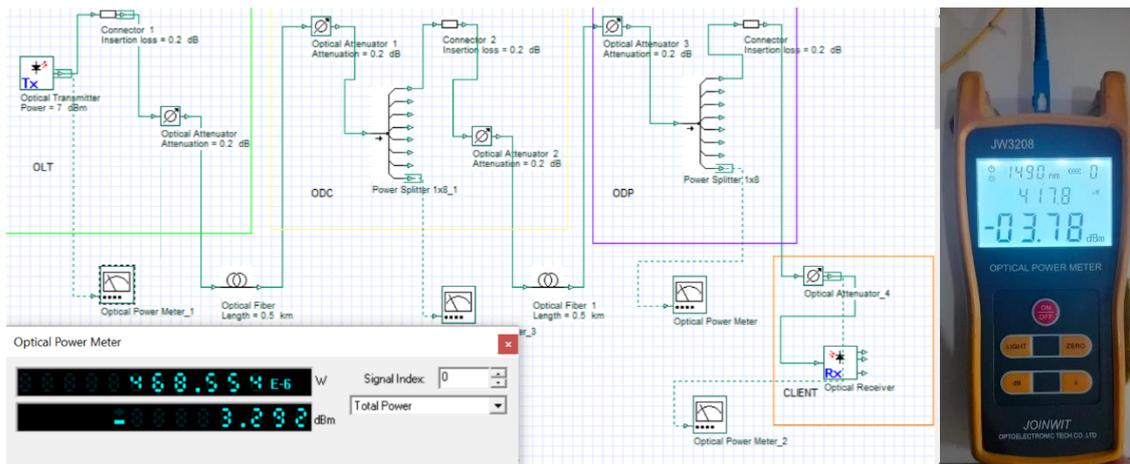
pelanggan dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil simulasi pengukuran di rumah pelanggan menunjukkan nilai -15,423. Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai redaman berada di kategori baik. Karena nilai redaman masih masuk ke dalam kategori standar fiber optik.



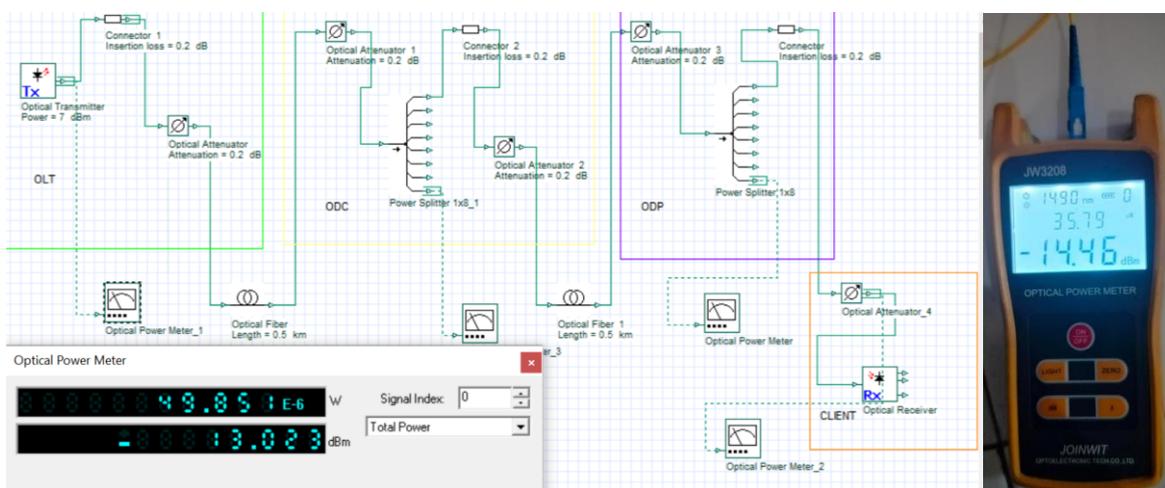
Gambar 3: Simulasi Jaringan Keseluruhan Menggunakan *Optisystem*



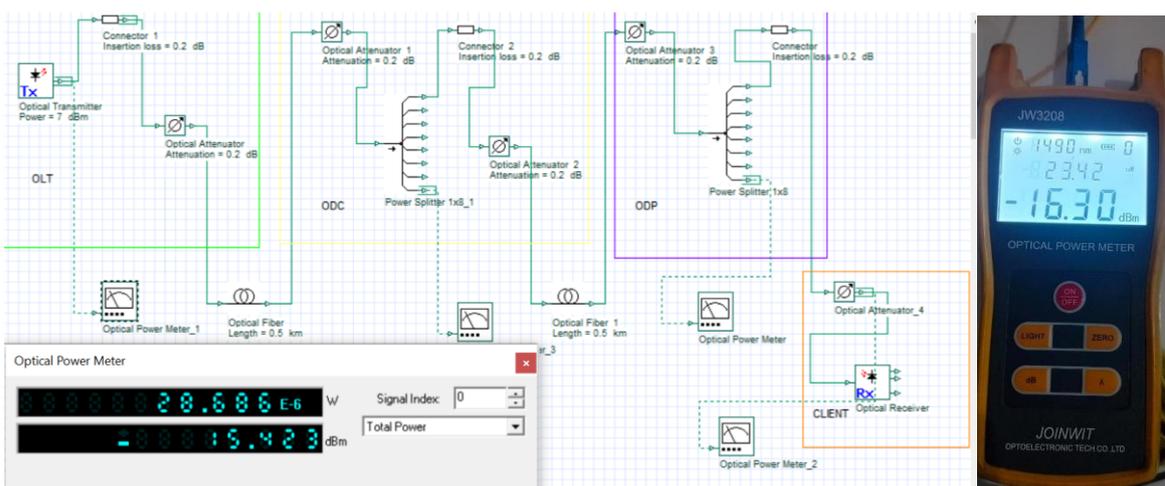
Gambar 4: Hasil Simulasi dan Pengukuran Redaman SFP



Gambar 5: Hasil Simulasi dan Pengukuran Redaman ODC



Gambar 6: Hasil Simulasi dan Pengukuran Redaman ODP



Gambar 7: Hasil Simulasi dan Pengukuran pada Pelangan

Perbandingan hasil simulasi menggunakan *Optisystem* dan lapangan menunjukkan adanya perbedaan signifikan, di mana hasil

simulasi menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan hasil di lapangan. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa

faktor yang terjadi di lapangan yang mempengaruhi kinerja jaringan optik.

Perbandingan hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Perbandingan Hasil Redaman Simulasi dan Lapangan

No	Titik Pengukuran	Hasil Simulasi	Hasil Lapangan
1	OLT (SFP)	6,938 dB	7,16 dB
2	ODC	-3,292 dB	-3,78 dB
3	ODP	-13,023 dB	-14,46 dB
4	Pelanggan	-15,423 dB	-16,30 dB

Salah satu faktor yang dapat memengaruhi perbedaan ini adalah penggunaan spesifikasi kabel yang kurang sesuai. Kabel yang memiliki karakteristik yang berbeda dari yang digunakan dalam simulasi dapat mengakibatkan tingginya kerugian daya atau bahkan menimbulkan gangguan yang tidak terduga pada sinyal optik jika penggunaannya tidak sesuai. Faktor lain yang berdampak pada hasil penerapan adalah penarikan kabel yang kurang presisi, yang dapat menyebabkan peregangan berlebihan atau bahkan kerusakan pada kabel optik. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan daya sinyal optik dan bahkan kegagalan transmisi data.

Perbedaan antara hasil simulasi dan situasi lapangan menunjukkan pentingnya mengikuti spesifikasi yang direkomendasikan dan menjalankan proses instalasi dengan cermat, terutama dalam pemilihan jenis kabel yang tepat dan penerapan teknik penarikan kabel yang benar, sehingga kinerja antara hasil simulasi dan implementasi lapangan akan lebih konsisten.

Pengujian performa jaringan FTTH berbasis EPON dilaksanakan dengan menguji kualitas

layanan (QoS) menggunakan aplikasi Wireshark. Proses pengujian ini melibatkan pemanfaatan jaringan Wi-Fi yang tersedia di Desa Arjasari, dengan aplikasi Wireshark digunakan untuk mengambil paket data yang sedang dikirim. Hasil pengujian QoS mencakup parameter *Throughput*, *Packet Loss*, *Jitter*, dan *Delay*, yang merupakan sampel dari kinerja jaringan FTTH di Desa Arjasari. Hasil-hasil ini terdokumentasikan dalam Tabel 6 untuk referensi lebih lanjut.

Berdasarkan Tabel 6, jaringan FTTH berbasis EPON di Desa Arjasari menunjukkan bahwa *throughput* memenuhi standar TIPHON (16). Dalam hal kinerja *throughput*, jaringan FTTH ini mencapai skor 4, yang berada dalam kategori sangat memuaskan. Hasil pengujian *packet loss* menunjukkan bahwa jaringan ini mencapai 0%. Hal ini menandakan bahwa jaringan Arjasari, yang menggunakan teknologi FTTH, memiliki kinerja yang sangat baik dan tidak mengalami *packet loss*. Sebanyak 2721 paket data dikirimkan, dan semuanya diterima tanpa *loss*. Selain itu, pengujian juga mengungkapkan bahwa jaringan memiliki *Jitter* sebesar 15.56 ms,

yang termasuk dalam kategori memuaskan. Selain itu, nilai delay sebesar 17.68 ms

menunjukkan stabilitas yang baik dan juga masuk dalam kategori memuaskan.

Tabel 6: Hasil Pengujian QoS

Parameter	Hasil Pengujian
<i>Throughput</i>	480,55 Kbps
<i>Packet loss</i>	0
<i>Delay</i>	17.68 ms
<i>Jitter</i>	15.56 ms

SIMPULAN

Perancangan dan implementasi model jaringan FTTH di Desa Arjasari berbasis EPON telah berhasil dan berjalan lancar. Prosesnya dimulai dengan menentukan lokasi penempatan perangkat OLT, ODP, dan ODT menggunakan Google Maps, sehingga pemasangan jaringan FTTH dapat dilakukan sesuai kebutuhan. Meskipun beberapa faktor memengaruhi, nilai redaman yang diukur cukup konsisten antara hasil simulasi menggunakan Optisystem dan hasil pengukuran di lapangan. Selain itu, hasil pengujian kualitas layanan (QoS) pada jaringan FTTH berbasis EPON di Desa Arjasari menunjukkan hasil yang memuaskan. Pengujian QoS menghasilkan *throughput* sebesar 480,55 Kbps, packet loss sebesar 0%, delay sebesar 17.68 ms, dan jitter sebesar 15.56 ms. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi jaringan FTTH berbasis EPON di Desa Arjasari telah berhasil dengan baik sesuai standar TIPHON.

DAFTAR PUSTAKA

1. Firdaus F. Implementasi Dan Hambatan Pada Pembelajaran Daring Di Masa Pandemi Covid 19. *Utile: Jurnal Kependidikan*. 2020 Dec 29;6(2):220–5.
2. Darmawan D, Al Azhima Sat, Hakim Nfa. Sistem Informasi Rekam Medis Berbasis Aplikasi Desktop Untuk Daerah Pedesaan. *Epsilon: Journal Of Electrical Engineering And Information Technology*. 2022 Dec 30;20(2):89–99.
3. Aimene L, Lebourges M, Liang J. Estimating The Impact Of Co-Investment On Fiber To The Home Adoption And Competition. *Telecomm Policy*. 2021 Nov;45(10):102139.
4. Liu J, Zhao Z, Ji J, Hu M. Research And Application Of Wireless Sensor Network Technology In Power Transmission And Distribution System. *Intelligent And Converged Networks*. 2020 Sep;1(2):199–220.
5. Sendin A, Javier M, Ramon Ferrús. *Smart Grid Telecommunications: Fundamentals And Technologies In The 5g Era*. John Wiley & Sons; 2021.
6. Penttinen Jt. *5g Second Phase Explained: The 3gpp Release 16 Enhancements*. John Wiley & Sons; 2021.

7. Syarief Af, Rochmah Da. Distribusi Jaringan Publik Menggunakan Routing Ospf Dengan Metode Redistribusi Infrastruktur Terpusat. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*. 2021 Dec 15;26(3):217–32.
8. Abdellaoui Z, Dieudonne Y, Aleya A. Design, Implementation And Evaluation Of A Fiber To The Home (Ftth) Access Network Based On A Giga Passive Optical Network Gpon. *Array*. 2021 Jul;10:100058.
9. Awalia W, Pantjawati Ab. Performance Simulation Of Fiber To The Home (Ftth) Devices Based On Optisystem. *Iop Conf Ser Mater Sci Eng*. 2018 Jul;384:012051.
10. Ikhwan N, Rubiani H, Ghofur Nbta, Zhu Y. Fiber To The Home (Ftth) Network Design Using Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Technology Using Link Power Budget And Rise Time Budget Analysis In Cibeber Village Tasikmalaya. *International Journal Of Quantitative Research And Modeling*. 2023 Mar 4;4(1):30–6.
11. Yang X. Application Of Gpon In Campus Network. In: *Proceedings Of The 2018 3rd International Conference On Humanities Science, Management And Education Technology (Hsmet 2018)*. Paris, France: Atlantis Press; 2018.
12. Thangappan T, Therese B, Suvarnamma A, Sai Swapna G. Review On Dynamic Bandwidth Allocation Of Gpon And Epon. *Journal Of Electronic Science And Technology*. 2020 Dec;18(4):100044.
13. Wisma P. Detik.Com. 2022. Mahasiswa Elektro Upi Buat Jaringan Internet Di *Blank spot* Arjasari Bandung.
14. Muliandhi P, Faradiba Eh, Nugroho Ba. Analisa Konfigurasi Jaringan Ftth Dengan Perangkat Olt Mini Untuk Layanan Indihome Di Pt. Telkom Akses Witel Semarang. *Elektrika*. 2020 Jun 9;12(1):7.
15. Sadri M, Tantoni A, Fadli S. Perancangan Jaringan Fiber Optik Di Kantor Bahasa Ntb Menggunakan Topology Ftth Dengan Teknologi Gpon. *Jurnal Teknik Informatika Dan Elektro*. 2023;5(2):97–113.
16. Charisma A, Setiawan Ad, Megiyanto Rahmatullah G, Hidayat Mr. Analysis Quality Of Service (Qos) On 4g Telkomsel Networks In Soreang. In: *2019 Ieee 13th International Conference On Telecommunication Systems, Services, And Applications (Tssa)*. Ieee; 2019. P. 145–8.