

**PERANCANGAN PENGGUNAAN PENGUAT OPTIK JARINGAN
SISTEM KOMUNIKASI KABEL LAUT (SKKL)
PADA JARINGAN BROADBAND DI TANJUNG PAKIS KARAWANG**

***DESIGN MARINE CABLE COMMUNICATION SYSTEM USING OPTICAL AMPLIFIER IN
TANJUNG PAKIS KARAWANG***

Desy Rahmawati Nugraha¹, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T.², Aris Hartaman, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹ddeawiza@gmail.com, ²damavanti@tass.telkomuniversity.ac.id, ³arishartaman@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada perkembangan zaman kebutuhan internet semakin penting, memudahkan berkomunikasi jarak jauh. Salah satu penunjang kebutuhan internet dengan adanya koneksi backbone yang menghubungkan suatu jaringan. System komunikasi kabel laut (SKKL) atau yang disebut dengan submarine cable merupakan salah satu contoh dari komunikasi backbone yang digelar dibawah laut untuk menghubungkan jaringan antar pulau dan negara.

Pada penelitian ini dilakukan suatu perancangan system komunikasi kabel laut (SKKL) menggunakan penguat optic pada jaringan Tanjung Pakis yang terdapat pada jalur system JASUKA (Jawa, Sumatra, Kalimantan).

Parameter hasil yang diharapkan pada outputnya Q-factor, Bit Error Rate, dan Power Receive. Dari hasil simulasi perancangan didapatkan nilai Bit Error Rate (BER) pada OLT pertama adalah 2.66^{-53} , sedangkan OLT kedua adalah 4.25^{-57} . Untuk nilai Q-fctor pertama adalah 15.3 dan Q-factor kedua adalah 15.8, sedangkan untuk nilai Receive OLT pertama adalah -12.278 dB, sedangkan OLT kedua -12.272 dB.

kata kunci : Kabel Laut, Tanjung Pakis, Repeater, Q-factor, Bit Error Rate, Power Receive

Abstract

In the times of development the need for the internet is increasingly important, facilitating long-distance communication. one of supporting the internet needs with the backbone connection that connects a network. Submarine Cable Communication System (SKKL) or the so-called submarine cable is one example of backbone communication that is held under the sea to connect networks between islands and countries.

In this study a design of the Marine Cable Communications System Using optical amplifiers on the Tanjung Pakis network located on the JASUKA system (Java, Sumatra, Kalimantan).

Expected output parameters are Q-Factor output, Bit Error Rate, and Power Receive. From the design simulation results obtained the value of Bit Error Rate (BER) in the first OLT is 2.66^{-53} , while the second OLT is

4.26-57. The first Q -factor is 15.3 and the second Q -factor is 15.8. whereas for the first OLT Receiver value is -12,278 dB while the second OLT is -12,272 dB.

Keywords: Submarine cable, Tanjung pakis, Repeater, Q -factor, Bit Error Rate, Power receive.

1. Pendahuluan

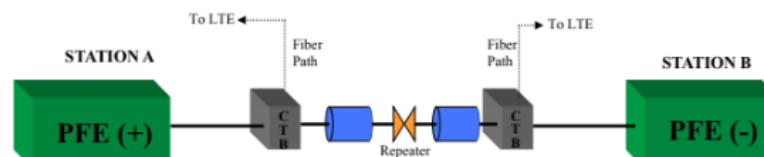
Indonesia adalah negara kepulauan terbesar dimana membutuhkan komunikasi antar pulau, dengan perkembangan zaman kebutuhan internet semakin penting, memudahkan berkomunikasi jarak jauh. salah satu penunjang kebutuhan internet dengan adanya koneksi *backbone* yang menghubungkan suatu jaringan. Untuk menghubungkan komunikasi antar pulau dibutuhkan media optik yang memenuhi kebutuhan, dikarenakan jarak antar pulau jauh, jaringan *backbone* merupakan proyek dari JASUKA (Jawa, Sumatra, Kalimantan) adapun untuk mengetahui kebutuhan. Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) atau yang disebut dengan *submarine cable* merupakan salah satu contoh dari komunikasi *backbone* yang digelar dibawah laut untuk menghubungkan jaringan antar pulau dan negara. *Backbone* merupakan koneksi yang mempunyai kecepatan tinggi yang menjadi suatu lintasan utama dalam suatu jaringan. Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) Sangat dibutuhkan karena berkecepatan tinggi. Redaman merupakan pengurangan daya pada sinyal akibat pengaruh alam yaitu akibat jarak yang ditempuh oleh sinyal. Semakin jauh jarak yang ditempuh semakin besar redamannya. Dalam Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) Repeater berfungsi untuk memeperkuat sinyal, menerima sinyal yang berupa data dalam suatu jaringan. Pada Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) menggunakan dua OLT., panjang kabel laut di Tanjung Pakis 403.000 meter maka diperlukan repeater. Jarak kabel laut semakin panjang maka redaman atau loss semakin besar.

Pada penelitian sebelumnya mendapatkan nilai hasil perancangan bernilai Q -factor 68, Bit Error Rate (BER) 0, serta *power receive* 2.042 dBm.

Pada penelitian ini membahas mengenai Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) secara umum menggunakan dua OLT agar bisa membandingkan OLT tersebut.

2. Dasar Teori

Agar tujuan Proyek Akhir ini dapat tercapai, dalam tahap perancangan penggunaan penguat optik jaringan system komunikasi kabel laut (SKKL) diperlukan beberapa langkah agar mendapatkan hasil yang optimal.



Gambar 2.1 Konfigurasi *Submarine Cable*[3]

Dalam perancangan sistem komunikasi kabel laut, penentuan jenis dan panjang kabel perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan agar perancangan dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan data yang valid dan akurat mengenai rute, informasi kondisi, serta topologi laut yang akan digelar serat optik sehingga dapat ditentukan jenis serat optik yang akan digunakan beserta panjang kebutuhan kabel. Dalam hal ini data tersebut diperoleh dari PT. Telkom Indonesia.

2.1 Kabel Laut (*Submarine Cable*)

Kabel bawah laut optik adalah kabel serat optik bawah laut yang dirancang agar cocok untuk dangkal dan dalam penggunaan air, yang diperlukan untuk memastikan perlindungan serat optik terhadap tekanan air, air memanjang propagasi, agresi kimia dan efek kontaminasi hidrogen sepanjang umur desain kabel. Kabel bawah laut diuji secara ekstensif untuk menunjukkan bahwa ia dapat dipasang dan diperbaiki in situ, bahkan dalam kondisi terburuk[1].

2.1.1 Karakteristik Mekanikal

Parameter didefinisikan dalam rekomendasi ITU-T G.972 untuk menandai karakteristik mekanikal kabel dan kemampuan kabel untuk dipasang, dipulihkan dan diperbaiki, dapat digunakan sebagai pedoman kabel yaitu:

1. *Cable breaking load* (CBL), diukur selama tes kualifikasi
2. *Nominal transient tensile strength* (NTTS), yang ditemui tidak sengaja selama operasi pemulihan
3. *Nominal operating tensile strength* (NOTS), yang ditemui selama perbaikan
4. *Nominal permanent tensile strength* (NPTS), yang menggambarkan status kabel setelah berbaring
5. *Minimum cable bending radius*, merupakan pedoman penanganan kabel

2.1.2 Struktur Kabel

Kabel bawah laut harus dirancang sedemikian rupa untuk menjamin ketahanan desain sistem, dengan mempertimbangkan efek kumulatif dari beban yang diterapkan pada kabel selama peletakan, pemulihan dan perbaikan, serta permanen memuat atau perpanjangan yang diterapkan pada kabel yang dipasang[1]. Berbagai jenis kabel yang dilindungi dalam ITU-T G.972 diantaranya[1]:

1. *Lightweight cable* (LW cable)
2. *Lightweight protected cable* (LWP cable)
3. *Single armoured cable* (SA cable)
4. *Double armoured cable* (DA cable)
5. *Rock armoured cable* (RA cable)

2.1.3 DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan suatu bentuk teknologi multiplexing dalam sistem transmisi jaringan optik yang umumnya digunakan untuk transmisi dengan jarak yang jauh antara satu titik terminasi (terminal) dengan titik terminasi lainnya[4].

2.1.4 PFE (*Power Feeding Equipment*)

PFE memberikan catuan DC yang stabil kepada perangkat. Karena ada *repeater* yang digunakan di dalam simulasi ini maka di perlukan *Power Feeding Equipment* (PFE) yang akan memberikan daya ke *repeater*[5].

2.1.5 CTB (*Cable Terminating Box*)

Cable Terminating Box (CTB) berfungsi untuk memfasilitasi hubungan antara serat optik kabel bawah laut dan optik kabel patch ke stasiun Optical Distribution Frame (ODF), serta menyediakan interface untuk mengambil alih perintah ke pusat power DC konduktor kabel bawah laut[4].

2.1.6 WME (*Wavelength Multiplexing & Demultiplexing Equipment*)

WME yang berfungsi pemrosesan sinyal optic sepenuhnya dan sebagai mengirim perintah dari BU (*Branching Unit*)[6].

2.1.7 RFTE (*Remote Fiber Test Equipment*)

Pada RFTE berfungsi untuk monitoring serta mendeteksi kesalahan pada instalasi redam[7].

2.1.8 Repeater

Teknologi penguat sudah berkembang dengan pesat dan saat ini penguat sudah mengurangi tingkat keperluan terhadap pengulang secara drastis. Walaupun demikian, untuk SKKL berjarak puluhan ribu kilometer, penguat belum dapat berdiri sendiri dalam mentransmisikan sinyal. Dimana batas jangkauan maksimal suatu penguat tercapai, disana dibutuhkan suatu pengulang untuk memperbaharui sinyal secara menyeluruh sebelum rangkaian penguat dapat dipasang lagi[8].

2.1.9 Optical Amplifier Transmitter

Optical Amplifier Transmitter (OAT) adalah sub-sistem OA di mana penguat daya, terintegrasi dengan pemancar laser, menghasilkan pemancar daya tinggi[1].

2.1.10 Optical Amplifier Receiver

Optical Amplifier Receiver (OAR) adalah sub-sistem OA di mana pre-amplifier terintegrasi dengan penerima optik, menghasilkan penerima sensitivitas tinggi[1].

2.1.11 EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*)

EDFA merupakan suatu serat optik yang intinya (core) dikotori oleh atom erbium sehingga dapat memberikan penguatan terhadap sinyal yang melaluinya[8].

2.2 Parameter yang Digunakan

2.2.1 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) adalah rasio perbandingan bit error dengan bit yang dikirim secara keseluruhan[9].

(2.1)

$$BER = \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Q^2}{2}}$$

Keterangan :

Q = Q-Factor

2.2.2 Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan nilai hasil perbandingan dari daya sinyal yang ditransmisikan terhadap daya noise yang terjadi di dalam system[10].

(2.2)

$$SNR = \frac{(pinRM)^2}{2qpinRM^2 F(M)Be + \frac{4KB+Be}{RL}}$$

Keterangan:

Pin = Daya yang diterima APD (watt)

R = Responsivity (A/W)

M = Avalanche Photodiode Gain

Q = Electron Charge ($1,69 \times 10^{-19}$) (C)

F(M) = Noise Figure

Be = Receiver Electrical Bandwidth (Hz)

KB = Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$) (J/K)

T = Suhu ruangan (K)

R = Resistansi (Ohm)

2.2.3 Signal to Noise Ratio (SNR)

Q-Factor merupakan factor kualitas yang menentukan baik atau buruk nya suatu performansi dari suatu sistem, dengan nilai minimum 6[10].

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2} \quad [2.3]$$

2.2.4 Power Link Budget (PLB)

Power Link Budget (PLB) merupakan total redaman yang diizinkan dari suatu jaringan fiber optic mulai dari sinyal dikirimkan (TX) sampai dengan sinyal diterima (RX)[10].

$$\alpha_{tot} = L_f \cdot \alpha_f + \alpha_{BU1} + \alpha_{BU2} \quad [2.4]$$

Untuk menghitung nilai daya yang diterima pada *photodetector*, dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} \quad [2.5]$$

Keterangan :

α_{tot} = redaman total system (dB)

L_f = panjang kabel fiber optic

α_f = *attenuation* atau redaman kabel optic (dB/km)

P_{rx} = daya terima atau sensitivitas penerima (dBm)

P_{tx} = daya dikirim (dBm)

α_{BU} = redaman pada *branching unit*

2.2.5 Jarak Antar Optical Amplifier

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak penguat serta jarak antar penguat. Pada perancangan ini menggunakan penguat EDFA[11].

$$P_{in-1} + G - \alpha - M = P_{in-2c} \quad (2.6)$$

keterangan :

α = Redaman

G = Gain

M = Margin (6 db)

L_{oa} = Jarak antar penguat

α_s = Redaman Splitter

α_f = Redaman Serat

$2\alpha_c$ = Redaman Connector

2.2.6 Redaman Span

Untuk mengetahui redaman pada setiap span yang diperoleh[11]:

$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c \quad (2.7)$$

Keterangan :

N = Jumlah splice
 n = Jumlah connector
 L_{sist} = Jarak

2.2.7 Daya Penerima

Untuk mengetahui nilai daya penerima dari span 1 sampai span 5[11] :

(2.8)

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M - G$$

Keterangan ;

- P_t = daya pengirim
- P_r = daya penerima
- α_{tot} = redaman
- M = margin
- G = gain EDFA

2.2.8 Catu Daya

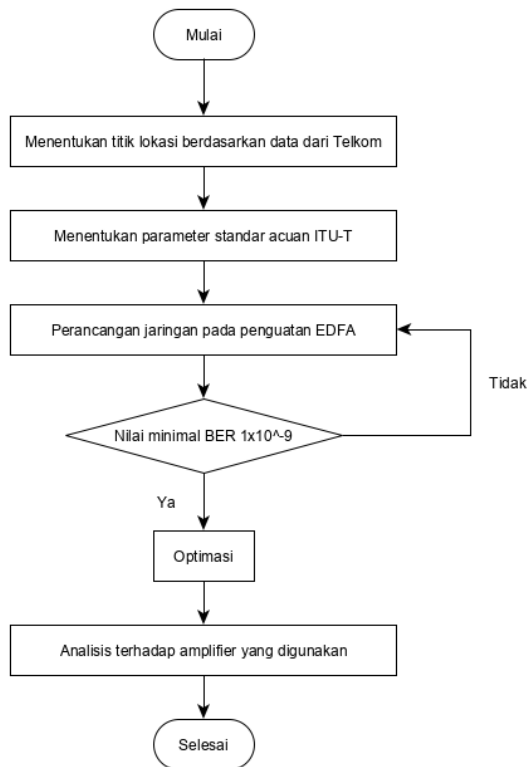
Kebutuhan akan tegangan dengan menjumlahkan tegangan *amplifier* (V_{dropOA}), tegangan kabel ($V_{dropkabel}$), dan tegangan tanah ($V_{droptanah}$)[11].

(2.9)

$$V_{total} = V_{totalOA} + V_{totalkabel} + V_{totaltanah}$$

3. Perancangan

3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 3.1 Perancangan Kerja

Perancangan kerja pada gambar 3.2 menampilkan tahapan-tahapan yang dilakukan. Langkah pertama yaitu menentukan titik lokasi atau landing station, dalam kasus ini titik labuh atau *landing station* (LS) yang digunakan ialah Tanjung Pakis – Tanjung Pandan dengan menggunakan data dari Telkom Indonesia.

Dalam simulasi ini menggunakan parameter ITU-T pada Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL). Selanjutnya melakukan simulasi pada *OptiSystem* dengan menggunakan penguat EDFA dan menggunakan dua OLT.

Langkah selanjutnya memastikan agar parameter tidak melebihi standar yang ditentukan, yaitu nilai minimum *Bit Error Rate* (BER) bernilai 1×10^{-9} , sedangkan *Q-factor* bernilai 6, dan nilai *power receiver* bernilai minimum -21 dBm dengan nilai maksimumnya +2 dBm. Setelah pengambilan data dan analisis selesai maka ditarik kesimpulan yang menjadi langkah terakhir dalam penulisan.

3.2 Model Sistem Perancangan



Gambar 3.2 Perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL)

Perancangan system pada Proyek Akhir ini berdasarkan analisis dan hasil lapangan dari data Telkom Indonesia. Secara umum pada simulasi Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) pada Proyek Akhir ini menggunakan tiga blok, yang dimana pada blok pertama terdiri dari *transmitter* atau pengirim, blok yang kedua transmisi dan yang ketiga *receiver* atau penerima. Pada simulasi ini menggunakan dua core yang digunakan untuk komunikasi downstream.

3.3 Parameter Transmitter

Tabel 3.1 Parameter Transmitter

No	Parameter	Nilai
1	Agregated bitrate	8 Tbps
2	Bitrate per channel	100 Gbps
3	Line Code	NRZ
4	Transmit power (mux output min/max)	13 dBm
5	Channel spacing	40 Ghz
6	Number of channel	40 dan 80

Pada Tabel 3.1 dijelaskan parameter-parameter yang digunakan pada *transmitter* sesuai dengan data yang ada pada Telkom Indonesia. Adapun untuk frekuensi yang digunakan pada Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Frekuensi

No	Perangkat	Nilai
1	OLT Pertama	194.6 THZ
2	OLT Kedua	193.6 THZ

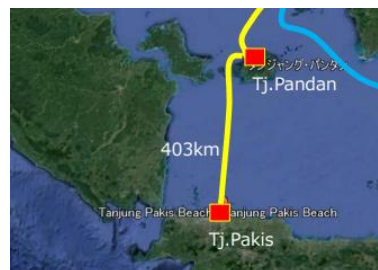
3.4 Parameter Transmisi

Mengacu pada ITU-T. G.657 **Tabel 3.3** parameter transmisi yang berlaku pada submarine cable system tidak jauh berbeda dengan parameter pada jaringan terrestrial pada umumnya.

Table 3.3 ITU-T G.657

<i>Attribute</i>	<i>Detail</i>	<i>Value</i>
Attenuation Coefficient	Wavelength	1550 nm
	1550 nm	0.16 dB/m
	1625 nm	To be Determined
Typical Chromatic Dispersion Parameters	D _{1.550}	16 ps/nm.km
	S _{1.550}	0.06 ps/nm.km

3.5 Skenario Pemetaan



Gambar 3.3 Pemetaan SKKL

Pada proyek akhir ini mengambil jalur Tanjung pakis dan Tanjung Pandan, yang dimana untuk menghubungkan jalur tersebut dengan kabel laut. Agar penghubungan jalur tidak terlalu banyak redaman dikarenakan jarak antara Tanjung Pakis dan Tanjung Pandan sangat jauh memerlukan amplifiier untuk memperkuat.

3.6 Perhitungan Panjang Kabel

Kabel laut yang digunakan menggunakan jenis kabel G.657 dengan kapasitas 12 core tetapi yang dipakai hanya 2 core. Jarak yang diperoleh Tanjung Pakis – Tanjung Pandan sepanjang 403 Km. Untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan maka kebutuhan panjang kabel perlu ditambah 10% dari semestinya, maka kebutuhan panjang kabel laut :

$$403 \text{ km} \times 10\% = 40.3 \text{ km}$$

$$40.3 \text{ km} + 403 \text{ km} = 443.3 \text{ km}$$

Sehingga panjang perancangan total adalah 443.3 km

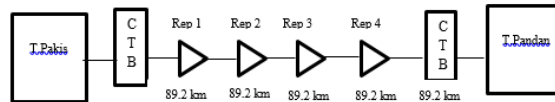
3.6.1 Penempatan *Optical Amplifier*

Tabel 3.4 Kebutuhan Perangkat

No	Perangkat	Jarak	Kebutuhan
1	Kabel	89.2 Km / Repeater	1 Tarikan

2	Repeater	-	4 buah
---	----------	---	--------

Pada Tabel 3.4 jarak yang digunakan 89.2 Km setiap repeater, yang dimana repeater yang digunakan sebanyak empat buah dari Tanjung Pakis – Tanjung Pandan.



Gambar 3.4 Penempatan OA

Dari gambar diatas didapat jumlah *splice* dan *connector* sebagai berikut :

Tabel 3.4 jumlah *splice* dan *connector* sebagai berikut :

No	Link	Jarak	Spliice	Connector	Keterangan
1	T.Pakis – OA 1	89.2 km	2	2	100 Km/roll
2	OA 1 – OA 2	89.2 km	1	-	100 Km/roll
3	OA 2 – OA 3	89.2 km	1	-	100 Km/roll
4	OA 3 – OA 4	89.2 km	1	-	100 Km/roll
5	OA 4 – T.Pandan	89.2 km	2	2	100 Km/roll

Nilai redaman setiap masing – masing span dapat dilihat pada tabel 3.5 dengan menggunakan perhitungan persamaan (2.7).

Tabel 3.5 Nilai redaman span

Span	α_{tot} (dB)
Tanjung Pakis – OA 1	23.7
OA 1 – OA 2	22.5
OA 2 – OA 3	22.5
OA 3 – OA 4	22.5
OA 4 – Tanjung Pandan	23.7

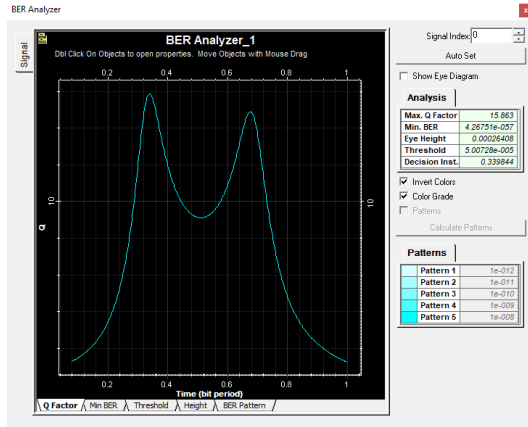
Tabel 3.6 Hasil PLB

PLB	Nilai
P_t (dBm)	13.8 dBm
P_r (dBm)	-69.1 dBm
Tegangan (Volt)	510.4 V

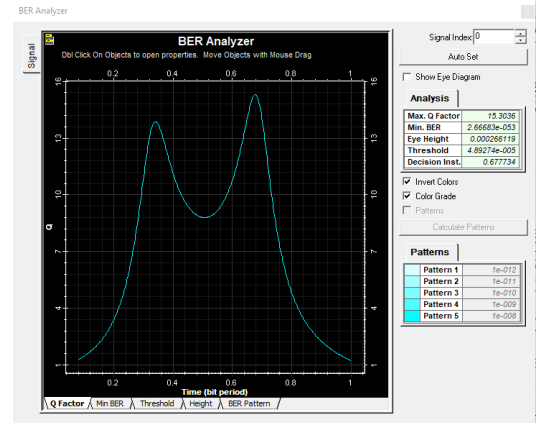
Dari **Tabel 3.6** didapatkan nilai *power receive* dan tegangan, dimana perhitungan *power receive* menggunakan persamaan (2.8) sedangkan untuk tegangan menggunakan persamaan (2.9). Nilai *power transmitter* 13.8 dBm dan didapatkan nilai *power receive* adalah -69.1 dBm dan tegangan 510.4 V.

4. Analisis Perancangan *Bit Error Rate*, *Q-Factor*, *Power Receive*

Pada tahap ini akan mensimulasikan hasil perancangan yang telah di persiapan menggunakan software Optisystem 0.7. Analisis ini akan mengacu pada tiga parameter yaitu BER (*Bit Error Rate*), *Q-Factor*, *Power Receive*.

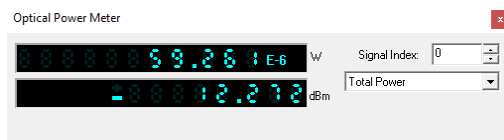


(a) OLT kedua

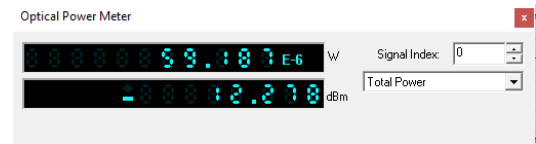


(b) OLT kesatu

Gambar 4.1 Analisis BER dan *Q-factor*



(a) Power Receive OLT pertama



(b) Power Receive OLT kedua

Gambar 4.2 Analisis *power receive*

Tabel 4.2 Hasil perbandingan

No	Frekuensi	Jarak (Km)	Q-Factor	BER	Power Receive (dBm)
1	194.6 THZ	443.3 Km	15.3	2.66 ⁻⁵³	-12.278 dBm
2	193.6 THZ	443.3 Km	15.8	4.26 ⁻⁵⁷	-12.272 dBm

Dari **Tabel 4.2** didapatkan hasil perancangan dari dua frekuensi yang berbeda yaitu 194,6 THZ dan 193.6 THZ mendapatkan hasil analisis yang lebih bagus pada frekuensi 193.6 THZ dengan nilai *Q-factor* 15.8 dan BER 4.26⁻⁵⁷ dan *power receiver* -12.272 dBm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan pada buku proyek akhir ini, bahwa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Panjang kabel yang digunakan untuk simulasi perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) dari Tanjung Pakis ke Tanjung Pandan sejauh 443.3 Km, yang merupakan 10% lebih panjang dari jarak antara Tanjung Pandan dan Tanjung Pakis.
2. Jumlah perangkat yang digunakan dari Tanjung Pandan ke Tanjung Pakis menggunakan Repeater sebanyak 4 buah.
3. Factor *Dispersion Chromatic* hasil keluaran bernilai 16 ps/nm.km.
4. Dari hasil simulasi didapatkan nilai *Bit Error Rate* (BER) pada OLT pertama adalah 2.66⁻⁵³, sedangkan OLT kedua adalah 4.26⁻⁵⁷. Untuk nilai *Q-factor* pertama adalah 15.3 dan *Q-factor* kedua adalah 15.8. sedangkan untuk nilai *Receiver* OLT pertama adalah -12.278 dB sedangkan OLT kedua -12.272 dB.

Daftar Pustaka :

- [1] B. Ampar, B. Mashin, K. Asem, and B. Kota, "Power Feeding Equipment (PFE)."2018.
- [2] B. Ampar, B. Mashin, K. Asem, and B. Kota, "WME / OPSW / ILA."2018.
- [3] D. Kurniawan, T. Tearalangi, D. P. Y, P. Back, T. Hpbb, and T. Kalimantan, "(kalimantan) – towale (sulawesi) submarine cable communication system network planning on sangatta (kalimantan) – towale (sulawesi) link by using dwdm," 2007
- [4] F. Ayu Nurdiana, S. Sugito, and S. Naning Hertiana, "Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar-Maumere Menggunakan DWDM," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [5] Gerd_Keiser "Optical Communications Essentials.pdf." 2008 .
- [6] H. Ikbal, R. Hs, and T. Yuwono, "Perancangan Jaringan Backbone Fiber Optik Menggunakan EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) Di Kabupaten Sleman."2014
- [7] I. Manual, "Optical Fibres , Cables and System" 2009.
- [8] Indonesia Global Gateway "ILA Handbook" 2017.
- [8] ITU-T, "transmission systems and media, digital- systems and networks,"2016.
- [9] J. Pedro and M. Ortiz, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title," 2018.
- [10] R. Fiber and T. Equipment, "Remote Fiber Test Equipment."2018
- [11] S. Dan and D. Yanthony, "universitas indonesia analisis perbandingan dan kinerja universitas indonesia," 2009.
- [12] T. Adiguna, Hendrawan, and H. Nusantara, "East nusa tenggara submarine cable communication system design," *Proc. - ICWT 2017 3rd Int. Conf. Wirel. Telemat. 2017*, vol. 2017-July, pp. 70–75, 2018.