



## Kajian Literatur Perbandingan Teknologi EPON dan GPON pada Jaringan Akses Fiber Optik

Muhammad Rizky Irawan<sup>1</sup>, Andi Ahmad Dahlan<sup>2</sup>, Lifwarda<sup>3</sup>, Yulindon<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

\*Penulis Korespondensi: [artrizky71@gmail.com](mailto:artrizky71@gmail.com)

**Abstract.** *The increasing demand for high-speed broadband services has driven the adoption of Fiber To The Home (FTTH) technology based on Passive Optical Network (PON). The two primary technologies dominating current implementations are Ethernet Passive Optical Network (EPON) and Gigabit Passive Optical Network (GPON). This study aims to conduct a systematic literature review providing an in-depth comparison between EPON and GPON regarding technical specifications, Quality of Service (QoS) performance, and economic implications. The methodology employed is a Systematic Literature Review (SLR), evaluating scientific publications from 2020 to 2025. The results indicate that GPON offers significant advantages in downstream capacity (2.488 Gbps), protocol efficiency reaching 92%, and granular bandwidth management through the T-CONT mechanism, making it ideal for large-scale triple-play services. Conversely, EPON provides a simpler architecture, 20-30% lower capital expenditure (CAPEX), and symmetric speeds (1.25 Gbps) suitable for business or rural traffic needs. This research concludes that technology selection must be based on subscriber density and operational budget, where GPON excels in dense metropolitan areas, while EPON remains competitive for cost-sensitive market segments.*

**Keywords:** FTTH; EPON; GPON.

**Abstrak.** Peningkatan kebutuhan layanan broadband berkecepatan tinggi mendorong adopsi teknologi Fiber To The Home (FTTH) berbasis Passive Optical Network (PON). Dua teknologi utama yang mendominasi implementasi saat ini adalah Ethernet Passive Optical Network (EPON) dan Gigabit Passive Optical Network (GPON). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian literatur sistematis mengenai perbandingan mendalam antara EPON dan GPON dari aspek spesifikasi teknis, performa Quality of Service (QoS), dan implikasi ekonomi. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan meninjau publikasi ilmiah dari rentang tahun 2020 hingga 2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa GPON memiliki keunggulan signifikan pada kapasitas downstream (2,488 Gbps), efisiensi protokol mencapai 92%, dan manajemen bandwidth yang granular melalui mekanisme T-CONT, menjadikannya ideal untuk layanan triple-play skala besar. Sebaliknya, EPON menawarkan arsitektur yang lebih sederhana, biaya perangkat (CAPEX) 20-30% lebih rendah, serta kecepatan simetris (1,25 Gbps) yang cocok untuk kebutuhan trafik bisnis atau rural. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemilihan teknologi harus didasarkan pada densitas pelanggan dan anggaran operasional, di mana GPON unggul untuk area metropolitan padat, sementara EPON tetap kompetitif untuk segmen pasar yang sensitif terhadap biaya.

**Kata kunci:** FTTH; EPON; GPON.

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong peningkatan kebutuhan akan layanan jaringan berkecepatan tinggi, stabil, dan memiliki kapasitas bandwidth yang besar. Berbagai layanan digital modern seperti video streaming beresolusi tinggi, komputasi awan (cloud computing), Internet of Things (IoT), serta aplikasi berbasis data menuntut infrastruktur jaringan akses yang

mampu menyediakan konektivitas yang andal dengan latensi rendah dan throughput tinggi. Dalam konteks ini, teknologi jaringan akses berbasis serat optik menjadi salah satu solusi utama karena memiliki kapasitas transmisi yang besar, redaman sinyal yang rendah, serta ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik dibandingkan media transmisi berbasis tembaga. Selain itu, implementasi jaringan fiber optik pada arsitektur Fiber To The Home (FTTH) semakin banyak digunakan oleh penyedia layanan telekomunikasi untuk memenuhi kebutuhan akses broadband yang terus meningkat di berbagai sektor industri maupun rumah tangga.

Salah satu teknologi yang menjadi fondasi utama pada jaringan FTTH adalah Passive Optical Network (PON). Teknologi PON memungkinkan distribusi data dari satu perangkat pusat jaringan yaitu Optical Line Terminal (OLT) ke banyak pelanggan melalui media distribusi pasif seperti optical splitter, sehingga mampu menekan biaya operasional dan pemeliharaan jaringan (Daud et al., 2024). Beberapa varian teknologi PON telah dikembangkan untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi jaringan, di antaranya Ethernet Passive Optical Network (EPON), Gigabit

Passive Optical Network (GPON), XG-PON, dan NG-PON2. Di antara berbagai varian tersebut, EPON dan GPON merupakan dua teknologi yang paling luas digunakan dalam implementasi jaringan akses fiber optik hingga saat ini (Daud et al., 2024). Kedua teknologi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda baik dari sisi standar teknologi, mekanisme pengalokasian bandwidth, efisiensi transmisi, maupun kemampuan dalam mendukung berbagai jenis layanan jaringan.

EPON merupakan teknologi PON yang dikembangkan berdasarkan standar IEEE 802.3ah dan menggunakan protokol Ethernet sebagai dasar komunikasi data. Pendekatan ini memberikan keunggulan dalam hal kesederhanaan arsitektur serta kemudahan integrasi dengan jaringan berbasis IP yang telah banyak digunakan pada infrastruktur internet modern. Di sisi lain, GPON yang dikembangkan oleh ITU-T dirancang untuk mendukung layanan multi-layanan seperti data, suara, dan video secara simultan dengan mekanisme manajemen bandwidth dan Quality of Service (QoS) yang lebih kompleks. Kapasitas downstream GPON yang lebih tinggi serta dukungan terhadap pengelolaan jaringan yang lebih terstruktur menjadikan teknologi ini banyak diadopsi oleh operator telekomunikasi dalam implementasi jaringan FTTH skala besar (Ramadan et al., 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas implementasi dan performa jaringan berbasis GPON dari berbagai sudut pandang. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadan et al. (2024) mengevaluasi kualitas layanan pada jaringan FTTH berbasis GPON dengan menganalisis parameter QoS seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss. Penelitian lain oleh Padjodjang et al. (2024) meneliti perencanaan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dengan pendekatan optimasi desain jaringan untuk meningkatkan efisiensi distribusi layanan kepada pelanggan.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah membahas teknologi GPON pada jaringan FTTH, sebagian besar penelitian masih berfokus pada implementasi atau analisis performa satu teknologi secara terpisah serta hanya meninjau aspek teknis tertentu. Penelitian yang secara khusus membandingkan teknologi EPON dan GPON dari berbagai aspek utama seperti standar teknologi, arsitektur jaringan, kapasitas transmisi, mekanisme manajemen bandwidth, serta dukungan layanan pada jaringan akses fiber optik masih relatif terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian literatur mengenai perbandingan teknologi EPON dan GPON pada jaringan akses fiber optik. Kajian ini meninjau berbagai penelitian terkait implementasi dan performa kedua teknologi tersebut untuk mengidentifikasi keunggulan, keterbatasan, serta karakteristik teknis masing-masing teknologi dalam mendukung layanan jaringan broadband. Melalui pendekatan kajian literatur yang sistematis terhadap penelitian-penelitian terkait, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perbandingan teknologi EPON dan GPON sehingga dapat menjadi referensi akademik maupun praktis dalam perencanaan dan pengembangan jaringan akses fiber optik di masa mendatang.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Jaringan akses berbasis serat optik, khususnya arsitektur *Fiber To The Home* (FTTH), telah menjadi standar utama dalam menyediakan layanan broadband berkecepatan tinggi karena kapasitas transmisinya yang besar dan ketahanannya terhadap interferensi. Implementasi FTTH secara luas mengandalkan teknologi *Passive Optical Network* (PON), yaitu arsitektur titik-ke-multipoin yang menggunakan komponen

pembagi optik pasif (*optical splitter*) untuk mendistribusikan data dari satu *Optical Line Terminal* (OLT) di pusat jaringan ke banyak unit pelanggan. Penggunaan komponen pasif ini memungkinkan penyedia layanan untuk menekan biaya operasional dan pemeliharaan karena tidak memerlukan perangkat aktif bertenaga listrik di antara pusat data dan pengguna.

*Ethernet Passive Optical Network* (EPON) merupakan salah satu varian teknologi PON yang dikembangkan di bawah standar IEEE 802.3ah dengan pendekatan "Ethernet over Fiber". Teknologi ini merancang transmisi data dalam bentuk *frame* Ethernet standar tanpa lapisan adaptasi yang kompleks, sehingga sangat efisien dalam lingkungan yang didominasi oleh trafik data berbasis IP. Salah satu karakteristik teknis utama EPON adalah penyediaan kecepatan simetris sebesar 1,25 Gbps untuk arah *upstream* maupun *downstream*, menjadikannya solusi yang sangat kompetitif untuk segmen pasar yang sensitif terhadap biaya atau kebutuhan trafik bisnis yang membutuhkan unggah data tinggi.

Sebagai alternatif, *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) yang distandarisasi oleh ITU-T melalui seri G.984 menawarkan kapabilitas multi-layanan (data, suara, dan video) dengan manajemen yang lebih terstruktur. GPON menggunakan *GPON Encapsulation Method* (GEM) untuk memetakan berbagai jenis trafik ke dalam *payload* secara efisien, didukung dengan kapasitas *downstream* yang lebih tinggi mencapai 2,488 Gbps. Selain kapasitas mentahnya yang besar, GPON memiliki efisiensi protokol yang mencapai 92% berkat penggunaan pengkodean *Non-Return-to-Zero* (NRZ) yang minim *overhead*, berbeda dengan EPON yang bandwidth efektifnya tereduksi hingga 20% akibat penggunaan pengkodean 8b/10b.

Aspek krusial dalam performa jaringan PON terletak pada mekanisme manajemen bandwidth dan kualitas layanan (*Quality of Service*). GPON menerapkan mekanisme *Dynamic Bandwidth Allocation* (DBA) yang sangat granular melalui *Transmission Containers* (T-CONT), yang memungkinkan operator mengisolasi trafik berdasarkan profil tertentu seperti *Fixed* atau *Best Effort*. Di sisi lain, EPON mengandalkan *Multi-Point Control Protocol* (MPCP) yang menggunakan pesan kontrol GATE dan REPORT untuk mengatur slot waktu transmisi *upstream*. Meskipun MPCP cukup tangguh untuk

trafik data murni, GPON tetap unggul dalam hal latensi rendah dan manajemen trafik *triple-play* skala besar berkat periode penjadwalan standar yang lebih rapat.

### 3. METODE PENELITIAN

Bagian ini memuat rancangan penelitian meliputi disain penelitian, populasi/sampel penelitian, teknik dan instrumen pengumpulan data, alat analisis data, dan model penelitian yang digunakan. Metode yang sudah umum tidak perlu dituliskan secara rinci, tetapi cukup merujuk ke referensi acuan (misalnya: rumus uji-F, uji-t, dll). Pengujian validitas dan reliabilitas instrumen penelitian tidak perlu dituliskan secara rinci, tetapi cukup dengan mengungkapkan hasil pengujian dan interpretasinya. Keterangan simbol pada model dituliskan dalam kalimat.

Penelitian ini disusun menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengintegrasikan bukti-bukti ilmiah dari berbagai literatur yang relevan dengan topik perbandingan EPON dan GPON. Proses ini mengikuti protokol yang terstandarisasi mencakup tahap perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*conducting*), dan pelaporan (*reporting*). Tahap perencanaan dimulai dengan menetapkan *Research Question* (RQ) berdasarkan kerangka PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Context*) guna memastikan ruang lingkup kajian yang spesifik.

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada pangkalan data digital seperti IEEE Xplore, ScienceDirect, Google Scholar, dan SINTA. Kata kunci yang digunakan meliputi: "EPON AND GPON AND comparison", "FTTH performance analysis", dan "QoS parameters in Passive Optical Network". Rentang waktu publikasi dibatasi dari tahun 2020 hingga 2025 untuk menangkap pembaruan teknologi sekarang.

Kriteria inklusi mencakup artikel jurnal peer-review yang menyajikan data komparatif teknis atau ekonomi antara EPON dan GPON dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Kriteria eksklusi mencakup publikasi non-ilmiah, artikel yang hanya membahas satu teknologi tanpa pembandingan, atau studi dengan metodologi yang tidak jelas. Seleksi artikel dilakukan melalui empat tahap PRISMA: identifikasi, *screening*, penilaian kelayakan, dan inklusi akhir. Setiap literatur yang lolos tahap seleksi dievaluasi kualitasnya berdasarkan ketepatan analisis data dan penggunaan alat simulasi standar industri seperti OptiSystem atau NS-3. Ekstraksi data dilakukan

untuk memetakan temuan ke dalam kategori utama: arsitektur protokol, transmisi fisik, manajemen bandwidth, metrik performa QoS, dan struktur biaya.

#### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

##### *Analisis Arsitektur Protokol dan Perbandingan Standar Teknis*

Perbedaan fundamental antara EPON dan GPON bermula dari organisasi standarisasi yang menaunginya dan filosofi desain yang diadopsi. EPON merupakan hasil kolaborasi dalam kelompok IEEE 802.3ah "Ethernet in the First Mile", yang bertujuan untuk memperluas jangkauan Ethernet dari Local Area Network (LAN) menuju jaringan akses metropolitan. Sebaliknya, GPON dikembangkan oleh International Telecommunication Union (ITU-T) di bawah seri G.984, yang berevolusi dari standar sebelumnya seperti APON (ATM PON) dan BPON (Broadband PON) dengan fokus pada integrasi layanan telekomunikasi kelas operator.

EPON mengadopsi pendekatan "Ethernet over Fiber" yang murni, di mana data ditransmisikan dalam bentuk frame Ethernet standar tanpa memerlukan lapisan adaptasi yang kompleks. Hal ini menjadikan EPON sangat efisien dalam lingkungan yang didominasi oleh trafik data berbasis IP, karena tidak ada overhead tambahan untuk konversi protokol. Namun, kesederhanaan ini membatasi kemampuan EPON dalam menangani layanan berbasis Time Division Multiplexing (TDM) secara asli, yang sering kali diperlukan untuk aplikasi suara tradisional atau jalur sewa (leased lines).

GPON dirancang dengan struktur enkapsulasi yang lebih canggih yang disebut GPON Encapsulation Method (GEM). Lapisan Transmission Convergence (TC) pada GPON memungkinkan fragmentasi frame Ethernet dan pemetaan trafik TDM atau ATM secara efisien ke dalam payload GEM. Mekanisme ini memberikan fleksibilitas luar biasa bagi operator untuk mendukung layanan "triple-play" (data, suara, video) dengan kontrol yang sangat ketat terhadap setiap aliran trafik. Meskipun arsitektur ini lebih kompleks dibandingkan EPON, efisiensi yang dihasilkan dalam penggunaan bandwidth jauh lebih tinggi karena minimnya overhead pada tingkat protokol.

Tabel 2. Perbandingan Fitur EPON dan GPON

<b>Fitur Perbandingan</b>	<b>EPON (IEEE 802.3ah)</b>	<b>GPON (ITU-T G.984)</b>
Standar Protokol	IEEE 802.3ah (2004)	ITU-T G.984 series (2003)

Kecepatan Downstream	1.25 Gbps	2.488 Gbps
Kecepatan Upstream	1.25 Gbps	1.244 Gbps
Rasio Simetri	Simetris (1:1)	Asimetris (2:1)
Efisiensi Protokol	70% – 80%	~92%
Pengkodean Garis	8b/10b	NRZ (+ Scrambling)

(Sumber : Olahan Penulis,2026)

Dalam hal kapasitas mentah, GPON menawarkan keunggulan signifikan pada arah downstream dengan kecepatan 2.488 Gbps, dibandingkan EPON yang terbatas pada 1.25 Gbps. Ketimpangan ini mencerminkan pola penggunaan internet konsumen di mana volume unduhan (download) jauh melebihi unggahan (upload). Namun, sifat simetris EPON (1.25 Gbps untuk kedua arah) memberikan keuntungan tersendiri bagi pengguna bisnis, pusat data, atau aplikasi kolaborasi video yang membutuhkan bandwidth upstream yang besar.

Analisis terhadap efisiensi transmisi mengungkap bahwa EPON menggunakan pengkodean 8b/10b, di mana setiap 8 bit informasi dikonversi menjadi 10 bit pada media fisik untuk menjaga keseimbangan DC dan sinkronisasi clock. Akibatnya, bandwidth efektif EPON tereduksi menjadi hanya 1.0 Gbps (80% dari line rate). Sebaliknya, GPON menggunakan pengkodean Non-Return-to-Zero (NRZ) yang tidak menambah bit redundan secara permanen, melainkan menggunakan teknik scrambling untuk menjaga integritas sinyal. Hal ini memungkinkan GPON memanfaatkan hampir seluruh kapasitas line rate-nya, dengan efisiensi mencapai 92% setelah memperhitungkan overhead enkapsulasi GEM.

#### ***Mekanisme Manajemen Bandwidth dan Kualitas Layanan (QoS)***

Sifat jaringan PON yang menggunakan medium bersama (shared medium) menuntut mekanisme kontrol akses medium (Medium Access Control/MAC) yang cerdas, terutama pada arah upstream di mana banyak ONU harus berbagi satu serat optik menuju OLT. Ketidakmampuan dalam mengelola slot waktu transmisi akan menyebabkan tabrakan data (collision) dan degradasi performa yang parah.

GPON menerapkan mekanisme Dynamic Bandwidth Allocation (DBA) yang sangat granular melalui penggunaan Transmission Containers (T-CONT). T-CONT bertindak sebagai unit dasar alokasi bandwidth yang dikelola oleh OLT berdasarkan

permintaan real-time dari ONU. Standar ITU-T mendefinisikan lima tipe T-CONT untuk melayani berbagai profil trafik:

1. T-CONT Tipe 1 (Fixed Bandwidth): Menjamin bandwidth tetap dengan latensi sangat rendah, ideal untuk layanan suara (VoIP) dan sinkronisasi clock yang sensitif terhadap jitter.
2. T-CONT Tipe 2 (Assured Bandwidth): Memberikan bandwidth yang dijamin bagi aplikasi kritis yang memerlukan stabilitas throughput meskipun beban jaringan tinggi.
3. T-CONT Tipe 3 (Non-Assured Bandwidth): Kombinasi antara bandwidth yang dijamin dan bandwidth tambahan jika tersedia, cocok untuk layanan bisnis.
4. T-CONT Tipe 4 (Best Effort): Mengalokasikan sisa bandwidth yang tersedia untuk trafik yang tidak kritis, seperti penelusuran web atau unduhan file.
5. T-CONT Tipe 5: Tipe hibrida yang dapat mencakup semua karakteristik tipe lainnya dalam satu kontainer.

Arsitektur ini memungkinkan isolasi trafik yang sangat baik, di mana lonjakan trafik pada satu pelanggan (misalnya unduhan file besar) tidak akan mengganggu kualitas panggilan video atau suara pelanggan lainnya pada port OLT yang sama.

Berbeda dengan GPON, EPON mengandalkan Multi-Point Control Protocol (MPCP) yang merupakan ekstensi dari standar Ethernet MAC. MPCP menggunakan mekanisme penandaan slot waktu (timestamp) dan pesan kontrol GATE serta REPORT untuk mengatur transmisi upstream. OLT mengirimkan pesan GATE untuk memberikan izin transmisi pada slot waktu tertentu, sementara ONU merespons dengan pesan REPORT untuk menginformasikan status antrean data mereka.

Meskipun MPCP cukup tangguh untuk trafik data murni, kemampuannya dalam menangani Quality of Service (QoS) sangat bergantung pada implementasi penjadwalan (scheduler) di sisi vendor. EPON umumnya menggunakan prioritas VLAN (IEEE 802.1p) untuk membedakan jenis trafik, namun granularity-nya tidak sedalam T-CONT pada GPON. Dalam kondisi beban jaringan penuh (congestion), latensi pada EPON cenderung meningkat lebih tajam dibandingkan GPON karena kurangnya mekanisme isolasi fisik pada lapisan TC. Kualitas pengalaman pengguna (Quality of Experience/QoE) dalam layanan digital seperti gaming online, konferensi video, dan streaming 4K sangat ditentukan oleh metrik kinerja teknis jaringan. Analisis komparatif melalui simulasi dan

pengukuran lapangan menunjukkan karakteristik unik dari masing-masing teknologi PON.

#### ***Analisis Latensi dan Waktu Tunda (Delay)***

Latensi dalam jaringan PON dipengaruhi oleh jarak fisik serat (propagation delay) dan waktu tunggu pengolahan data serta antrean upstream (serialization and queuing delay). GPON memiliki keunggulan inheren dalam hal latensi karena periode penjadwalan (scheduling period) yang sangat rapat, dengan granularitas standar sebesar 125  $\mu$ s. Hal ini memungkinkan paket data prioritas tinggi untuk segera mendapatkan slot transmisi tanpa harus menunggu siklus yang lama.

Sebaliknya, pada EPON, latensi rata-rata untuk kelas prioritas tinggi berbanding terbalik dengan periode penjadwalan  $D_m$ . Jika operator mencoba menurunkan latensi dengan memperkecil nilai  $D_m$  (misalnya di bawah 1 ms), efisiensi penggunaan bandwidth akan menurun secara drastis akibat peningkatan proporsi overhead MPCP. Oleh karena itu, EPON biasanya dikonfigurasi dengan delay yang sedikit lebih tinggi (sekitar 1 ms hingga 2 ms) guna menjaga stabilitas throughput.

Throughput aktual adalah volume data bersih yang berhasil diterima oleh pengguna dalam satuan waktu tertentu. Dengan kapasitas downstream 2.488 Gbps, GPON secara teoritis mampu melayani lebih banyak paket broadband kecepatan tinggi dibandingkan EPON. Namun, throughput praktis juga dipengaruhi oleh efisiensi protokol TCP di lapisan transportasi. Formula untuk menghitung throughput TCP aktual (TCPaTR) adalah:

#### ***Analisis Tekno-Ekonomi: CAPEX, OPEX, dan Kelayakan Investasi***

Keputusan operator dalam mengadopsi teknologi *Passive Optical Network* (PON) sangat bergantung pada analisis biaya siklus hidup (*lifecycle cost*) yang mencakup investasi awal (CAPEX) dan biaya operasional jangka panjang (OPEX). Meskipun performa teknis memberikan gambaran kapabilitas jaringan, aspek ekonomi tetap menjadi penentu utama keberlanjutan bisnis layanan *broadband*. EPON secara historis diakui sebagai teknologi yang lebih terjangkau karena menggunakan desain *chipset* berbasis standar ASIC Ethernet yang diproduksi secara massal untuk pasar LAN global. Hal ini membuat biaya perangkat OLT dan ONU pada EPON umumnya 20% hingga 30%

lebih rendah dibandingkan GPON pada kapasitas yang setara, menjadikannya pilihan menarik bagi penyedia layanan dengan anggaran terbatas.

Sebaliknya, GPON memerlukan komponen yang lebih mahal akibat kompleksitas lapisan fisiknya yang menggunakan desain berbasis FPGA (*Field-Programmable Gate Array*) untuk menangani enkapsulasi GEM dan mekanisme keamanan AES-128 secara *real-time*. Selain itu, *transceiver* optik GPON harus memenuhi persyaratan sinkronisasi *burst-mode* yang lebih ketat, yang secara langsung meningkatkan biaya produksi. Namun, di balik tingginya biaya unit, GPON menawarkan efisiensi pengeluaran infrastruktur pasif yang lebih baik melalui *split ratio* hingga 1:128. Kapasitas ini jauh melampaui EPON yang secara standar hanya mendukung 1:32 hingga 1:64, sehingga GPON mampu melayani lebih banyak pelanggan per satu *port* OLT aktif.

Tabel 2. Aspek dan karakteristik EPON dan GPON

Aspek Ekonomi	Karakteristik EPON	Karakteristik GPON
Harga OLT / ONU	Rendah (Komponen standar Ethernet)	Lebih tinggi (Protokol khusus & FPGA)
Split Rasio Standar	1:32 hingga 1:64	1:64 hingga 1:128
Densitas Pelanggan	Sedang	Sangat Tinggi
Konsumsi Daya per User	Lebih tinggi (Efisiensi port rendah)	15% – 20% lebih rendah
Skala Ideal	UMKM, Kota Kecil, Rural	Operator Besar, Kota Metropolitan

(Sumber : Olahan Peneliti, 2026)

Efisiensi *split ratio* pada GPON memberikan dampak domino positif terhadap penurunan OPEX karena mengurangi jumlah perangkat OLT yang harus dipasang di Kantor Pusat (*Central Office*). Hal ini secara otomatis menekan biaya sewa tempat, konsumsi daya listrik, hingga kebutuhan pendinginan ruang. Analisis biaya per pelanggan (*cost per subscriber*) menunjukkan tren bahwa untuk jaringan skala kecil di bawah 1.000 pengguna, EPON menjadi pilihan paling ekonomis. Namun, untuk implementasi skala besar di area perkotaan yang padat dengan lebih dari 5.000 pengguna, efisiensi densitas *port* GPON terbukti mampu menghasilkan *Total Cost of Ownership* (TCO) yang lebih rendah dalam jangka waktu 5 hingga 10 tahun. Dari sisi jangkauan dan perencanaan rute, kedua teknologi ini mampu mencapai jarak transmisi standar hingga 20 km. GPON memiliki keunggulan fleksibilitas melalui standar ODN Class C yang memungkinkan

redaman sinyal hingga 25 dB, sehingga operator dapat menjangkau pelanggan yang lebih jauh atau menggunakan *splitter* tambahan tanpa memerlukan penguat sinyal aktif.

Evolusi teknologi ini diakomodasi oleh standar 10G-EPON (802.3av) yang menawarkan kecepatan simetris 10 Gbps dengan kemampuan koeksistensi pada infrastruktur lama melalui teknologi WDM. Sementara itu, di kubu ITU-T, transisi bergerak dari XG-PON asimetris menuju XGS-PON yang menyediakan *bandwidth* simetris 10 Gbps untuk layanan korporasi. Langkah revolusioner berikutnya adalah NG-PON2 yang menggabungkan TDM dan WDM untuk mencapai agregasi kapasitas hingga 80 Gbps pada satu serat optik. Meskipun biaya implementasi NG-PON2 saat ini masih tinggi, teknologi ini menawarkan fleksibilitas operasional luar biasa untuk memisahkan trafik residensial dan bisnis secara logis.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa GPON memiliki keunggulan teknis signifikan dalam efisiensi penggunaan *bandwidth* hingga 92%, kapasitas *downstream* 2.488 Gbps, dan manajemen QoS granular melalui mekanisme T-CONT, menjadikannya standar ideal untuk layanan *triple-play* pada skala besar. Di sisi lain, EPON tetap relevan berkat arsitektur Ethernet murni yang sederhana, biaya investasi awal (CAPEX) yang 20-30% lebih rendah, serta kecepatan simetris 1.25 Gbps yang sangat menguntungkan bagi sektor perkantoran atau institusi pendidikan dengan kebutuhan trafik *upstream* tinggi. Meskipun latensi EPON secara teoritis sedikit lebih tinggi, performanya tetap sangat memadai untuk mayoritas aplikasi *broadband* saat ini.

Rekomendasi strategis bagi perencana jaringan adalah memilih GPON untuk area metropolitan padat guna mendapatkan ROI jangka panjang melalui efisiensi densitas *port* OLT, sedangkan EPON merupakan solusi kompetitif untuk area rural atau jaringan korporasi yang mengutamakan kemudahan operasional dan keterbatasan anggaran. Ke depan, fokus riset perlu diarahkan pada integrasi teknologi PON dengan ekosistem 5G (skenario *x-haul*) serta pemanfaatan kecerdasan buatan untuk optimasi algoritma *Dynamic Bandwidth Allocation* (DBA). Seiring evolusi menuju standar 25G-PON dan 50G-PON, pemahaman karakteristik fundamental ini akan tetap menjadi basis krusial dalam pengambilan keputusan teknologi di masa depan.

**DAFTAR REFERENSI.**

- Handoko Agustin, Y., Latifah, A., & Nugraha, A. F. (2021). Perancangan Sistem Informasi Aplikasi Kasir pada Kafe Restorasi Kopi Berbasis Web. *Jurnal Algoritma*, 18(1), 302–312. <https://doi.org/10.33364/algoritma/v.18-1.947>
- Bakhri, S. -, Hanif, F., & Haidir, A. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Kasir Penjualan Susu Berbasis Web Pada Alomgada Kids Jakarta. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1). <https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.6397>
- Daud, D., Putra, V. A., Burhanudin, T. M., Jilana, A. B., & Sherila, A. M. (2024). The passive optical network technologies in FTTH implementation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Electronics*.
- Padjodjang, N. M., Pollo, D. E. D. G., & Doo, S. Y. (2024). Fiber to the home access network planning with GPON technology using genetic algorithm method. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*.
- Ramadan, Z., Yulindon, Y., Yustini, Y., & Asril, A. A. (2024). Installation and activation of fiber to the home (FTTH) network using GPON technology and QoS analysis. *JATAED Journal*.
- Kramer, G., Mukherjee, B., & Pesavento, G. (2002). Ethernet Passive Optical Network (EPON): Building a next-generation optical access network. *IEEE Communications Magazine*.
- Maier, M. (2008). *Passive Optical Networks*. Cambridge University Press.
- ITU-T. (2014). Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics (G.984).
- Kramer, G., et al. (2005). Evolution of Ethernet passive optical networks. *IEEE Communications Magazine*.
- Cvijetic, N. (2013). Optical transport and packet networking. *IEEE Communications Magazine*.
- Kazovsky, L., et al. (2011). Next-generation optical access networks. *Journal of Lightwave Technology*.
- Grobe, K., & Elbers, J. (2008). PON in adolescence. *IEEE Communications Magazine*.
- Dermawan, Brilian, Imam Santoso, and Teguh Prakoso. "Analisis Jaringan Ftt (Fiber To the Home) Berteknologi Gpon (Gigabit Passive Optical Network)." *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 18.1 (2016): 30-37.
- CommScope. (2013, October). *GPON - EPON comparison: White paper*. CommScope Solutions Marketing.
- Jamal, N., Ulfah, M., & Irtawaty, A. S. (2021, October). Analisis Jarak Jangkauan Jaringan Fiber To The Home (Ftt) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Berdasarkan Link Power Budget. In *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (pp. 203-207).
- Alwi, M. R., Kustiawan, I., & Hakim, N. F. A. (2023). Model dan implementasi jaringan

fiber to the home di desa Arjasari berbasis Ethernet Passive Optical Network (EPON). *Techno-Socio Ekonomika*, 16(2), 174-185.

- Lokas, V. F. (2024). *Analisis perbandingan kinerja teknologi ethernet passive optical network (EPON) dan gigabit passive optical network (GPON) pada jaringan fiber to the home (FTTH)* [Skripsi, Politeknik Negeri Manado].
- Nurus, M., Nurdiawa, O., & Martanto, M. (2023). Analisis Jaringan Akses Fiber to The Home Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network. *Jurnal Janitra Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(2), 56-66.
- Putra, I. P. Y. P., Sudiarta, P. K., & Sukadarmika, G. (2018). Studi Perbandingan Jaringan Optik Eksisting dengan Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Kampus Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *Universitas Udayana*.