

Infrastruktur pada Perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut dan Lastmile Pada Anyar-Kalianda

1st Hafizh Khairan Adya Yusuf

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

hafizhkhairan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Akhmad Hambali

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ahambali@telkomuniversity.ac.id

3rd Uke Kurniawan Usman

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ukeusman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kecepatan digitalisasi mendorong orang untuk selalu memiliki akses internet. Namun, masih banyak akses internet di Indonesia yang masih terbatas atau tidak memadai, salah satunya Provinsi Lampung. Maka dibutuhkan peningkatan akses internet yang menghubungkan Anyar di Banten hingga Kalianda Lampung. perencanaan ini bertujuan untuk mengimplementasikan Sistem Komunikasi Kabel Laut dan Lastmile. Implementasi jaringan ini dimulai dari Sentral Telepon Otomat (STO) Anyar menuju Kota Kalianda, dengan menggunakan simulasi pemetaan lokasi untuk menentukan jalur kabel optik yang dilewati, simulasi optik yang digunakan untuk menentukan kualitas *fiber optic*. Berdasarkan Perencanaan Backbone dan Lastmile dari Anyar Banten hingga Kalianda Lampung didapatkan nilai *Quality of Service* (QoS) yang sesuai dengan standar kelayakan.

Kata Kunci — submarine cable, LASTMILE, Quality of Service, Fiber Optic

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat cepat, kebutuhan akan internet yang cepat dan stabil semakin meningkat [1]. Internet yang baik sangat penting untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di suatu daerah [2]. Provinsi Lampung, yang memiliki potensi ekonomi yang besar, akan tetapi masih kekurangan akses internet yang memadai. Salah satu wilayah yang perlu mendapat perhatian khusus adalah jalur yang menghubungkan Anyar di Banten sampai Kalianda di Lampung.

Penyediaan akses internet di koridor Anyar-Kalianda menghadapi beberapa kendala signifikan, terutama jarak tempuh yang jauh dan keterbatasan infrastruktur pendukung. Panjangnya jarak menjadi hambatan dalam membangun jaringan komunikasi yang efisien. Sebagai solusi potensial, pemanfaatan sistem komunikasi kabel laut dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan konektivitas di wilayah yang sulit dijangkau tersebut.

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan teknologi kunci dalam komunikasi jarak jauh yang memungkinkan transmisi data berkecepatan tinggi dalam skala terabyte per detik melalui satu serat optik [3]. Penggunaan teknologi overlay sebagai pelengkap menjadi penting untuk memenuhi tuntutan layanan yang semakin kompleks seperti internet berkecepatan tinggi dan IPTV. Perencanaan jaringan yang matang melibatkan simulasi optik untuk menghitung parameter-parameter penting seperti LPB, SNR, Q-Factor, dan

BER guna memastikan kualitas jaringan yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan.

II. DASAR TEORI

A. Jaringan Fiber Backbone Transport

Jaringan *backbone* serat optik yang akan dibangun akan berfungsi sebagai penghubung antara jaringan akses dan jaringan inti [4]. Dengan target kualitas layanan 99%, jaringan ini akan mendukung layanan *fixed broadband* seperti *Fiber To The x* (FTTx) untuk memberikan akses internet berkecepatan tinggi kepada pelanggan.

B. Jaringan Lastmile

Perencanaan jaringan ini bertujuan untuk membangun infrastruktur *lastmile* serat optik yang handal untuk menghubungkan jaringan akses dengan *landing point* [5]. Dengan mengutamakan kualitas layanan sebesar 99%, jaringan ini akan menjadi fondasi bagi pengembangan layanan *fixed broadband* berbasis FTTx, yang menjanjikan kecepatan akses internet yang tinggi bagi pelanggan.

C. Dense Wavelength Division Multiplexing

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) memungkinkan transmisi data melalui banyak kanal cahaya yang berbeda dalam satu serat optik. Penggunaan DWDM telah meluas tidak hanya pada jaringan *backbone*, tetapi juga pada jaringan akses metropolitan. Kapasitas yang sangat besar dari DWDM, yang memungkinkan transmisi puluhan hingga ratusan panjang gelombang dalam satu serat optik [6], menjadi alasan utama di balik penerapannya pada jaringan akses.

D. Erbium Doped Fiber Amplifier

Doping serat optik dengan ion erbium menghasilkan EDFA, sebuah perangkat yang berperan krusial dalam sistem komunikasi optik [7]. EDFA berfungsi dengan cara menyerap foton dengan panjang gelombang tertentu dan kemudian memancarkan foton baru dengan energi yang lebih tinggi, sehingga menguatkan sinyal optik. Kemampuan EDFA untuk memperkuat banyak sinyal optik secara bersamaan menjadikannya komponen yang sangat cocok untuk diterapkan dalam sistem DWDM, yang memungkinkan transmisi data berkecepatan tinggi melalui serat optik tunggal.

E. Link Power Budget

Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan daya transmisi yang optimal agar sinyal yang diterima di receiver berada di atas ambang batas minimum yang diperlukan untuk komunikasi yang handal [8]. LPB dapat dihitung dengan persamaan.

$$\alpha_T = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p$$

F. Signal to Noise Ratio

Signal to Noise Ratio atau biasa disingkat SNR merupakan ukuran perbandingan kekuatan sinyal yang dikirim dengan tingkat gangguan atau noise. Nilai SNR yang tinggi mengindikasikan kualitas koneksi yang baik, sedangkan nilai SNR yang rendah dapat menyebabkan penurunan kinerja jaringan seperti kecepatan yang lambat, tingkat error yang tinggi, atau bahkan terputusnya koneksi [9]. SNR dapat dihitung dengan persamaan.

$$SNR = 10 \log \frac{(P_{in} R M)^2}{2 q P_{in} R M^2 F(M) B e + \frac{4 K_B T B e}{L Z}}$$

G. Q-Factor

Q-faktor adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas atau mutu kinerja suatu sistem. Nilai Q-faktor dapat ditentukan melalui persamaan.

$$Q = \frac{(10 \frac{SNR}{20})}{2}$$

H. Bit Error Rate

BER adalah ukuran yang menunjukkan persentase bit data yang mengalami kesalahan atau kerusakan selama proses transmisi [10]. Nilai BER dapat dihitung secara matematis berdasarkan jumlah bit yang salah dibandingkan dengan total bit yang dikirimkan.

$$BER = \frac{1}{Q} \frac{1}{2\pi} \exp \frac{Q^2}{2}$$

I. Rise Time Budget

RTB adalah parameter yang mempengaruhi bandwidth atau kapasitas suatu sistem komunikasi serat optik [11]. RTB membatasi seberapa cepat pulsa cahaya dapat naik dari level rendah ke level tinggi, dan ini berkaitan dengan fenomena dispersi yang menyebabkan pelebaran pulsa. Nilai RTB dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$t_s = \frac{Q}{(t_{tx}^2 + t_f^2 + t_{rx}^2)}$$

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Sistem

Gambar 1 merupakan Flowchart yang menggambarkan proses perencanaan sistem komunikasi kabel laut. Dimulai dengan identifikasi kebutuhan dan lokasi penempatan sistem. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data terkait topologi jaringan yang ada dan perencanaan rute kabel baru. Setelah itu dilakukan pemilihan teknologi dan komponen yang sesuai. Analisis kinerja sistem dilakukan dengan menghitung parameter-parameter seperti LPB, SNR, BER, dan Q-faktor. Tahap akhir adalah simulasi untuk memverifikasi desain sistem sebelum implementasi.



GAMBAR 1.

Flowchart Alur Perancangan Jaringan Sistem Komunikasi Kabel Laut

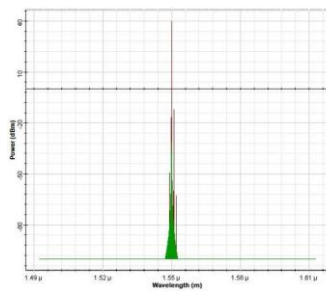
B. Skenario Perancangan

Pada skenario perancangan ini diawali dengan perhitungan yang meliputi Link Power Budget, Signal Noise Ratio, Q-factor, dan Bit Error Rate merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas suatu sistem komunikasi. Parameter-parameter ini saling terkait dan memberikan informasi mengenai kekuatan sinyal, tingkat gangguan, kualitas sinyal, dan tingkat kesalahan bit. Dengan melakukan perhitungan ini dapat mengevaluasi apakah sistem komunikasi telah memenuhi persyaratan teknis yang diperlukan untuk beroperasi dengan handal. Pemilihan EDFA sebagai penguat untuk sebuah link jarak jauh kabel laut berguna memastikan daya yang di dapatkan sesuai dengan kebutuhan yang ada.

IV. HASIL DAN ANALISIS PERANCANGAN

A. Hasil dan Analisis Backbone

Dalam perencanaan jaringan backbone, Optical Spectrum Analyzer (OSA) digunakan untuk menganalisis spektrum optik sinyal. OSA memberikan visualisasi grafis yang menunjukkan distribusi daya sinyal pada berbagai panjang gelombang. Gambar 2 memperlihatkan perbandingan spektrum sinyal sebelum dan setelah transmisi melalui serat optik, sehingga dapat dilihat pengaruh dari saluran transmisi terhadap kualitas sinyal. Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai SNR mengalami peningkatan



GAMBAR 2.
OSA Backcone

Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1551	-1.4964453	-41.291908	59.733461
1550	29.030951	-100	129.03095

GAMBAR 3.
WDM Analyzer backbone

pada panjang gelombang 1550 nm, mencapai rentang 59 dB hingga 129 dB. Panjang gelombang ini merupakan kanal pusat yang umum digunakan dalam sistem Wavelength Division Multiplexing (WDM). Peningkatan SNR ini mengindikasikan bahwa komponen-komponen optik yang digunakan dalam sistem telah dioptimalkan untuk beroperasi pada panjang gelombang tersebut, sehingga menghasilkan kinerja transmisi yang lebih baik.

B. Hasil dan Analisis Perancangan Lastmile

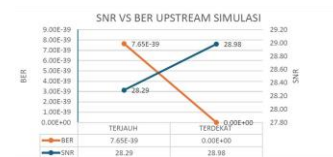
Hubungan dari SNR dan BER dari data yang dapat dilihat pada gambar 5.6, bahwa SNR pada downstream terdekat bernilai 21,210 dB nilai tersebut sudah cukup baik dikarenakan sudah sesuai dengan standar ITU-T dan Telkom sedangkan BER bernilai $2,874 \times 10^{-14}$ menunjukkan bahwa kualitas BER sudah memenuhi standar, maka dari itu semakin tinggi SNR maka semakin rendah nilai BER. Sedangkan SNR pada jarak terjauh bernilai 21,257 dB dan BER bernilai $2,881 \times 10^{-14}$ nilai kedua tersebut sudah mencukupi standar ITU-T dan Telkom, menunjukkan semakin tinggi kualitas SNR maka BER semakin rendah. Gambar 5.7 menunjukkan nilai SNR upstream jarak terdekat bernilai 28,984 dB dan Bit BER bernilai $3,10 \times 10^{-45}$ sedangkan nilai SNR upstream jarak terjauh bernilai 28,288 dB dan BER bernilai $7,65 \times 10^{-39}$. Nilai tersebut sudah memenuhi standar ITU-T dan Telkom yang menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Signal to SNR maka BER semakin rendah.



GAMBAR 4.
Grafik SNR terhadap BER downstream

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan yang didapatkan, jalur backbone dari STO Anyar menuju Kota Kalianda dengan meng-



GAMBAR 5.
Grafik SNR terhadap BER upstream

gunakan sistem komunikasi kabel laut didapatkan nilai QoS yaitu bernilai 51,65 dBm untuk LPB, 21,365 dB untuk SNR, 5,850 untuk Q-Factor, dan $7,259 \times 10^{-4}$ untuk Bit Error Rate. Panjang fiber optic yang digunakan sepanjang 48 km dengan kabel G-972 reaped. Berdasarkan perhitungan Lastmile downstream jarak terdekat didapatkan hasil -21,368 dBm untuk LPB, 21,210 dB untuk SNR, 7,747 untuk Q-Factor, dan $2,874 \times 10^{-14}$ untuk BER. Untuk downstream jarak terjauh didapatkan hasil -22,028 dBm LPB, 21,257 dB untuk SNR, 7,573 untuk Q-Factor, dan $2,881 \times 10^{-14}$ untuk BER. Untuk upstream terdekat didapatkan hasil -21,658 dBm LPB, 28,984 dB untuk SNR, 14,066 untuk Q-Factor, dan $3,10 \times 10^{-45}$ untuk BER. Untuk upstream terjauh didapatkan hasil -22,252 dBm LPB, 28,288 dB untuk SNR, 12,983 untuk Q-Factor, dan $7,65 \times 10^{-39}$ untuk BER.

REFERENSI

- [1] S. Dewi, "Keamanan jaringan menggunakan vpn (virtual private network) dengan metode pptp (point to point tunneling protocol) pada kantor desa kertaraharja ciamis," *EVOLUSI: Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [2] A. Premana, G. Fitralisma, A. Yulianto, M. B. Zaman, and M. Wiryo, "Pemanfaatan teknologi informasi pada pertumbuhan ekonomi dalam era disrupsi 4.0," *Journal of Economic and Management (JECMA)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2020.
- [3] M. R. Nugraha, I. Syah, S. A. N. Larasati, and D. Aribowo, "Perencanaan sistem optical transport network (otn) pada sistem transmisi dwdm," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Komunikasi*, vol. 3, no. 2, pp. 96–101, 2023.
- [4] T. JEVIRA *et al.*, "Perancangan sistem geodatabase backbone telekomunikasi nasional," *Prosiding FTSP Series*, pp. 139–144, 2023.
- [5] F. M. Iqbal, A. Hambali, and M. I. Maulana, "Perancangan jaringan last-mile enodeb dan odp berbasis fiber optik di kecamatan panjalu, ciamis, jawa barat," *eProceedings of Engineering*, vol. 9, no. 6, 2023.
- [6] B. S. Haryanto, K. Sujatmoko, and A. Hambali, "Perencanaan sistem komunikasi kabel laut jaskuka link alternatif tanjung pakis-pontianak," *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [7] D. R. Zimmerman and L. H. Spiekman, "Amplifiers for the masses: edfa, edwa, and soa amplifiers for metro and access applications," *J. Lightwave Technol.*, vol. 22, no. 1, p. 63, Jan 2004. [Online]. Available: <https://opg.optica.org/jlt/abstract.cfm?URI=jlt-22-1-63>
- [8] A. Singguma, T. W. Oktaviani, T. Uniplaita, M. Liga, and A. Sampe, "Analisis power budget jaringan komunikasi fiber optik," *Jurnal teletro-nic*, vol. 1, no. 2, pp. 24–29,

2023.

- [9] I. Ariadi, I. P. E. Juliantara, and N. Supriyani, “Pengaruh variasi naq terhadap signal to noise ratio (snr) pada mri lumbal sekuen sagittal t2- fse (speeder) dengan kasus low back pain (lbp),” *Nautical: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 1, no. 10, pp. 1203–1211, 2023.
- [10] S. Prianggono, A. Hambali, and A. D. Pambudi, “Analisis performansi optical distribution network (odn) ng-pon2 menggunakan teknologi time-and-wavelength division multiplexing (twdm),” *eProceedings of Engineering*, vol. 4, no. 3, 2017.
- [11] 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, 2023.

