

IMPLEMENTASI JALUR SERAT OPTIK JARINGAN GPON UNTUK BACKHAUL DI JARINGAN SELULER

1st Rossa Alfiahusnah
Program studi D3 Teknologi
Telekomunikasi
Fakultas Ilmu Terapan,
Telkom university
Bandung, Indonesia
rossaalfiahusnah@gmail.com

2nd Suci Aulia
School of electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
suciaulia@telkomuniversity.ac.id

3rd Yus Natali
School of electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
yusnatali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Perkembangan teknologi komunikasi yang terus meningkat menuntut tersedianya infrastruktur jaringan dengan keandalan tinggi, kapasitas besar, serta latensi rendah untuk menunjang layanan seluler generasi terbaru. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah pemanfaatan jaringan serat optik berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON), yang mampu menyediakan kapasitas bandwidth besar secara efisien melalui penggunaan perangkat pasif.

Penelitian ini mengkaji penerapan jalur serat optik sebagai media backhaul jaringan seluler dengan studi kasus pelaksanaan di PT Telkom Akses pada divisi Survey Drawing & Inventory (SDI-HO). Metode yang digunakan meliputi pengolahan data koordinat site, konversi format data, pemetaan lokasi menggunakan Google Earth, penentuan titik catuan terdekat, perhitungan estimasi panjang kabel, serta penyusunan dokumen teknis sesuai dengan standar proyek yang berlaku, seperti Mitratel, EBIS, dan Node B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan jaringan serat optik sebagai backhaul mampu meningkatkan kinerja jaringan, mempercepat proses perencanaan, serta meminimalkan potensi kesalahan teknis di lapangan.

Selain itu, penggunaan sistem berbasis template data dan dukungan alat pemetaan otomatis terbukti dapat meningkatkan efisiensi kerja serta menjaga konsistensi dokumentasi proyek. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan jaringan GPON sebagai media backhaul seluler merupakan solusi yang efektif dalam memenuhi kebutuhan kualitas layanan jaringan komunikasi modern.

Kata kunci— GPON, backhaul, serat optik, jaringan seluler, Google Earth

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi yang semakin pesat menuntut ketersediaan infrastruktur jaringan yang andal, berkecepatan tinggi, serta mampu mengakomodasi kebutuhan transmisi data dalam jumlah besar, khususnya pada jaringan seluler. Untuk menjamin kualitas layanan dan kontinuitas konektivitas, diperlukan sistem backhaul yang mampu menghubungkan perangkat akses seperti Base Transceiver Station (BTS) atau Node B dengan jaringan inti (core network) secara efisien dan stabil.

Salah satu solusi yang banyak diterapkan dalam penyediaan jaringan backhaul adalah pemanfaatan teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) berbasis serat

optik. Teknologi ini menawarkan kapasitas bandwidth yang besar, jangkauan layanan yang luas, serta efisiensi biaya operasional karena menggunakan perangkat pasif dalam proses distribusi jaringan. Dengan karakteristik tersebut, GPON menjadi pilihan yang relevan bagi operator seluler dalam mendukung kebutuhan layanan jaringan generasi keempat (4G) hingga generasi kelima (5G).

Dalam pelaksanaannya, perencanaan jalur serat optik merupakan tahapan penting yang menentukan keberhasilan pembangunan jaringan backhaul. Selama menjalani program magang di PT Telkom Akses, khususnya pada divisi Survey Drawing & Inventory (SDI-HO), penulis terlibat langsung dalam beberapa proyek jaringan, seperti Mitratel dan EBIS. Aktivitas yang dilakukan mencakup pengolahan dan pemetaan data koordinat site seluler menggunakan Google Earth, penentuan titik catuan terdekat, serta perhitungan estimasi panjang kabel serat optik yang dibutuhkan. Kegiatan tersebut merupakan bagian dari proses perencanaan teknis dalam pembangunan jalur backhaul jaringan seluler.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan layanan data yang cepat dan stabil, pemilihan media backhaul yang tepat menjadi faktor krusial dalam menjaga kinerja jaringan seluler. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap implementasi penjaluran serat optik berbasis GPON guna memastikan sistem backhaul yang dibangun mampu beroperasi secara optimal, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan jaringan modern.

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori dalam penelitian ini berfokus pada konsep implementasi jalur serat optik berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) sebagai media backhaul pada jaringan seluler. Implementasi jaringan dipahami sebagai proses penerapan perencanaan teknis ke dalam sistem nyata agar jaringan dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan layanan. Jalur serat optik berperan sebagai media transmisi utama yang memiliki kapasitas besar, redaman rendah, serta ketahanan terhadap gangguan, sehingga mampu mendukung pengiriman data jarak jauh secara stabil. Teknologi GPON memanfaatkan arsitektur point-to-multipoint dengan penggunaan perangkat pasif dalam distribusi jaringan, yang memungkinkan efisiensi infrastruktur dan biaya tanpa mengurangi kinerja transmisi. Dalam jaringan seluler, backhaul berfungsi sebagai penghubung antara perangkat akses seperti BTS atau Node B dengan jaringan inti, sehingga kualitas layanan sangat bergantung pada keandalan dan

kapasitas media backhaul yang digunakan. Penerapan serat optik GPON sebagai backhaul diharapkan mampu meningkatkan kinerja jaringan seluler dalam hal kapasitas, stabilitas, dan efisiensi operasional. Oleh karena itu, pemahaman terhadap teori implementasi jaringan, karakteristik serat optik, teknologi GPON, serta fungsi backhaul menjadi landasan penting dalam menganalisis efektivitas penerapan jalur serat optik GPON pada jaringan seluler.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus untuk menganalisis implementasi jalur serat optik berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) sebagai media backhaul pada jaringan seluler. Penelitian dilaksanakan selama kegiatan magang di PT Telkom Akses, khususnya pada divisi Survey Drawing & Inventory (SDI-HO), yang berperan dalam perencanaan dan dokumentasi jaringan backhaul pada proyek Mitratel, EBIS, dan Node B. Metode ini dipilih untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai prosedur perencanaan jalur serat optik serta analisis performa jaringan yang dihasilkan.

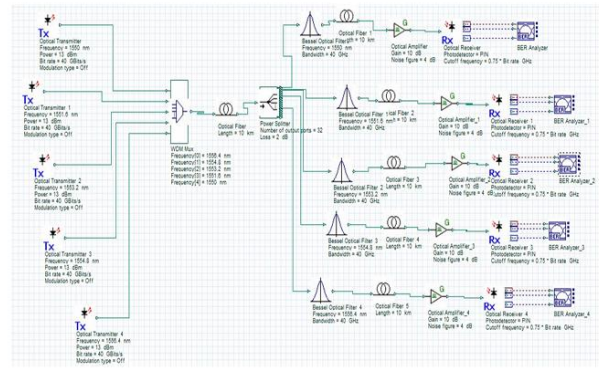
Alur penelitian dimulai dari penerimaan data koordinat site seluler dalam format *.csv*. Data tersebut kemudian diproses dan dikonversi ke format *.kml* agar dapat divisualisasikan menggunakan Google Earth Pro. Selanjutnya dilakukan pemetaan titik site dan identifikasi titik catuan terdekat berdasarkan jaringan serat optik eksisting, seperti feeder closure, ODC, dan kabel distribusi. Setelah catuan ditentukan, dilakukan pengukuran jarak dan estimasi panjang kabel serat optik berdasarkan jalur yang tergambar pada peta digital. Seluruh proses ini disusun dalam satu arsitektur sistem yang terintegrasi untuk memastikan konsistensi, ketelitian, dan efisiensi perencanaan jaringan.

Pemodelan sistem dalam penelitian ini difokuskan pada alur kerja (*workflow*) perencanaan jalur serat optik, yang mencakup pengolahan data koordinat, pemetaan lokasi site dan catuan, perhitungan estimasi panjang kabel, serta penyusunan dokumentasi teknis. Pendekatan pemodelan ini dipilih karena sistem yang dianalisis bersifat teknis-operasional dan tidak melibatkan aplikasi terintegrasi berbasis web atau desktop.

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras berupa laptop Acer Aspire 3 A314 Series dengan sistem operasi Windows 11, yang digunakan untuk pengolahan data dan pemetaan. Perangkat lunak utama yang digunakan adalah Google Earth Pro sebagai alat pemetaan geospasial dan Microsoft Excel untuk pengolahan data serta penyusunan laporan teknis. Perangkat lunak pendukung lainnya meliputi aplikasi konversi *.csv* ke *.kml*, Notepad++ untuk pembersihan format data, WinRAR untuk kompresi file, serta media penyimpanan berbasis cloud sebagai sarana distribusi dan pengelolaan dokumen.

Selain perencanaan jalur fisik, penelitian ini juga melakukan simulasi jaringan optik GPON menggunakan perangkat lunak OptiSystem. Simulasi dilakukan untuk memodelkan transmisi sinyal optik dari Optical Line Terminal (OLT) menuju Optical Network Unit (ONU) melalui Optical Distribution Network (ODN) dengan konfigurasi serat optik dan splitter pasif. Rancangan simulasi

mengikuti arsitektur standar GPON dan digunakan untuk menganalisis parameter performa jaringan seperti redaman total, Bit Error Rate (BER), Q-Factor, dan eye diagram.



Gambar 1

Parameter simulasi ditentukan berdasarkan standar teknis GPON dan referensi penelitian sebelumnya, meliputi panjang gelombang, laju data, panjang serat optik, redaman, serta konfigurasi splitter. Nilai-nilai parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas transmisi sinyal optik dan memastikan sistem beroperasi dalam batas kinerja yang dapat diterima.

Tabel 1

No	Parameter	Nilai / Jenis	Keterangan
1	Panjang gelombang	1550 nm	Standar GPON
2	Laju data (bit rate)	2,5 Gbps	Downstream GPON
3	Panjang serat optik	20 km	Antara OLT dan splitter
4	Redaman serat optik	0,2 dB/km	SMF ITU-T G.652
5	Dispersion	16,75 ps/nm/km	Fiber single-mode
6	Splitter loss	2 dB	Splitter 1:32
7	Optical amplifier gain	10 dB	ODN amplifier
8	Receiver type	PIN photodiode	Responsivity 1 A/W
9	Modulation	NRZ-OOK	Non-return to zero
10	Simulated power	+3 dBm	Output transmitter

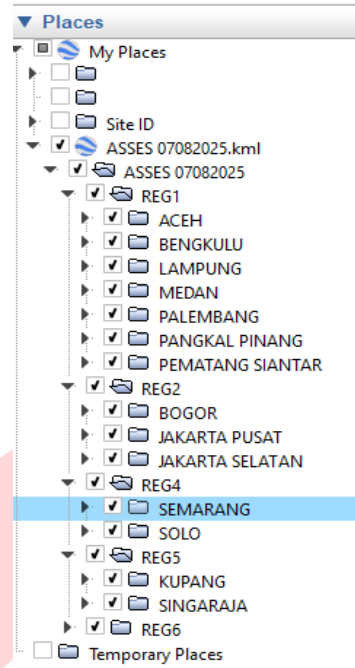
Hasil dari perencanaan jalur serat optik dan simulasi jaringan kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menilai efektivitas implementasi GPON sebagai media backhaul pada jaringan seluler. Analisis ini menjadi dasar dalam menarik kesimpulan terkait kinerja jaringan serta potensi pengembangan sistem perencanaan dan implementasi jaringan GPON di masa mendatang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh melalui serangkaian proses implementasi dan analisis yang dirancang untuk mengevaluasi kinerja perencanaan jalur serat optik berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) sebagai media backhaul jaringan seluler. Evaluasi dilakukan secara sistematis dan berulang untuk memastikan bahwa setiap tahapan perencanaan, mulai dari pengolahan data koordinat, pemetaan jalur menggunakan Google Earth Pro, hingga penyusunan dokumentasi teknis, dapat berjalan sesuai dengan rancangan awal dan standar teknis yang berlaku. Fokus utama analisis diarahkan pada ketepatan pemilihan jalur optik, efisiensi estimasi panjang kabel, serta kesesuaian desain terhadap kondisi geografis dan kebutuhan jaringan di lapangan. Selain itu, kualitas rancangan juga dievaluasi melalui simulasi jaringan optik menggunakan OptiSystem untuk menilai performa transmisi sinyal berdasarkan parameter Bit Error Rate (BER), Q-Factor, dan daya terima optik, yang menjadi indikator penting dalam menentukan kelayakan penerapan jaringan GPON sebagai media backhaul pada lingkungan operasional nyata.

A. Hasil Implementasi Perencanaan Jalur Serat Optik

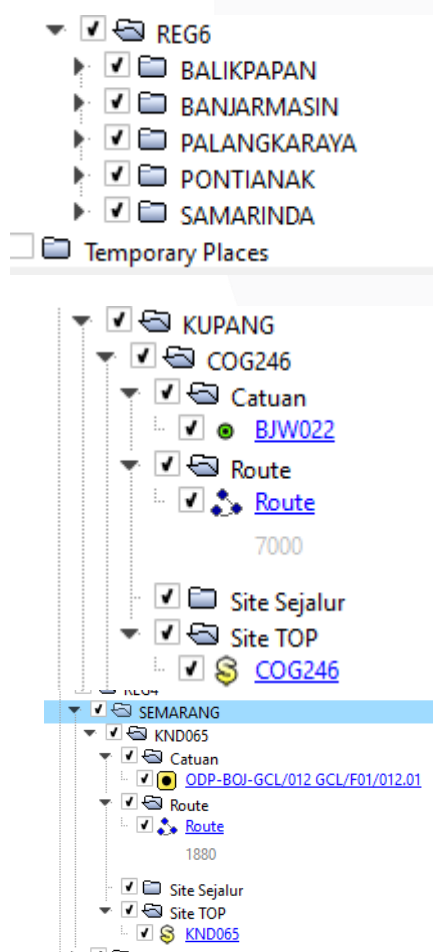
Implementasi sistem diawali dengan pengolahan data koordinat site dan Optical Distribution Point (ODP) yang diterima dalam format .csv. Data tersebut kemudian disesuaikan menggunakan template standar agar kompatibel dengan proses konversi, sebelum diubah ke format .kml untuk divisualisasikan pada Google Earth Pro. Tahapan ini memungkinkan pemetaan lokasi site, ODP, dan perangkat jaringan eksisting secara akurat pada peta digital.



Gambar 2

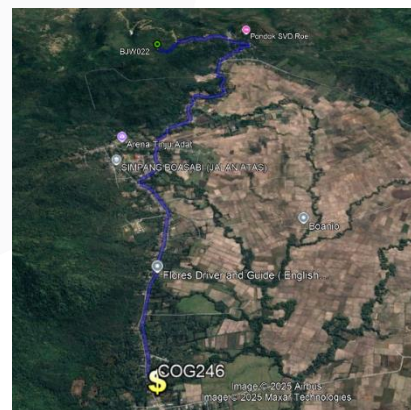
Pada tahap pemetaan, titik koordinat site ID, ODP, dan feeder closure digunakan sebagai dasar dalam penentuan jalur serat optik. Jalur dirancang dengan prinsip pemilihan rute terpendek yang tetap mempertimbangkan kondisi medan, ketersediaan core yang memadai pada jaringan eksisting, serta aksesibilitas lapangan agar dapat diimplementasikan secara teknis. Setelah jalur ditentukan, dilakukan validasi teknis berdasarkan standar instalasi PT Telkom Akses untuk memastikan kesesuaian rute dengan ketentuan jaringan serat

optik. Seluruh hasil pemetaan kemudian didokumentasikan dalam bentuk file .kml, tangkapan layar, dan tabel rekap sebagai keluaran sistem.



B. Implementasi Desain Jalur di Wilayah Kupang

Wilayah Kupang dipilih sebagai salah satu studi kasus karena memiliki karakteristik geografis yang beragam, mulai dari area terbuka hingga kawasan permukiman. Proses implementasi menghasilkan desain jalur serat optik yang menghubungkan site COG246 dengan titik catuan BJW022. Jalur optik ditampilkan secara visual pada peta digital dan



Gambar 3

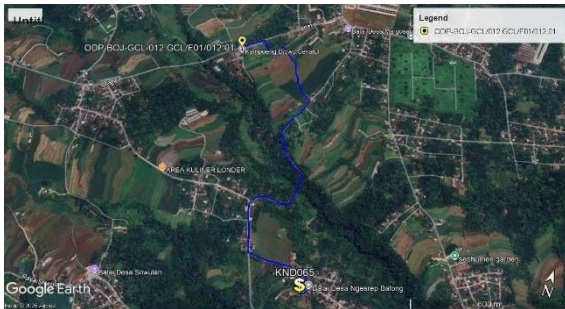
dirancang melewati area dengan hambatan fisik minimal untuk mempermudah proses instalasi.

Visualisasi jalur menunjukkan bahwa rute yang dipilih telah memenuhi kriteria teknis, yaitu efisiensi panjang kabel, ketersediaan core, serta kemudahan akses lapangan. Penandaan landmark seperti "AEGELA DANGA" turut

disertakan untuk membantu teknisi dalam mengenali posisi saat pelaksanaan instalasi. Dengan desain yang terstruktur dan terdokumentasi dengan baik, perencanaan jaringan GPON di wilayah Kupang dinilai mampu mendukung pembangunan jaringan backhaul seluler secara efisien dan andal.

C. Implementasi Desain Jalur di Wilayah Semarang

Studi kasus kedua dilakukan di wilayah Kabupaten Semarang, dengan jalur yang menghubungkan site KND065 dan titik catuan ODPBOJ-GCL/012. Jalur optik dirancang berdasarkan analisis geospasial menggunakan Google Earth Pro, dengan mempertimbangkan variasi kondisi medan seperti area pedesaan, kebun, dan jalan setapak.

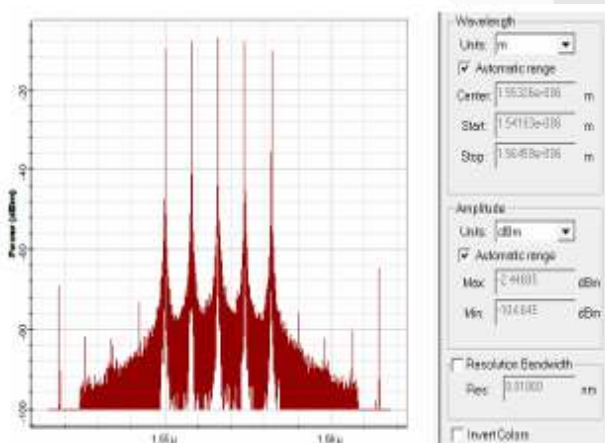


Gambar 4

Penentuan jalur dilakukan dengan memperhatikan beberapa aspek penting, antara lain pemilihan rute terpendek, kondisi topografi, potensi rintangan fisik, ketersediaan minimal dua core kosong pada titik catuan, serta kemudahan akses bagi teknisi. Penandaan landmark seperti Kampong Djowo Sekatul, Area Kuliner Londer, dan Balai Desa Ngesrep Balong digunakan sebagai referensi lapangan agar desain lebih aplikatif dan mudah diimplementasikan. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa jalur yang dirancang telah memenuhi standar teknis dan layak digunakan sebagai pedoman instalasi jaringan GPON.

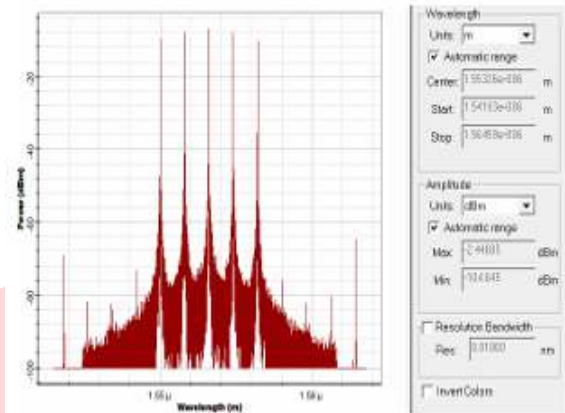
D. Simulasi dan Analisis Kinerja Jaringan Menggunakan OptiSystem

Selain implementasi perencanaan fisik, penelitian ini juga melakukan simulasi kinerja jaringan GPON menggunakan perangkat lunak OptiSystem untuk menganalisis kualitas transmisi sinyal optik pada lapisan fisik.



Gambar 5

Simulasi mengacu pada arsitektur PON dengan panjang gelombang 1550 nm, kapasitas downstream 2,5 Gb/s, panjang serat 20 km, dan konfigurasi splitter 1:32. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi Bit Error Rate (BER), Q-Factor, dan daya terima optik.



Gambar 6

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada jarak 20 km, sistem menghasilkan nilai Q-Factor sebesar 7,38 dan BER sebesar $3,2 \times 10^{-11}$. Berdasarkan perhitungan stabilitas, nilai tersebut menunjukkan tingkat kestabilan sebesar 123%, yang menandakan kualitas transmisi sangat baik. Pada jarak 25 km, terjadi peningkatan BER akibat akumulasi redaman dan dispersi, serta penurunan daya terima hingga mendekati batas sensitivitas receiver. Meskipun demikian, hasil simulasi masih berada dalam batas toleransi standar ITU-T G.984 untuk GPON, dengan redaman total tidak melebihi 28 dB. Analisis kinerja menunjukkan bahwa peningkatan panjang serat optik berbanding lurus dengan peningkatan redaman dan degradasi kualitas sinyal. Dispersi kromatik turut mempengaruhi pelebaran pulsa optik, yang tercermin pada perubahan bukaan eye diagram. Konfigurasi splitter 1:32 memberikan tambahan loss, namun masih dapat ditoleransi oleh sistem. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa jarak transmisi optimal sistem GPON tanpa regenerasi berada pada kisaran 20–25 km. Berdasarkan hasil implementasi lapangan dan simulasi OptiSystem, dapat disimpulkan bahwa rancangan jalur serat optik GPON yang diusulkan mampu diimplementasikan secara efektif sebagai media backhaul jaringan seluler. Desain jalur yang dihasilkan memenuhi standar teknis, mudah diaplikasikan di lapangan, serta didukung oleh kinerja transmisi optik yang stabil dan andal.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pembangunan jalur serat optik berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) sebagai media backhaul mampu mendukung kebutuhan konektivitas jaringan seluler secara lebih stabil, efisien, dan terstruktur. Melalui kegiatan magang di PT Telkom Akses, penulis terlibat langsung dalam proses perencanaan jaringan yang meliputi pengolahan data koordinat site, konversi data geospasial, pemetaan jalur serat optik menggunakan Google Earth Pro, hingga penyusunan laporan teknis sebagai acuan tim perencana dan operasional. Implementasi yang dilakukan pada wilayah Solo dan

Semarang menunjukkan bahwa metode pemetaan berbasis visualisasi geospasial dapat menghasilkan rute jalur optik yang relatif optimal dengan mempertimbangkan jarak terpendek, kondisi medan, serta ketersediaan core pada titik catuan. Alur kerja yang diterapkan juga terbukti mampu meningkatkan efisiensi perencanaan, mengurangi potensi kesalahan teknis, serta menghasilkan dokumentasi yang lebih rapi dan mudah ditelusuri.

Namun demikian, hasil penelitian ini juga menunjukkan adanya peluang pengembangan lebih lanjut, khususnya pada aspek otomatisasi penentuan jalur dan catuan berbasis perhitungan geospasial, standarisasi format data input, serta sistem dokumentasi yang lebih terintegrasi. Selain itu, analisis kinerja jaringan ke depan dapat diperluas tidak hanya pada parameter fisik seperti Bit Error Rate (BER) dan Q-Factor, tetapi juga mencakup aspek delay, jitter, dan variasi trafik untuk memperoleh gambaran kualitas layanan backhaul yang lebih komprehensif. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menggambarkan implementasi jalur serat optik GPON sebagai backhaul jaringan seluler telah tercapai dan hasilnya dapat dijadikan referensi teknis serta dasar pengembangan perencanaan jaringan di masa mendatang.

REFERENSI

- [1] Hariyanto, A., & Santoso, D. (2020). *Teknologi Jaringan Fiber Optik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [2] Purnomo, A. (2018). *Pengantar Jaringan Komputer dan Komunikasi Data*. Bandung: Informatika.
- [3] Sutrisno, R. (2021). "Analisis Kinerja GPON pada Jaringan Telekomunikasi Menggunakan Metode Backhaul". *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 5(2), 85–94.
- [4] Purba, M. (2019). *Jaringan Serat Optik dan Konfigurasi GPON untuk Telekomunikasi Modern*. Jakarta: Media Informatika.
- [5] Mitratel (2024). *Pedoman Teknis Implementasi Backhaul Site Node B Menggunakan FO GPON*. PT Dayamitra Telekomunikasi (Dokumen Internal).
- [6] Telkom Akses. (2024). *Standar Operasional Prosedur Pemetaan Jaringan dan Perencanaan Jalur FO*. PT Telkom Akses (Dokumen Internal).
- [7] ITU-T. (2016). *G.984 Series: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics*. Geneva: International
- [8] Google Earth Pro. (2024). *Mapping and Geospatial Visualization Tool*. <https://www.google.com/earth/>
- [9] Cisco. (2023). *What is GPON and How It Works?* Cisco Knowledgebase. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/gpon.html>
- [10] QGIS. (2024). *Open Source Geographic Information System*. <https://qgis.org>
- [11] M. D. Diouf, A. D. Kora, O. Ringar, and C. Aupetit-Berthelemot, "Evolution to 200G Passive Optical Network," *Computer Technology and Application*, vol. 3, no. 11, pp. 723–728, Nov. 2012. <https://arxiv.org/abs/1304.0722>