

Perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut *Link* Surabaya-Bawean

Endang Retno Nugroho^{1,2,*}, Rianto Nugroho^{1,3}, Rizqi Ardhi Ansya¹, Idris Kusuma¹

¹Electrical Engineering Department, Universitas Nasional Jakarta 12520

²Center of Computer Laboratory, Universitas Nasional, Indonesia

³Laboratorium Teknik Elektro, Universitas Nasional, Indonesia

*Korespondensi penulis: retno_nogroho@yahoo.com

(Received: 03-03-2022; Revised: 14-06-2022; Accepted: 24-06-2022)

Abstract. Internet network is an important requirement in the digital era. Indonesia is listed as the country with the highest data traffic growth in the world in 2016. To meet the needs of this data traffic, network access is needed. Indonesia has a geography that mostly covers the ocean. The islands lined up from Sabang to Merauke up to tens of thousands. This large number of islands is a problem in building communication infrastructure. Bawean Island is one of the islands in Indonesia with an area of 197 km² with a population of more than 100,000 people in 2021. The pre-existing communication access is communication with VSAT using Satellite and Radio Wave Communication. Both types of communication have limitations in bandwidth capacity. In this research, it is proposed to design a Marine Cable Communication System (SKKL) for data access on Bawean Island. Data traffic is sent via optical fibre from the city of Surabaya to the island of Bawean which is 235 km away. In this design, we use a single-mode G.655 cable type and 5 optical amplifiers of the EDFA type. The results of the design show that the power link budget is -9.525 dBm, SNR 25.35 dB, Q-factor 9.26, and BER 1.009×10^{-20} .

Keywords: dense wavelength division multiplexing, power link budget, signal to noise ratio, Q-factor, bit error rate

Abstrak. Jaringan internet merupakan suatu kebutuhan penting di era digital. Indonesia tercatat sebagai negara dengan pertumbuhan trafik data tertinggi di dunia pada 2016. Untuk pemenuhan kebutuhan trafik data ini dibutuhkan akses jaringan. Indonesia memiliki geografis yang sebagian besar meliputi lautan. Pulau-pulau berjajar dari Sabang sampai Merauke jumlahnya hingga puluhan ribu. Jumlah pulau yang banyak inilah yang menjadi permasalahan dalam membangun infrastruktur komunikasi. Pulau Bawean adalah salah satu pulau di Indonesia dengan luas 197 km² dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa pada tahun 2021. Akses komunikasi yang sudah ada sebelumnya adalah komunikasi dengan VSAT yang memanfaatkan Satelit dan Komunikasi Gelombang Radio. Kedua jenis komunikasi ini memiliki keterbatasan dalam kapasitas *bandwidth*. Dalam penelitian ini diusulkan perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) untuk akses data pulau Bawean. Trafik data dikirimkan melalui serat optik dari kota Surabaya menuju pulau Bawean yang berjarak 235 km. Dalam perancangan ini menggunakan tipe kabel *singlemode* G.655 dan 5 buah optikal amplifier jenis EDFA. Hasil perancangan menunjukkan besarnya *power link budget* -9.525 dBm, SNR 25.35 dB, Q-factor 9.26, dan BER $1,009 \times 10^{-20}$.

Kata kunci: dense wavelength division multiplexing, power link budget, signal to noise ratio, Q-factor, bit error rate.

PENDAHULUAN

Menurut Cisco 2016, Indonesia adalah negara tertinggi di dunia yang memiliki pertumbuhan internet. Pertumbuhan internet di Indonesia pada tahun 2016 sebesar 142%, diikuti China dengan 86% dan India dengan 76% [1]. Tentunya tidak mudah membangun infrastruktur akses jaringan komunikasi data dengan kondisi geografi Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau.

Akses komunikasi yang paling mudah adalah menggunakan komunikasi VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) [2], [3]. Namun akses komunikasi ini memiliki kelemahan dalam kapasitas *bandwidth*. Selain itu, dengan sistem konstelasi satelit orbit rendah akan memiliki pengaruh *effek doppler* maupun *delay* yang mengurangi kualitas komunikasi [4].

Selanjutnya akses jaringan telekomunikasi lain yang dipakai adalah dengan komunikasi gelombang mikro [3], [5]. Akses komunikasi gelombang mikro ini juga memiliki keterbatasan dalam penggunaan frekuensi dan kapasitas kanal. Teknologi komunikasi gelombang mikro didukung dengan perkembangan antena dengan *gain* tinggi dan *bandwidth* yang cukup dengan metode *array* [6] serta penggunaan *channel coding* [7].

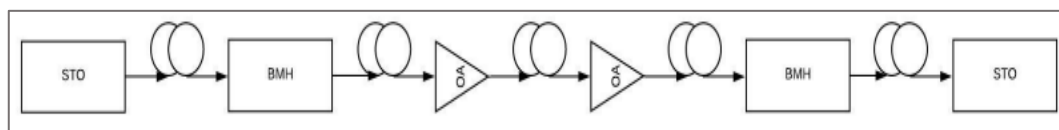
Selain menggunakan VSAT dan gelombang mikro, seiring perkembangan teknologi diperkenalkan sistem komunikasi kabel laut (SKKL), ini dapat memberikan solusi yang signifikan untuk komunikasi antar pulau di Indonesia [8], [9].

Pulau Bawean ada salah satu lokasi di Indonesia dengan penduduk ditahun 2021 mencapai 107.761 jiwa dengan luas 197 km² [2]. Letaknya yang berada di laut Jawa merupakan bagian dari provinsi Jawa Timur. Tujuan dalam penelitian ini adalah merancang SKKL untuk menyalurkan komunikasi serat optik dari kota Surabaya sampai ke pulau Bawean. Hasil dari rancangan ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang positif.

METODE PENELITIAN

Pada perancangan ini dibagi menjadi 3 blok, yaitu blok *transmitter*, *transmission*, *receiver*. Blok *Transmitter*, ini meliputi perangkat DWDM-Mux, dimana sinyal yang akan dikirim dengan panjang gelombang berbeda beda di *multiplexing* ke dalam satu serat optik untuk di transmisikan. Pada saluran transmisi meliputi segala perangkat transmisi yang digunakan, yaitu kabel fiber optik, penguat sinyal dan lain-lain. Kemudian pada proses pengiriman akan mengalami penurunan daya sinyal akibat adanya redaman.

Agar daya sinyal yang di transmisikan optimal, maka di beri penguat optik. Blok *Receiver* sinyal yang dikirim akan melalui proses *demultiplexing*. Sinyal yang dikirim ke dalam satu serat optik, akan di *demultiplexing* sesuai dengan panjang gelombang masing-masing sesuai lamda yang dikirim pada sisi *transmitter*. Diagram blok sistem perancangan yang kami gunakan ditunjukkan pada gambar 1.



GAMBAR 1. Diagram sistem link STO Kebalen ke STO Bawean.

Dalam perancangan ini digunakan beberapa perangkat. Detail perangkat yang digunakan tersebut diberikan pada tabel 1. Adapun pada tabel 2 memberikan rincian parameter *transmitter*. Pada tabel 3 merupakan data parameter *receiver* yang kami gunakan dalam perancangan.

TABEL 1. Detail peralatan yang digunakan dalam perancangan.

No.	Perangkat	Value	Keterangan
1	STO ZXONE 9700	1 dBm	Penguatan
2	Optical Terminal Box	-3/5 dBm	Penguatan
4	G.655 SingleMode	0.35 dB/km	Redaman
5	EDFA Amplifier	5 dB	Penguatan

Pada gambar 2 menjelaskan lintasan fiber optik yang menghubungkan antara Surabaya-Bawean. Dalam perancangan ini kami menggunakan jalur darat dan jalur laut. Dengan jarak yang cukup jauh, sinyal yang dikirim akan mengalami penurunan daya, sehingga

dibutuhkan penguat optik yang sesuai untuk menaikkan level daya agar sampai ke penerima maksimal.

TABEL 2. Parameter *transmitter*.

No	Parameter	Nilai
1	Wavelength	1550 nm
2	Bitrate	100 Gbps
3	Line Code	NRZ
4	Power transmitter	-5/+3 dBm
5	Channel spacing	50 GHz

TABEL 3. Parameter *receiver*

No	Parameter	Nilai
1	Wavelength Range	1280-1625 nm
2	Power Sensitivity	-18 dB
3	Responsifitas detektor	0.7 W
4	Resistansi	20-ohm
5	Suhu	25 C

Pada perancangan ini, rute yang dilewati dari STO Kebalen ke BMH Gresik menggunakan metode instalasi kabel udara (*aerial*) sejauh 60 km. Dari hasil pemetaan *google earth* yang kami gunakan untuk mengurangi resiko kurangnya kebutuhan panjang kabel maka kami tambahkan toleransi 10%. Total Panjang kabel menjadi 66 km. Selanjutnya panjang kabel dari STO Bawean ke BMH Bawean menggunakan metode kabel udara (*aerial*) sejauh 2100 m. Sama seperti perhitungan jarak sebelumnya, hasil *mapping* ditambah 10% menjadi 2,5 km.

Untuk rancangan kabel laut dari BMH Gresik menuju BMH Bawean dengan kedalaman laut maksimal 46 m. dari hasil *mapping* didapatkan jarak 150 km. Kemudian perhitungan jarak ditambah 10%. Total panjang kabel menjadi $150 + 10\% = 165$ km. Sehingga jarak total yang dibutuhkan untuk perancangan ini adalah $66 + 2,5 + 165 = 235$ km.



GAMBAR 2. Jalur kabel laut BMH Gresik ke BMH Bawean

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) merupakan sistem komunikasi yang menggunakan kabel fiber optik sebagai media transmisi yang ditanam atau diletakkan di dasar laut untuk menghubungkan komunikasi antar pulau atau antar negara[10]. Pada hakikatnya kabel optik yang digunakan di darat (*terrestrial*) dengan kabel optik bawah laut (*submarine cable*) memiliki karakteristik yang sama, yang membedakan hanyalah lapisan pelindung yang lebih banyak pada *submarine cable*. Pada *submarine cable* struktur kabelnya terdiri dari *optical fibre (core, cladding, coating)*, *unit fiber structure*, *strength wires*, *copper sheath*, *insulation jacket*, *armor protection*.

Tahap awal dalam perancangan SKKL adalah menentukan titik *landing station*. Hasil dari analisis dipakai untuk menentukan titik lokasi kontur pesisir pantai, titik ini sekaligus dipakai sebagai titik labuh kabel laut yang bertemu dengan kabel yang di darat. Titik tersebut berada di daerah Gresik Jawa Timur dan titik ujung satunya berada di Pulau Bawean dengan total jarak 235 km.

Power Link Budget

Power Link Budget adalah perhitungan untuk mengetahui dan mengukur batasan nilai redaman total dari suatu jaringan fiber optik sampai ke pelanggan. Perhitungan *Power Link Budget* mempunyai beberapa parameter yaitu rugi-rugi *device* dan prasarana berdasarkan spesifikasi alat yang akan digunakan [12].

Untuk menghitung redaman suatu jaringan digunakan persamaan (1) [12].

$$\alpha_T = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (1)$$

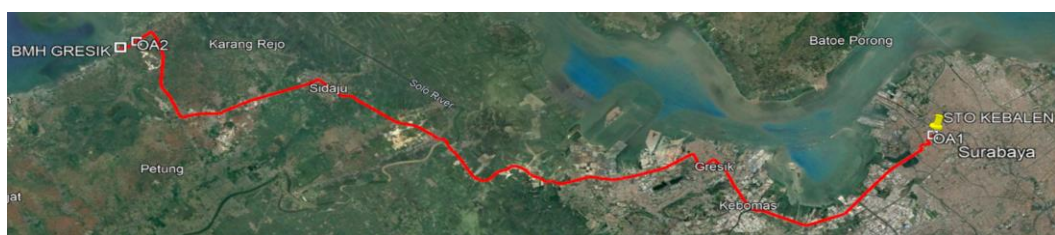
Setelah mendapatkan nilai dari *loss* (redaman), dapat dilakukan perhitungan daya yang diterima pada setiap ONU (*Optical Network Terminal Unit*) dengan persamaan (2) [12].

$$Pr = Pt - \alpha_T \quad (2)$$

dimana:

- P_t : Daya keluaran sumber optik (dBm)
- P_r : Daya yang diterima pada *device* (dBm)
- α_T : *Total loss* (dB)
- L : Panjang serat optik (dalam Kilometer)
- α_c : Redaman konektor (dB)
- α_s : Redaman sambungan (dB)
- α_{serat} : Redaman serat optik (dB/km)
- N_s : Jumlah sambungan
- N_c : Jumlah konektor
- S_p : Rendaman *splitter* (dB)

Dalam perhitungan ini kami menghitung redaman total dan *power receiver*. Kami membagi *link* menjadi 3, pada *link* pertama yaitu Kebalen-Gresik, link ini diberikan pada gambar 3. *Link* ke-2 adalah Gresik-Bawean yang ditunjukkan pada gambar 4. Sedangkan *link* ketiga antara Bawean-STO, seperti ditunjukkan pada gambar 5. Ketiga *link* tersebut jaraknya secara terperinci diberikan pada tabel 4.



GAMBAR 3. Peta Rute Kabel dan titik *optical amplifier* dari STO Kebalen ke BMH Gresik



Gambar 4. Peta rute kabel dan titik *optical amplifier* dari BMH Gresik-BMH Bawean



GAMBAR 5. Peta rute kabel dan titik *optical amplifier* dari BMH Bawean ke STO Bawean

TABEL 4. Rute dan jarak kabel

Rute Kabel	Jarak
STO Kebalen – OA 1	10 m
OA1 – OA2	57 km
OA2 – BMH Gresik	10 m
BMH Gresik – OA3	57 km
OA3 – OA4	57 km
OA4 – BMH Bawean	51 km
BMH Bawean – OA5	2.275 km
OA5 – STO Bawean	10 m

Berdasarkan data dari tabel 4, kami melakukan perhitungan untuk menghitung redaman. Hasilnya perhitungan diberikan pada tabel 5.

TABEL 5. Nilai redaman total skenario 2, link Surabaya ke Bawean.

Nilai Redaman Total	OA1 (dB)	OA2 (dB)	BMH Gresik (dB)	OA3 (dB)	OA4 (dB)	BMH Bawean (dB)	OA5 (dBm)	STO Bawean (dB)
STO Kebalen	4.5							
OA1		23.75						
OA2			4.55					
BMH Gresik				20.85				
OA3					20.35			
OA4						18.75		
BMH Bawean							2.27	
OA5								4.5

Dengan diketahui masing-masing redaman pada *node* di atas, selanjutnya kami hitung daya yang diterima. Tabel 6 berikut memberikan hasil perhitungan daya yang diterima.

TABEL 6. Nilai daya terima skenario 2, link Surabaya ke Bawean

Nilai Daya Terima	OA1 (dBm)	OA2 (dBm)	BMH Gresik (dBm)	OA3 (dBm)	OA4 (dBm)	BMH Bawean (dBm)	OA5 (dBm)	STO Bawean (dBm)
STO Kebalen	-7.5							
OA1		-17.25						
OA2			-2.2					
BMH Gresik				-24.65				
OA3					-21			
OA4						-15.75		
BMH Bawean							-4.065	
OA5								-9.525

Perhitungan *Signal to Noise Ratio*

Setelah melakukan perhitungan *power link budget*, selanjutnya dilakukan perhitungan *signal to noise ratio* atau SNR untuk melihat nilai perbandingan dari sinyal yang dikirimkan terhadap *noise* atau redaman dalam suatu sistem menggunakan persamaan 3. Pada perhitungan SNR didapatkan nilai sebesar 25.3552 dB.

Q-factor

Selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Q-factor* untuk melihat kualitas mengenai baik atau buruknya sebuah performansi dari sebuah sistem. Perhitungan kami menggunakan Persamaan 4. Dari perhitungan diperoleh nilai *Q-factor* dari STO Kebalen ke STO Bawean dengan nilai sebesar 9,2625.

Bit Error Rate

Dan perhitungan terakhir adalah menghitung BER yang digunakan untuk melihat perbandingan jumlah *bit* yang dikirimkan dengan *bit* yang rusak akibat adanya redaman pada sebuah aliran data. Dengan Persamaan 5 didapat nilai BER 1.009×10^{-20} .

Analisis Kelayakan Perancangan

Berdasarkan perhitungan yang telah kami lakukan, maka perancangan secara teknis memenuhi ketentuan yang berlaku. Hasilnya secara detail diberikan pada tabel 7.

TABEL 7. Hasil Perhitungan Perancangan

Parameter	(dBm)
<i>Power Link Budget</i>	-9,525 dBm
<i>Signal to Noise Ratio</i>	25,3552 dB
<i>Q-factor</i>	9,2625
<i>Bit Error Rate</i>	1.009×10^{-20}

Hasil perancangan tersebut menggunakan *optical amplifier* jenis penguat EDFA. Titik penguat dibagi menjadi 3 yaitu *Booster*, *In line*, *Pre-amplifier*. Pada masing-masing *amplifier* memiliki nilai *gain* yang berbeda. Dari hasil perhitungan *power link budget* layak di implementasikan, dengan nilai daya terima -9,525 dBm dari batas *margin* -18 dBm.

KESIMPULAN

Hasil perancangan memberikan nilai *power receive* -9.525 dBm dimana batas minimumnya -18 dBm. Dengan jarak 235 km, digunakan 5 buah *amplifier*. Perbandingan antara sinyal dengan redaman (SNR) memberikan nilai adalah 25.3552 dB. Dan faktor kualitas sebesar 9.2625. Besarnya probabilitas kesalahan data (BER) memiliki nilai 1.009×10^{-20} . Berdasarkan parameter yang sudah dihasilkan, maka perancangan layak dan secara teknis dapat diimplementasikan. Adapun penelitian berikutnya dapat dikembangkan perancangan dengan *amplifier* tipe ROA (*Raman optical amplifier*) atau SOA (*Semiconductor optical amplifier*) dengan serat optik jenis multimode.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022 White Paper," *Cisco Forecast Methodol.*, pp. 2017–2022, 2019, [Online]. Available: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html.
- [2] D. Meitasari and R. Nugroho, "Perencanaan Jaringan Komunikasi Antara Manado dan Sofifi menggunakan Radio Microwave," *J. Ilm. Giga*, vol. 19, no. 1, p. 35, 2019, doi: 10.47313/jig.v19i1.562.
- [3] A. Budi and R. Nugroho, "Perancangan Komunikasi Data VSAT Mobile Dengan Frekuensi KU-Band Pada Satelit Palapa," *J. Ilm. Giga*, vol. 20, no. 2, p. 64, 2017, doi: 10.47313/jig.v20i2.554.
- [4] R. Ruliyanto and R. Nugroho, "Simulasi Dan Analisa Efek Doppler Terhadap OFDM Dan MC-CDMA," *J. Ilm. Giga*, vol. 18, no. 1, p. 13, 2015, doi: 10.47313/jig.v18i1.570.
- [5] N. Puspita and R. Nugroho, "Perencanaan Jaringan Komunikasi Antara Patani Dan Sorong Menggunakan Radio Microwave," *J. Ilm. Giga*, vol. 19, no. 2, p. 69, 2019,

doi: 10.47313/jig.v19i2.567.

- [6] R. Ruliyanta and E. R. Nugroho, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array 4x1 pada Frekuensi 1800 MHz-2300 MHz," *J. Ilm. Giga*, vol. 24, no. 1, p. 35, 2021, doi: 10.47313/jig.v24i1.1144.
- [7] R. Ruliyanto and I. Kusuma, "Simulasi Channel Coding Pada Sistem DVB-C (Digital Video Broadcasting-Cable) dengan Kode Reed Solomon," *J. Ilm. Giga*, vol. 19, no. 2, p. 48, 2019, doi: 10.47313/jig.v19i2.564.
- [8] D. A. Hendriawan, D. Pranindito, and D. Zulherman, "Performance analysis of sistem komunikasi kabel laut (SKKL) using edfa amplifier link java-bali using optisystem," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1367, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1367/1/012065.
- [9] B. K. M. A.karel, A. Hambali, and M. H. Jauhari, "Perancangan Penggunaan Penguat Optik Pada Jaringan Sistem Komunikasi Kabel Laut (Skkl) Di Jalur Sistem Indonesia Global Gateway (Igg) Design," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 744–751, 2018.
- [10] Y. P. Octavian, "Analisis Gangguan Transmisi Pada Sistem Komunikasi Kabel Laut Matrix Cable System," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 3, no. 3, p. 306, 2019, doi: 10.30998/string.v3i3.3502.
- [11] H. Ad, I. Santoso, and A. A. Zahra, "Tipe Serat Optik Menggunakan Cisco Transport Planner," *TRANSIENT*, vol. VOL.3, no. NO. 3, 2014.
- [12] R. Ruliyanta and E. R. Nugroho, "Forecast of COVID-19 Cases in Indonesia with the Triple Exponential Smoothing Algorithm Perkiraan Kasus COVID-19 di Indonesia dengan Algoritma Triple Exponential Smoothing," *J. Ilm. GIGA Vol. 23 Novemb. 2020*, vol. 23, no. November, pp. 61–68, 2020.