

Perancangan Jaringan Backbone Di Daerah Pegunungan Bintang Papua

1st Nicholas Ardi Nugraha
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

nicholasardi@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Fannush Shofi Akbar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

3rd Arrizky Ayu Faradila Purnama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

kyafara@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini menghasilkan perbandingan dari data hasil perancangan simulasi optisystem yang dilakukan serta perhitungan manual yang telah dilakukan. Perancangan sistem yang dilakukan menggunakan jarak transmisi berkisar antara 65,62 km hingga 87,05 km. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai power link budget berkisar antara -23,024 dBm hingga -27,31 dBm dan simulasi berkisar antara -14,641 dBm hingga -18,927 dBm, nilai ini masih sesuai standar diatas -28 dBm. Nilai rise time budget yang di dapatkan yaitu berkisar antara 19 ps hingga 21 ps, nilai yang di dapatkan mengindikasikan kinerja sistem tidak akan terganggu karena tidak lebih dari 70 ps. Sehingga, penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil dari kinerja jaringan yang dirancang bekerja dengan sangat baik.

Kata kunci— backhaul, gNodeB, serat optik, STM-4, Backhaul

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki beberapa daerah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T) menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 63 tahun 2020 tentang penetapan daerah tertinggal tahun 2020 – 2024, Kabupaten Pegunungan Bintang Provinsi Papua termasuk dalam daftar daerah tertinggal tahun 2020 – 2024 [1]. Bandara Oksibil, yang merupakan bandara terdekat, memiliki peran penting sebagai akses utama ke Pegunungan Bintang [1]. Pegunungan Bintang hanya dapat dilakukan menggunakan transportasi udara menyebabkan Pegunungan Bintang masuk kedalam wilayah 3T.

Untuk mendukung Pembangunan dan pemerataan jaringan Backhaul, maka dibutuhkan teknologi transmisi yang juga dapat bekerja dengan baik. Salah satu teknologi tersebut adalah serat optic yang memiliki *bandwidth* dalam kapasitas besar yang mampu menjangkau pengguna jarak jauh dan juga memiliki kecepatan transmisi data yang sangat tinggi [4].

Maka dari itu pada penelitian kali ini penulis akan membahas tentang perancangan jaringan *backhaul gNodeB* menggunakan serat optic yang memperhitungkan traffic user dalam menentukan bentuk topologi dari jaringan *gNodeB*

yang akan dirancang, yang nantinya akan berfokus di Pegunungan Bintang Papua. Analisis backhaul dalam perancangan jaringan serat optik Backhaul adalah langkah krusial untuk memastikan kinerja, efisiensi, dan keandalan jaringan secara keseluruhan. alasan pentingnya analisis ini adalah kebutuhan untuk memastikan kapasitas dan bandwidth yang memadai.

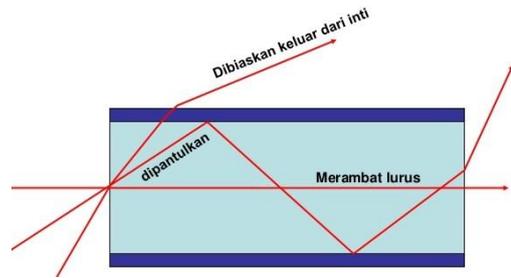
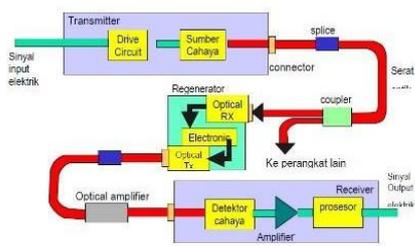
II. KAJIAN TEORI

A. Jaringan Backhaul

Backhaul fiber optik merupakan teknologi penting dalam jaringan komunikasi modern yang menghubungkan jaringan akses dengan jaringan inti menggunakan serat optik untuk mentransmisikan data berkecepatan gigabit per detik. Sistem ini terdiri dari Optical Line Terminal (OLT) di pusat data dan Optical Network Units (ONU) di sisi pengguna, memungkinkan transmisi data yang besar dan stabil, mendukung berbagai layanan seperti internet berkecepatan tinggi, IPTV, dan VoIP secara simultan. Keunggulannya terletak pada efisiensinya, karena menggunakan teknologi pasif yang mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan, serta meningkatkan skalabilitas jaringan, sehingga dapat menambah pelanggan tanpa perubahan infrastruktur signifikan. Dengan latensi rendah dan keamanan tinggi, menjadi pilihan ideal untuk memenuhi permintaan layanan data berkualitas tinggi dan memainkan peran penting dalam pengembangan jaringan telekomunikasi masa depan.[6]

B. Jaringan Backbone

Jaringan backbone berfungsi sebagai jalur utama atau koneksi yang dirancang untuk mengalirkan data dalam suatu jaringan. Biasanya, jaringan ini menghubungkan jaringan lokal (LAN) dengan jaringan yang lebih luas (WAN) secara bersamaan. Media transmisi yang umum digunakan dalam jaringan backbone meliputi satelit, gelombang mikro, dan serat optik. Mengingat kebutuhan bandwidth yang besar, serat optik sering menjadi pilihan utama untuk memenuhi permintaan tersebut. Dengan adanya jaringan backbone, kinerja jaringan dapat dioptimalkan secara signifikan.



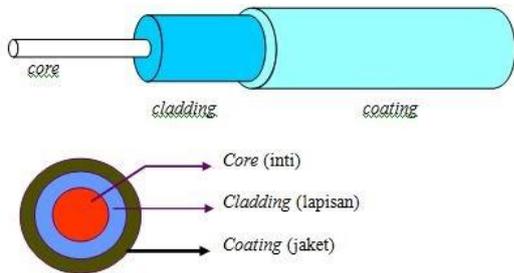
Dengan penerapan jaringan backbone, kecepatan interkoneksi antara jaringan lokal dapat meningkat secara signifikan. Meskipun kabel UTP dapat digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal, kecepatannya terbatas hanya hingga 100 Mbps, yang membuatnya kurang efisien. Sebaliknya, jaringan backbone mampu mendukung transfer data hingga 10 Gbps. Untuk membangun jaringan backbone, diperlukan perangkat seperti bridge atau switch yang memiliki kecepatan antara 1 hingga 10 Gbps. Selain itu, penggunaan converter juga memungkinkan peningkatan kecepatan transfer dari 100 Mbps menjadi 1 Gbps.

Pada umumnya system transmisi komunikasi serat optik dapat di jelaskan pada Gambar. Pada Gambar, data berupa sinyal digital atau analog akan di kirim. Dalam system pengirimannya data berasal dari elektrik akan di ubah terlebih dahulu ke optic oleh sumber Cahaya berupa LED, kemudian disambungkan pada splices atau konektor dari fiber satu ke yang lain dan di terima oleh photodetector berupa pin yang akan mengubah elektrik ke data semula [8]



C. Struktur Serat Optik

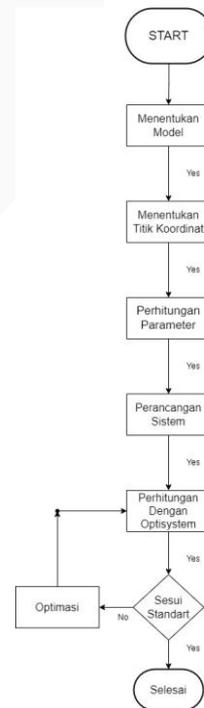
Struktur dasar serat optik meliputi Inti (Core) yang berfungsi untuk mengetahui perambatan cahaya dari satu ujung ke ujung lainnya. Cladding (lapisan) berfungsi sebagai cermin yang memantulkan cahaya sehingga dapat merambat ke ujung cermin yang lain. Coating (jaket) berfungsi sebagai pelindung mekanik dengan indeks bias kode warna, Core selalu lebih besar dari indeks bias Cladding. Struktur fisik Fiber Optik dapat dilihat pada Gambar di bawah ini. [7]



Bahan inti pada serat optik sangat mempengaruhi kualitas serat optik yang juga merupakan bagian utama dari serat optik itu sendiri karena perambatan Cahaya terjadi pada bagian ini, maka dari itu inti terbuat dari bahan kuarsa dengan kualitas tinggi. Bahan kaca di gunakan untuk Cladding dengan indeks biasanya lebih kecil dari inti. hubungan indeks bias antara inti dengan Cladding akan mempengaruhi perambatan Cahaya pada inti. Coating terbuat dari bahan plastic, yang memiliki fungsi sebagai pelindung serat optik dari kerusakan seperti kebakaran, kelistrikan, dan lain sebagainya. Perambatan Cahaya pada Serat Optik dalam suatu medium melalui tiga cara, yaitu merambat lurus, memantul, dan membias. Contoh berikut dapat dibuktikan melalui Gambar perambatan Cahaya pada serat optik. [7]

III. METODE

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, akan dilakukan beberapa tahapan yang sistematis agar hasil yang diperoleh nantinya dapat sesuai dengan target yang diinginkan. Diagram alir dari pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar. dimulai dengan menentukan model yang akan di gunakan pada perancangan ini, kemudian setelah mendapatkan model yang nantinya akan di bangun penulis menentukan koordinat pada setiap sitenya yang nantinya akan di gunakan pada perhitungan manual dan simulasi pada software optisystem, pada desain ini penulis menggunakan standart ITU-T yang nantinya akan di bandingkan dengan standart Telkom, setelah melakukan perhitungan dan simulasi hasil yang di dapat akan di bandingkan apakah hasil perancangan disain masuk kedalam standart.



A. Lokasi Perancangan Sistem

Langkah awal dalam merencanakan jaringan backhaul gNodeB melibatkan identifikasi daerah target dan pengumpulan data terkait, seperti ukuran wilayah, populasi, pertumbuhan populasi, geografi, dan faktor lainnya. Informasi ini penting untuk menentukan pola trafik pengguna serta jumlah situs yang diperlukan untuk melayani kebutuhan jaringan di daerah tersebut.

Fokus penelitian ini adalah Kabupaten Pegunungan Bintang di Provinsi Papua, terutama dalam konteks aktivitas tambang yang memerlukan akses jaringan serat optik Backhaul. Kabupaten ini dipilih karena pentingnya akses jaringan untuk kegiatan pertambangan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun solusi perencanaan jaringan backhaul gNodeB menggunakan serat optik, dengan tujuan meningkatkan kualitas layanan seluler bagi aktivitas tambang di wilayah Pegunungan Bintang. [4]



B. Perancangan Jarak dan Panjang Kabel Optik

Pada penelitian ini lokasi perancangan merupakan daerah pegunungan yang memerlukan beberapa pendekatan agar dapat dilakukan, Menentukan panjang kabel optik di wilayah pegunungan memerlukan pendekatan yang lebih rinci dibandingkan dengan wilayah datar. Hal ini disebabkan oleh kontur tanah yang bervariasi, perbedaan elevasi yang signifikan, dan hambatan alami yang mungkin ditemui sepanjang jalur. [23] Proses ini dimulai dengan pemetaan topografi wilayah menggunakan peta topografi digital melalui aplikasi Google Earth.

Setelah melakukan pemetaan topografi, langkah berikutnya adalah menentukan rute terbaik untuk pemasangan kabel. Rute ini harus dipilih dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti meminimalkan perubahan elevasi yang tajam, menghindari hambatan alami seperti sungai, tebing, atau hutan lebat, serta memperhatikan aksesibilitas untuk instalasi dan pemeliharaan kabel. [23]

C. Perancangan Backhaul Link

Dalam penelitian ini, Laser Diode dipilih sebagai sumber cahaya untuk serat optik karena karakteristiknya yang handal dalam menghasilkan cahaya intensitas tinggi yang stabil dan mampu merambat dengan kecepatan tinggi, memungkinkan penjelajahan jarak yang jauh. Sebagai bagian dari perancangan Backhaul Link, digunakan PIN photodiode

sebagai detector optic yang sesuai dengan kebutuhan kapasitas situs dalam penelitian ini.

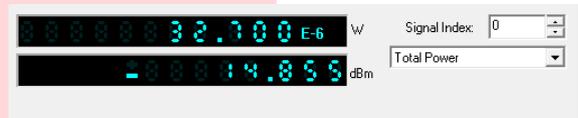
Dalam perancangan link jaringan backhaul pada Tugas Akhir ini, teknologi STM-4 dipilih karena memiliki kecepatan bit rate hingga 622 Mbps, yang memadai untuk memenuhi kebutuhan kecepatan di setiap situs. Selain itu, STM-4 juga mampu menjangkau jarak lebih dari 30 km, menjadikannya solusi yang cocok untuk perancangan jaringan dengan cakupan yang luas. [6]

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Power Link Budget

Berdasarkan coverage

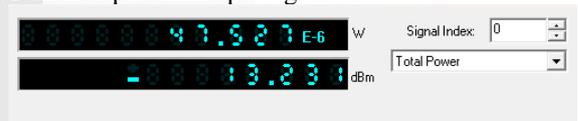
berdasarkan hasil perancangan di dapatkan hasil simulasi tarikan site 1 ke site 10 yang dimana hasil nilai Prx di peroleh dari hasil simulasi jaringan menggunakan software optisystem dapat dilihat pada gambar di bawah



pada gambar bernilai cukup signifikan berbeda dengan perhitungan manual yang dimana jika dalam perhitungan manual didapatkan nilai sebesar -23,632 dBm sedangkan pada hasil simulasi di dapatkan nilai sebesar -14,855 dBm, nilai ini menunjukkan bahwa hasil simulasi menggunakan software optisystem jalur Site 1 - Site 10 dikatakan cukup karena berada pada minimum daya sensitivitas yaitu <-28dBm dan dapat di deteksi oleh reachiver. Perhitungan serta perbandingan Hasil perhitungan manual

Berdasarkan Capacity

berdasarkan hasil perancangan di dapatkan hasil simulasi tarikan site 1 ke site 5 pada perhitungan capacity yang dimana hasil nilai Prx di peroleh dari hasil simulasi jaringan menggunakan software optisystem bernilai cukup signifikan berbeda dengan perhitungan manual yang dimana jika dalam perhitungan manual didapatkan nilai sebesar -22,008 dBm sedangkan pada hasil simulasi di dapatkan nilai sebesar -13,231 dBm dapat dilihat pada gambar bawah.



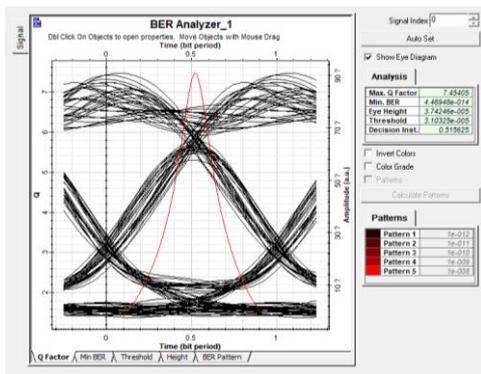
pada gambar bernilai cukup signifikan berbeda dengan perhitungan manual yang dimana jika dalam perhitungan manual didapatkan nilai sebesar -23,632 dBm sedangkan pada hasil simulasi di dapatkan nilai sebesar -14,855 dBm, nilai ini menunjukkan bahwa hasil simulasi menggunakan software optisystem jalur Site 1 - Site 10 dikatakan cukup karena berada pada minimum daya sensitivitas yaitu <-28dBm dan dapat di deteksi oleh reachiver. Perhitungan serta perbandingan Hasil perhitungan manual

B. Hasil Simulasi BER

Berdasarkan Coverage

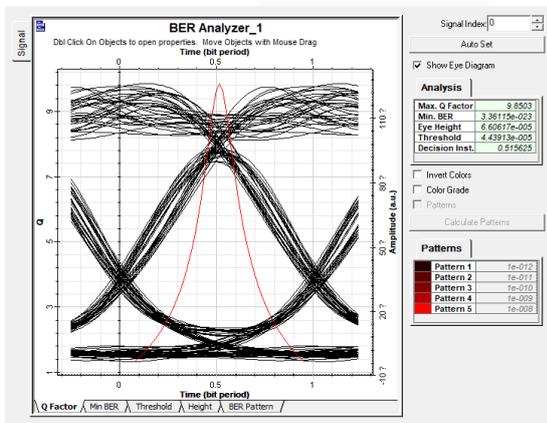
Perhitungan kinerja Bit Error Rate (BER) sangat penting dalam sistem komunikasi optik untuk memastikan kualitas transmisi data tetap terjaga. BER merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah bit yang salah diterima dibandingkan dengan total bit yang dikirimkan selama proses

transmisi. Nilai BER yang rendah menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang baik, karena tingkat kesalahan dalam pengiriman data sangat kecil.



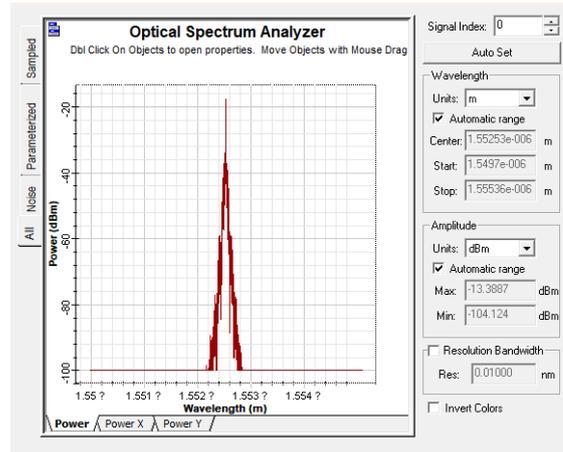
Hasil simulasi BER pada Kabupaten Pegunungan Bintang Papua berdasarkan Coverage Tarikan Site 1 - Site 10 dengan menggunakan Software Optisystem terdapat pada Gambar 5.6, dapat dilihat bahwa nilai BER tarikan Site 1 - Site 10 yang didapatkan yaitu $4,46948 \times 10^{-14}$, nilai tersebut berada pada kategori ideal karena tidak lebih besar dari 1×10^{-12} . Berdasarkan Capacity

Perhitungan kinerja Bit Error Rate (BER) sangat penting dalam sistem komunikasi optik untuk memastikan kualitas transmisi data tetap terjaga. BER merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah bit yang salah diterima dibandingkan dengan total bit yang dikirimkan selama proses transmisi. Nilai BER yang rendah menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang baik, karena tingkat kesalahan dalam pengiriman data sangat kecil.

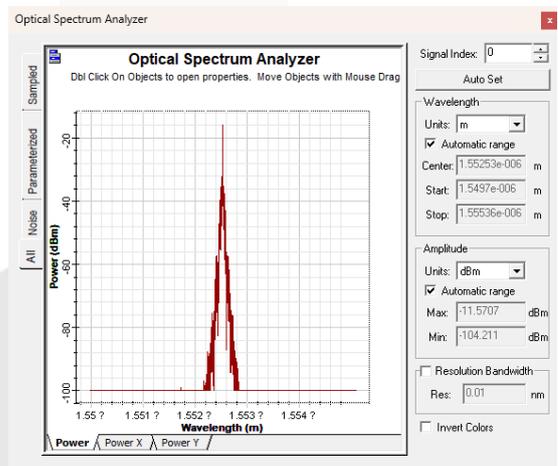


hasil Simulasi BER pada Kabupaten Pegunungan Bintang Papua berdasarkan Capacity Tarikan Site 1 - Site 5 dengan menggunakan Software Optisystem terdapat pada Gambar 5.7, dapat dilihat bahwa nilai BER Tarikan Site 1- Site 5 yang didapatkan yaitu $3,36115 \times 10^{-23}$, nilai tersebut berada pada kategori ideal karena lebih besar dari 1×10^{-12} .

C. Hasil Simulasi SNR Berdasarkan Coverage



Hasil simulasi SNR pada Kabupaten Pegunungan Bintang Papua berdasarkan Coverage Tarikan Site 1 - Site 10 dengan menggunakan Software Optisystem terdapat pada Gambar 5.8, dapat dilihat bahwa nilai SNR tarikan Site 1 - Site 10 yang didapatkan yaitu 13,3887, nilai tersebut berada pada kategori cukup kuat tetapi masih ada error yang akan di terima hal ini di karenakan nilai SNR masih kurang jika di dibandingkan perhitungan manual pada tabel 4.7 dimana perhitungan manual menunjukkan nilai yang lebih besar ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual masih lebih baik di dibandingkan dengan hasil simulai, hal ini bisa di sebabkan kakrena jarak yang masih terlalu jauh ataupun juga bisa di karena banyaknya gangguan pada saat pengiriman transmisi. Berdasarkan Capacity



Hasil simulasi SNR pada Kabupaten Pegunungan Bintang Papua berdasarkan Capacity Tarikan Site 1 - Site 5 dengan menggunakan Software Optisystem terdapat pada Gambar 5.8, dapat dilihat bahwa nilai SNR tarikan Site 1 - Site 5 yang didapatkan yaitu 11,5707, nilai tersebut berada pada kategori cukup kuat tetapi masih ada error yang akan di terima hal ini di karenakan nilai SNR masih kurang jika di dibandingkan perhitungan manual pada tabel 4.10 dimana perhitungan manual menunjukkan nilai yang lebih besar ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual masih lebih baik di dibandingkan dengan hasil simulai, hal ini bisa di sebabkan kakrena jarak yang masih terlalu jauh ataupun juga bisa di karena banyaknya gangguan pada saat pengiriman transmisi.

D. Pembahasan

Analisis hasil perhitungan manual dan simulasi power link budget pada prancangan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, terutama pada nilai daya terima. Pada perhitungan berdasarkan coverage, hasil perhitungan manual menghasilkan rentang nilai Prx antara -23,024 dBm hingga -27,31 dBm, sedangkan hasil simulasi menggunakan software Optisystem menunjukkan nilai yang lebih tinggi, yaitu antara -14,641 dBm hingga -18,927 dBm. Sementara itu, perhitungan berdasarkan capacity, hasil perhitungan manual memberikan rentang nilai -20,896 dBm hingga -22,744 dBm, sedangkan hasil simulasi menunjukkan rentang -12,119 dBm hingga -13,967 dBm. Meskipun terdapat perbedaan yang mencolok antara hasil perhitungan manual dan simulasi, nilai Prx dari kedua metode tetap memenuhi syarat minimum daya sensitivitas receiver yaitu sebesar -28 dBm, yang berarti daya terima masih dapat dideteksi dengan baik oleh receiver.

Hasil dari kedua percobaan ini juga menunjukkan bahwa daya yang dipancarkan dalam sistem, baik berdasarkan perhitungan manual maupun simulasi, tetap dapat diterima oleh receiver dengan baik. Hal ini mengindikasikan bahwa perancangan jaringan memiliki kemampuan untuk mentransmisikan data dengan efisien pada bit rate tertentu tanpa mengalami degradasi kualitas sinyal yang signifikan. Dengan kata lain, sistem ini layak untuk digunakan.

Analisis perhitungan Rise Time Budget pada perhitungan coverage yang dihasilkan melalui software Optisystem. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi apakah sistem dapat berfungsi dengan baik pada bit rate yang telah ditentukan. Dalam setiap desain, penulis menggunakan serat optik single-mode tanpa adanya dispersi. Format modulasi yang diterapkan adalah NRZ (Non-Return to Zero), Salah satu parameter utama dalam analisis ini adalah memastikan total rise time tidak melebihi batas yang ditentukan yaitu $0,7/\text{bit rate}$. Dengan format modulasi NRZ dan bit rate sebesar 10 Gbps, nilai T_{sys} yang dihasilkan tidak boleh melebihi 70 ps. Rise time yang lebih tinggi dari nilai tersebut dapat menyebabkan degradasi sinyal, yang akhirnya memengaruhi keakuratan data yang diterima. Oleh karena itu, analisis rise time budget menjadi langkah penting untuk memastikan kualitas sistem komunikasi tetap terjaga dan mampu memenuhi kebutuhan transmisi data dengan bit rate tinggi.

Perbedaan hasil perhitungan berdasarkan coverage dan capacity menjadi indikator penting dalam memahami karakteristik performa sistem. Pada perhitungan berdasarkan coverage, rise time yang lebih besar mencerminkan bahwa desain ini lebih berfokus pada memastikan jangkauan sinyal yang memadai, sehingga tetap memberikan kinerja yang layak meski pada jarak yang lebih jauh. Sedangkan, hasil perhitungan berdasarkan capacity menunjukkan rise time yang lebih kecil, yang berarti sistem dapat bekerja lebih optimal dalam hal kecepatan transmisi data dan meminimalkan kesalahan. Hal ini membuktikan bahwa perancangan berdasarkan capacity memberikan keunggulan dalam mendukung aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi dan akurasi tinggi pada transmisi data. Meskipun memiliki fokus yang berbeda, kedua rancangan ini membuktikan bahwa sistem mampu berfungsi dengan baik dan tetap menjaga kualitas transmisi sinyal.

Signal-to-Noise Ratio (SNR) merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas data antara perhitungan manual dan hasil simulasi. SNR

digunakan untuk memahami seberapa besar tingkat sinyal dari perhitungan manual dibandingkan dengan hasil simulasi. data yang memiliki nilai SNR menunjukkan bahwa sinyal dari perhitungan manual jauh lebih rendah dibandingkan hasil simulasi. Hal ini terlihat pada beberapa site, yang memiliki nilai SNR yang lebih tinggi, pada beberapa site juga menunjukkan nilai yang masih rendah, hal ini menunjukkan adanya gangguan besar atau ketidaksesuaian antara perhitungan manual dan simulasi, yang dapat disebabkan oleh parameter simulasi yang tidak akurat atau asumsi yang kurang tepat. Rentang perhitungan manual berada pada nilai 12,69 hingga 16,976 sedangkan pada hasil simulasi menunjukkan nilai yang lebih rendah yaitu 12,7834 hingga 16,9631

V. KESIMPULAN

Perancangan jaringan optik backhaul di Kabupaten Pegunungan Bintang sangat layak untuk dikembangkan. Hasil perhitungan power link budget menunjukkan bahwa nilai daya terima (Prx) dari perhitungan manual maupun simulasi berada di atas nilai minimum sensitivitas receiver sebesar -28 dBm, yang memungkinkan sinyal terdeteksi dengan baik. Dalam perancangan berdasarkan coverage, nilai Prx berkisar antara -23,024 dBm hingga -27,31 dBm, sedangkan simulasi menunjukkan nilai lebih tinggi, yaitu -14,641 dBm hingga -18,927 dBm. Untuk perancangan berdasarkan capacity, nilai Prx manual berada dalam rentang -20,896 dBm hingga -22,744 dBm, sementara simulasi menghasilkan nilai antara -12,119 dBm hingga -13,967 dBm. Selain itu, perhitungan Rise Time Budget menunjukkan bahwa total rise time pada sistem berada di bawah ambang batas maksimum 70 ps untuk bit rate 10 Gbps. Nilai rise time berdasarkan coverage berkisar antara 19 ps hingga 21 ps, sementara berdasarkan capacity berada dalam rentang 11 ps hingga 13 ps. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kualitas transmisi sinyal dan tidak melebihi batas yang ditentukan.

Dari parameter parameter yang telah di dapat pada perhitungan manual maupun hasil simulasi menunjukkan hasil yang memuaskan jika di bandingkan dengan standart Telkom, hal ini menunjukkan bahwa perancangan jaringan ini dikatakan sangat layak. Secara teknis pada perancangan jaringan dengan menggunakan perhitungan capacity mendapatkan jaringan lebih stabil dan dapat terdistribusi ke pengguna dengan baik, namun secara keseluruhan keduanya masih sangat baik jika di bandingkan dengan perhitungan capacity.

REFERENSI

- [1] B. P. Bintang, "Kabupaten Pegunungan Bintang Dalam Angka 2022," Online, p. 342.
- [2] H. Uropmabin, "Pemberdayaan Masyarakat Petani Kopi Oleh Dinas Pertanian Di Kabupaten Pegunungan Bintang Provinsi Papua, Online, 2022."
- [3] P. P. Papua, "Laporan Keuangan Tahun 2022," Jurnal Ilmu Pendidikan, vol. 7, no. 2, pp. 809–820, 2020.
- [4] R. N. Esa, A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya, "5G NR Planning at Frequency 3.5 GHz: Study Case in Indonesia Industrial Area," Proceeding - 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics, ICIEE 2020, no. January, pp. 187–193, 2020, doi: 10.1109/ICIEE49813.2020.9277427.

- [5] S. Ridho et al., "Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban (Fiber to the Home (FTTH) Network Design at Housing in Urban Areas)," Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 2020.
- [6] T. D. Hakim and D. Ramadhan, "OPTIMALISASI TRAFIK VOICE DAN ENODEB DENGAN MIGRASI MEDIA TRANSMISI RADIO MICROWAVE MENJADI FIBER OPTIK (STUDI KASUS SITE HARAPAN JAYA BEKASI)," *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, vol. 9, no. 3, 2019.
- [7] M. Rasyid Ali, A. Rifai, I. Nisaa, P. studi Manajemen Industri, and A. Telekomunikasi Bogor, "Fiber Optic Network Service Quality Measurement," *Ilmiah Elektrokrisna* 2022.
- [8] M. Sulaiman, N. Ubay, and S. Peneliti Pusat Teknologi Satelit, "SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK DATA SATELIT," *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna* 2019.
- [9] I. Gede Agus Aditya Putra, K. Oka Saputra, and N. Made Ary Esta Dewi Wirastuti, "Implementasi Teknologi GPON Berbasis FTTH pada Perumahan Permata Anggrek," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 1, no. 9, 2022.
- [10] M. Nurus, O. Nurdiawa, and M. Martanto, "Analisis Jaringan Akses Fiber to The Home Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network," *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 56–66, Oct. 2023, doi: 10.25008/janitra.v3i2.168.
- [11] I. Minal Zukri and A. Yolanda, "ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN PASSIVE SPLITTER PADA OPTICAL DISTRIBUTION POINT (ODP) TERHADAP KINERJA JARINGAN DI RUMAH PELANGGAN ANALYSIS THE EFFECT OF USING A PASSIVE SPLITTER ON THE OPTICAL DISTRIBUTION POINT (ODP) ON NETWORK PERFORMANCE AT THE CUSTOMER'S HOME.," vol. 1, no. 2, 2022.
- [12] N. Ardilla and Y. Natali, "Implementasi Jaringan Serat Optik Untuk Backhaul 4G Frekuensi 1800 MHz Dengan Menggunakan Pendekatan Link Budget," vol. 1, no. 1, pp. 1–010, 2019.
- [13] A. M. Parenreng, Dewiani, and A. Achmad, "Core Management Methods and Power Link Budget Analysis for New Optical Fiber Expansion," in *2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite, Comnetsat 2020 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 159–164. doi: 10.1109/Comnetsat50391.2020.9328983.
- [14] V. B. R. Utami, I. MPB, and S. Romadhona, "Analysis the impact of sun outage and satellite orbit at performance of the telkom 3S satellite communication system," *JURNAL INFOTEL*, vol. 13, no. 3, pp. 134–142, Aug. 2021, doi: 10.20895/infotel.v13i3.626.
- [15] "Pengertian SNR (Signal to Noise Ratio) : Rumus dan Cara Hitungya." Accessed: May 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.empatpilar.com/pengertian-snr-signal-to-noise-ratio/>
- [16] O. B. Pratama, A. F. Isnawati, and D. Zulherman, "Analisis Perbandingan Kinerja Pengkodean Kanal Non-Return-to-Zero (NRZ) dan Return-to-Zero (RZ) pada Rancangan Jaringan Long-haul Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)," *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, vol. 17, no. 2, pp. 143–154, Dec. 2019, doi: 10.17933/bpostel.2019.170205.
- [17] M. Agus Dwi Pratama, and A. Achmad "Jaringan Internet Pegunungan Bintang Buruk, Sirekap Tak Terpakai | Jubi Papua." Accessed: May 28, 2024. [Online]. Available: https://jubi.id/polhukam/2024/jaringan-internet-pegunungan-bintang-buruk-sirekap-tak-terpakai/#google_vignette
- [18] S. Romadhona, B. Pusat, S. Kabupaten, and P. Bintang, "A OKSIBIL Dalam Angka 2023 KECAMATAN OKSIBIL DALAM ANGKA."
- [19] D. Djamaluddin, A. Achmad, F. Hidayat, and D. Bramatyo, Analisis Penguat EDFA dan SOA pada Sistem Transmisi DWDM dengan Optisystem 14.
- [20] D. N. Ramadhani, A. T. Hanuranto, A. D. Prasetyo, and N. M. Adriansyah, "Perhitungan Jarak Paparan Radiasi Base Transceiver Station pada Frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, dan 2100 MHz Berdasarkan Standar World Health Organization," *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, vol. 17, no. 2, pp. 111–128, Dec. 2019, doi: 10.17933/bpostel.2019.170203.
- [21] A. Syahrin Prodi Teknik Elektro, F. Teknik, U. Singaperbangsa Karawang, C. Author, and A. Syahrin Abstrak, "determining the location points for the Optical Distribution Point (ODP) and Optical Distribution Cabinet (ODC) poles. in detail and detail," 2023.