

PENGUKURAN KUALITAS LAYANAN JARINGAN KABEL SERAT OPTIK *LINK* BENCULUK-JIMBARAN

Putu Ratih Devyanti¹, Gede Sukadarmika², Komang Oka Saputra³
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
devyantiratih@gmail.com¹, sukadarmika@unud.ac.id², okasaputra@unud.ac.id³

ABSTRAK

Serat optik merupakan media transmisi telekomunikasi yang memiliki *bandwidth* dan *bit rate* yang tinggi sehingga mampu memenuhi kebutuhan layanan informasi saat ini dengan kehandalan dan efisiensi yang tinggi. Aplikasi serat optik semakin luas dan telah mencakup jaringan bawah laut, jaringan terestrial, jaringan lingkup metropolitan dan regional, maupun jaringan berskala kecil. Sistem komunikasi serat optik memiliki dua faktor yang mempengaruhi kualitas unjuk kerja jaringannya yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal dan eksternal tersebut dapat menurunkan kualitas unjuk kerja dari serat optik yang digunakan dan dapat menimbulkan redaman serta rugi-rugi transmisi lainnya. Sebagai upaya untuk mencegah penurunan kualitas suatu jaringan secara mendadak dan signifikan, perlu dilakukan kegiatan *maintenance* secara berkala seperti pengukuran kualitas layanan jaringan kabel serat optik yang terjadwal. Kegiatan *maintenance* tersebut dapat membantu menentukan keputusan peningkatan kapasitas jaringan di kemudian hari. Salah satu parameter kualitas layanan yang sering dilakukan pengukuran adalah redaman transmisi dan daya sinyal yang diterima (*power receive*). Penelitian ini mengkaji tentang pengukuran redaman kabel serat optik *link* Benculuk-Jimbaran menggunakan OTDR EXFO FTB-150. Hasil pengukuran dengan jumlah 8 *core idle* dianalisa menggunakan Optisystem 7.0 serta perhitungan redaman total dan *receive sensitivity*. Hasil pengukuran *core 1* sampai dengan *core 12* memiliki redaman total berkisar 29, 942 dB - 30,654 dB pada jarak 169, 646 km hingga 170, 323 km. Nilai *power receive* pada *core 1* sampai dengan 12 memiliki nilai berkisar -17,339 dBm – 18,204 dBm. Nilai ini menunjukkan bahwa keseluruhan *core idle* memenuhi syarat *receive sensitivity* yang telah ditetapkan oleh ITU-T yaitu lebih besar dari -28 dBm. Berdasarkan analisa unjuk kerja menurut parameter redaman total dan *power receive*, jaringan serat optik *link* Benculuk-Jimbaran memiliki kualitas performa yang baik.

Kata kunci: Sistem Komunikasi Kabel Laut, Redaman, OTDR

ABSTRACT

Optical fiber is a telecommunication transmission medium that has a high bandwidth and bit rate so that it can meet the needs of today's information services with high reliability and efficiency. Optical fiber applications are increasingly widespread for underwater networks, terrestrial networks, metropolitan and regional network coverage, also small-scale networks included. Optical fiber communication system has internal and external factors that affect the quality of network performance. Those factors possibly able to reduce the performance of the optical fiber networks. Then, can cause attenuation and other transmission losses. In an effort to prevent sudden and significant deterioration in the quality of a network, it is necessary to carry out periodic maintenance activities such as measuring the quality of scheduled fiber optic cable network services. These maintenance activities can help determine the decision to increase network capacity at a later date. The service quality parameters that often measured are the attenuation of the transmission and the received signal power (power receive). This study examines the measurement of attenuation of the Benculuk-Jimbaran fiber optic cable using OTDR EXFO FTB-150. The measurement results of 8 idle cores were analyzed using Optisystem 7.0 and the calculation of total attenuation and receive sensitivity. The measurement results of core 1 to core 12 have total attenuation ranging from 29, 942 dB - 30.654 dB at a distance of 169, 646 km - 170, 323 km. The value of power received on cores 1 to 12 has a value ranging from -17,339 dBm - 18,204 dBm, where all idle cores fulfill the receive sensitivity requirements set by ITU-T, which is greater than -28 dBm. Based on the performance

analysis according to total attenuation and power receive parameters, the Benculuk-Jimbaran fiber optic link network has good performance quality.

Key Words: Submarine Cable Communication, Attenuation, OTDR

1. PENDAHULUAN

Penggunaan serat optik sebagai media transmisi dengan *bandwidth* dan *bit rate* yang tinggi telah dipercaya untuk memenuhi kebutuhan akan informasi yang dapat diandalkan. Aplikasi penggunaan serat optik mencakup sistem komunikasi kabel laut (SKKL), jaringan terestrial, jaringan metropolitan dan regional, maupun jaringan berskala kecil [1].

Kualitas unjuk kerja sistem komunikasi serat optik dapat mengalami penurunan akibat beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain faktor internal dan eksternal [2]. Faktor internal mencakup struktur atau karakteristik dari jenis serat optik yang digunakan. Sedangkan pada faktor eksternal, kualitas unjuk kerja jaringan dipengaruhi oleh rugi-rugi transmisi yang terdiri dari proses penyambungan dan proses pelengkungan serat optik sesuai kondisi lapangan yang dituju.

Faktor internal dan eksternal tersebut dapat menghasilkan redaman dan rugi-rugi transmisi dengan nilai tinggi yang akan menyebabkan meningkatnya informasi atau data yang hilang pada saat proses transmisi [2]. Apabila informasi yang terkirim mengalami *loss* yang tinggi akan menyebabkan jaringan tidak bekerja secara optimal.

Sebagai alternatif untuk mencegah penurunan kualitas suatu jaringan secara mendadak dengan nilai yang besar, perlu dilakukan kegiatan *maintenance* secara berkala seperti pengukuran redaman kabel yang terjadwal. Kegiatan *maintenance* tersebut dapat membantu menentukan keputusan peningkatan kapasitas jaringan di kemudian hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Komunikasi Kabel Laut

SKKL (Sistem Komunikasi Kabel Laut) merupakan sistem komunikasi dengan media transmisi kabel laut yang penggunaannya dapat ditanam atau digelar di dasar laut untuk menghubungkan telekomunikasi antar pulau maupun antar negara [3].

Berdasarkan aplikasinya, kabel serat optik untuk komunikasi kabel laut dibagi

menjadi dua, yaitu *repeated submarine cable* dan *repeaterless submarine cable* [4]. *Repeated submarine cable* merupakan sistem komunikasi kabel laut menggunakan *repeater* dan *repeaterless submarine cable* merupakan sistem komunikasi kabel laut tanpa menggunakan *repeater*.

2.2 DWDM

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan suatu teknik transmisi serat optik dengan melakukan *multiplexing* beberapa panjang gelombang yang berbeda-beda ke dalam suatu serat optik [5].

Teknologi DWDM memanfaatkan sistem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) yang memiliki kemampuan untuk mentransmisikan beberapa panjang gelombang seperti 4, 8, 16, dan 32 panjang gelombang dalam satu serat optik. Berdasarkan teknologi SDH, masing-masing panjang gelombang tersebut memiliki *bit rate* 10 Gbps [6].

2.3 Gangguan pada SKKL

Menurut laporan *Submarine Cable Improvement Group*, 75% gangguan yang terjadi pada SKKL diakibatkan oleh faktor eksternal. Gangguan eksternal tersebut meliputi aktivitas manusia seperti kegiatan di bidang perikanan dan kelautan, jangkar kapal, serta faktor bencana alam seperti gempa bumi dasar laut, arus laut yang deras, dan abrasi [1].

2.4 OTDR

OTDR (*Optical Time Domain Reflector*) adalah alat ukur untuk menentukan panjang kabel serta jarak transmisi yang mampu dicapai oleh cahaya optik dengan melaporkan seluruh jenis kerusakan yang terjadi di sepanjang kabel optik tersebut [7].

2.5 BER

Bit error rate merupakan jumlah terjadinya *error* pada tiap jumlah total bit yang terkirim dalam suatu sistem digital [8].

Menurut standar ITU-T G.984-2, nilai BER minimal yang harus dipenuhi pada jaringan komunikasi optik adalah 10^{-9}

hingga 10^{-12} . Maksud dari penulisan 10^{-9} adalah terdapat 1 bit yang *error* dari 10^9 data yang dikirimkan dalam 1 kali proses transmisi. Semakin kecil nilai BER maka semakin baik kondisi suatu jaringan telekomunikasi [9].

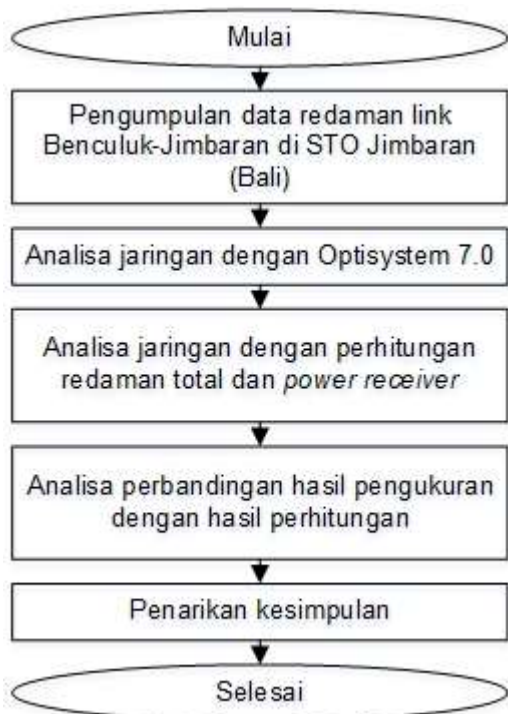
2.6 Q-factor

Q-factor merupakan gambaran kuantitatif dari kualitas sinyal optik dan berhubungan dengan BER dan merepresentasikan optical SNR [8]. Beberapa nilai yang umumnya dikutip untuk BER dan *Q-factor* adalah $Q = 6$ untuk $BER = 10^{-9}$, $Q = 7$ untuk $BER = 10^{-12}$, dan $Q = 8$ untuk $BER = 10^{-15}$. Nilai *Q* atau *Q-factor* yang baik dalam komunikasi optik adalah diatas 6 [11]. Semakin besar nilai *Q-factor* maka semakin kecil nilai BER. Semakin kecil nilai BER maka semakin baik kualitas jaringan tersebut [12].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Telkom Indonesia-STO Jimbaran. Sampel data yang digunakan pada penelitian ini diambil pada tanggal 28 Juni 2018. Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang



dilaksanakan.

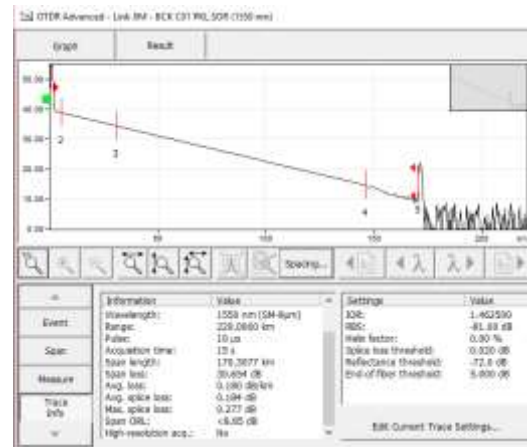
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3.2. Pengambilan Data

Core idle merupakan *core* yang berstatus diam atau dapat dikatakan menganggur karena sudah terinstalasi tapi tidak memiliki trafik yang berjalan pada *core* tersebut. Tujuan dari pengukuran *core idle* adalah untuk memonitoring kualitas kabel yang terinstalasi di PT. Telkom Indonesia guna meminimalisir keterlambatan penanganan gangguan pada kabel.

Penelitian ini menggunakan OTDR (*Optical Time Domain Reflector*) EXFO FTB-150 yang dilakukan pada OTB (*Optical Termination Box*) STO Jimbaran dengan hasil pengukuran sebanyak 8 *Core idle* dari jumlah total 12 *Core* pada OTB di STO Jimbaran yang berperan sebagai Tx atau *transmitter* dan OTB di STO Benculuk sebagai Rx atau *receiver* dengan jarak lintasan jaringan sepanjang 170 Km. *Core idle* yang diukur pada pembahasan ini adalah *Core 1, Core 4, Core 5, Core 6, Core 9, Core 10, Core 11, dan Core 12*.

OTDR menampilkan hasil pengukuran redaman yang terjadi pada setiap *core* dan titik redaman yang dihasilkan akibat beberapa faktor seperti adanya sambungan kabel, *bending* (pembengkokan), dan putus



kabel.

Gambar 2. Hasil Pengukuran Core 1

Menurut Gambar 2, pada *core 1* terjadi 5 *event* dimulasi dari proses pengiriman hingga sampai ke penerima di OTB STO Benculuk. *Event* pada OTDR merupakan titik-titik terjadinya redaman kabel pada serat optik yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti *bending* atau pembengkokan dan putus kabel. *Event 1* menunjukkan titik mulai pengiriman cahaya dari OTDR, sedangkan *event 2* sampai dengan 4 menunjukkan adanya titik redaman yang diakibatkan oleh adanya *splicing* atau sambungan kabel, dan *event*

terakhir yaitu *event 5* menunjukkan cahaya sudah sampai di titik penerima yaitu OTB STO Benculuk.

3.3. Simulasi Jaringan

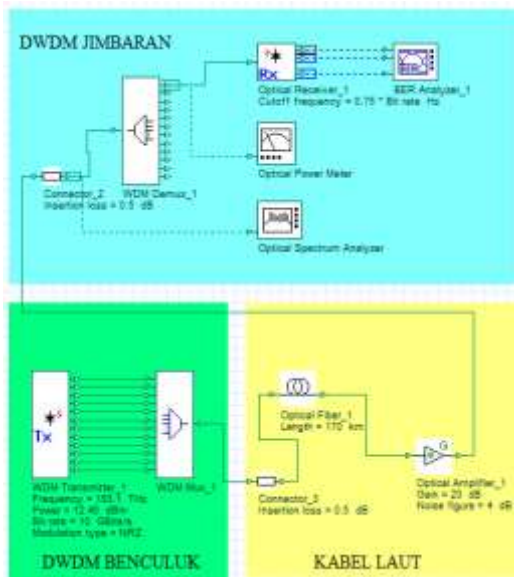
Simulasi jaringan optik SKKL (Sistem Komunikasi Kabel Laut) Benculuk-Jimbaran ini menggunakan aplikasi lunak Optisystem. Aplikasi ini memudahkan simulasi untuk perhitungan BER. Tujuan penggunaan simulasi Optisystem adalah untuk melihat seberapa besar nilai BER yang dihasilkan dari jaringan tersebut.

Konfigurasi jaringan dapat ditunjukkan melalui Gambar 3. Spesifikasi perangkat yang digunakan dalam simulasi ini dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

No.	Parameter	Nilai
1.	Format Modulasi	NRZ
2.	Laju Bit	10 Gbps
3.	Frekuensi	193.1 THz
4.	Bandwith	100 Gbps
5.	Attenuation (G.654)	0.22 dB/km
6.	Gain	20 dB
7.	Power Transmitter	12.45 dBm
8.	Connector Loss	0.5 dBm
9.	Panjang kabel	170 km

Dengan spesifikasi perangkat menurut tabel 1, simulasi jaringan dapat ditunjukkan simulasi pada Optisystem pada Gambar 3.



Gambar 3. Simulasi Jaringan Benculuk-Jimbaran Menggunakan Optisystem

3.4. Analisa Jaringan Menurut Nilai Redaman Total

Hasil pengukuran redaman serat optik yang telah didapatkan dapat dibandingkan dengan perhitungan redaman total yang berpedoman pada standarisasi yang telah ditetapkan oleh PT. Telekomunikasi Indonesia Unit *Network Area* and *IS Operation* WITEL Denpasar. Tujuan dari perhitungan redaman total pada penelitian ini adalah untuk menetapkan nilai redaman total yang diijinkan pada jaringan yang akan diukur. Standarisasi redaman tersebut ditunjukkan pada tabel 2 [10].

Tabel 2. Standarisasi Nilai Redaman PT. Telkom Indonesia Unit *Network Area* and *IS Operation* WITEL Denpasar

No.	Parameter	Nilai Redaman
1.	Redaman internal kabel	0.25 dB/Km (G.655C) 0.3 dB/Km (G.652D) 0.22 dB/Km (G.654)
2.	Redaman konektor	0.5 dB
3.	Redaman titik <i>event</i>	0.2 dB

Persamaan dari redaman total yang digunakan sebagai acuan pada setiap *core*nya menggunakan persamaan baku yang digunakan oleh PT. Telekomunikasi Indonesia WITEL Denpasar seperti berikut:
 $Lt = (L \times \alpha) + (n_1 \times \alpha_1) + (n_2 \times \alpha_2) \dots \dots \dots (1)$
 Keterangan:

- Lt = Redaman total
- L = Jarak (Km)
- α = Redaman kabel serat optik (dB/Km)
- n_1 = jumlah konektor
- α_1 = Redaman konektor (dB)
- n_2 = Jumlah *splice*
- α_2 = Redaman *splice* (dB)

3.5. Analisa Jaringan Menurut Nilai Power Receive

Hasil pengukuran *core idle* menggunakan OTDR dapat dibandingkan dengan nilai standar *receive sensitivity* oleh ITU-T. Tujuan dari perhitungan *power receive* adalah untuk mengetahui nilai *power receive* yang diterima oleh *receiver*. Perhitungan besar sinyal *receiver* pada transmisi Benculuk-Jimbaran dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - Loss \dots \dots \dots (2)$$

- Keterangan:
- P_{Rx} = Power receive (dBm)
- P_{Tx} = Power transmitter (dBm)
- $Loss$ = Redaman total kabel serat optik (dB)

Apabila perbandingan nilai sinyal yang diterima dengan standar *receive sensitivity* menunjukkan bahwa sinyal yang diterima lebih besar dibandingkan standar *receive sensitivity* yang telah ditetapkan, maka *core* yang akan diukur memiliki kelayakan kualitas jaringan transmisi komunikasi yang baik.

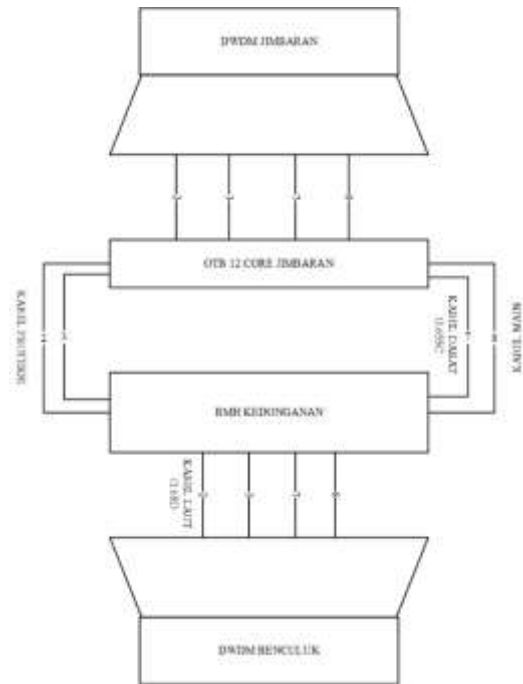
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jaringan Serat Optik *Link* Benculuk-Jimbaran

Dalam sistem komunikasi kabel laut yang digunakan pada jaringan Benculuk-Jimbaran terdapat DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) yang berfungsi sebagai media *multiplexer* dari transmisi sinyal pada serat optiknya. Setelah masuk ke DWDM, kabel serat optik akan langsung disambungkan ke OTB (*Optical Termination Box*) yang berfungsi sebagai media penyambung kabel menuju BMH Kedonganan yang terletak di Pantai Kedonganan. BMH (*Beach Manhole*) merupakan suatu tempat untuk menyambungkan sekaligus mentransisikan kabel darat menjadi kabel laut, dan begitu juga sebaliknya.

Konfigurasi jaringan pada *link* Benculuk-Jimbaran dapat direpresentasikan dengan Gambar 4. Kabel serat optik yang digunakan pada *link* Benculuk-Jimbaran adalah kabel jenis G.655C untuk kabel darat dengan kapasitas 12 *core* dan G.654 dengan kapasitas 12 *core* untuk tipe kabel lautnya. Kabel darat yang digunakan pada jaringan ini berjumlah 2 kabel dengan fungsi masing-masing yaitu kabel *main* dan kabel proteksi.

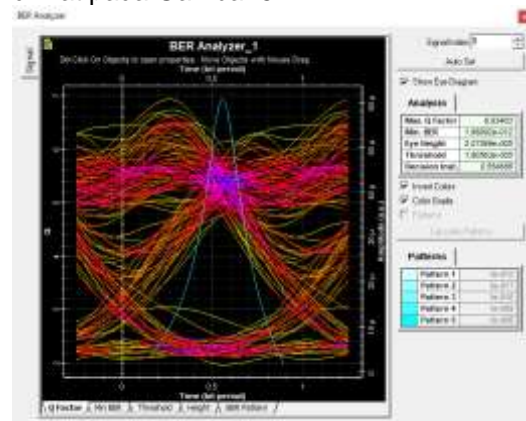
Pada pembangunan jaringan, *core* yang aktif umumnya berjumlah genap dikarenakan *core* yang aktif difungsikan untuk komunikasi dua arah. Menurut Gambar 4, jaringan proteksi memiliki dua *core* aktif yaitu *core* 2 dan *core* 3. *Core* 2 difungsikan sebagai jalur komunikasi proteksi dari Benculuk menuju Jimbaran. Jadi pada *core* 2, Benculuk diposisikan sebagai transmitter dan Jimbaran diposisikan sebagai receiver. *Core* 3 difungsikan sebagai jaringan proteksi dari Jimbaran menuju Benculuk. Pada jaringan main, *core* 7 difungsikan sebagai jalur komunikasi main dari Jimbaran menuju Benculuk, sedangkan *core* 8 difungsikan sebagai jalur komunikasi main Benculuk menuju Jimbaran.



Gambar 4. Konfigurasi Jaringan pada *Link* Benculuk-Jimbaran

4.2 Hasil Simulasi Jaringan

Konfigurasi jaringan dapat ditunjukkan melalui Gambar 3 yang menggunakan satu buah *optical amplifier* dengan *gain* sebesar 20 dB yang merupakan nilai maksimum *gain* yang diperbolehkan dalam aplikasi Optisystem. Kabel serat optik yang digunakan sebanyak 1 buah kabel sesuai yang digunakan di lapangan dengan panjang kabel 170 km. Hasil simulasi jaringan *link* Benculuk-Jimbaran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Simulasi Jaringan

Hasil BER yang didapatkan sebesar $1,96992 \times 10^{-12}$ dan *Q-Factor* sebesar 6,934043 yang dapat ditunjukkan pada

Gambar 5. Menurut standar ITU-T, nilai BER adalah $<10^{-9}$, maka nilai BER dari hasil simulasi sudah memenuhi standar ITU-T yang telah ditetapkan. Nilai *Q-factor* menurut standar ITU-T adalah >6 , sedangkan nilai *Q-factor* yang didapatkan pada simulasi adalah 6,934043 yang sudah memenuhi standar ITU-T. Ketentuan *receive sensitivity* menurut standar ITU-T adalah -28 dBm, sedangkan nilai *power receive* yang didapatkan pada simulasi sebesar -14,772 dBm. Dapat dikatakan berdasarkan hasil simulasi, bahwa jaringan yang dibangun pada *link* Benculuk-Jimbaran memiliki performa yang baik dan layak digunakan untuk transmisi komunikasi antar pulau.

Gambar 5 menunjukkan jitter pada bagian atas sinyal, dimana *jitter* merupakan variasi *delay*. *Jitter* dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain, jauhnya jarak transmisi yang diperlukan pada *link* Benculuk-Jimbaran dan besarnya beban trafik yang berjalan pada jaringan tersebut. Lebar antara area dasar dan area puncak *eye diagram* disebut dengan *eye height*. Semakin jauh jarak area puncak dan area dasar maka *eye height* semakin bagus [10]. *Eye height* dapat menunjukkan nilai rata-rata level sinyal dimana semakin lebar *eye height* nya maka akan mendapatkan nilai *Q-factor* dan BER yang semakin tinggi. Semakin tinggi nilai *Q-factor* dan BER nya maka menunjukkan kualitas jaringan transmisi yang semakin baik.

4.3 Pengukuran Core Idle Link Benculuk-Jimbaran

Pengukuran *core idle* yang dilaksanakan pada *link* Benculuk-Jimbaran memiliki jumlah hasil pengukuran sebanyak 8 *core* dari total 12 *core* kabel yang ada. Tiap *core* memiliki nilai redaman yang berbeda-beda yang diakibatkan oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan tingkat kemurnian yang dimiliki masing-masing *core* pada serat optik yang diakibatkan oleh keutuhan kabel saat berada di tengah laut, perbedaan tingkat benturan yang diterima oleh masing-masing *core* yang dapat berdampak pada perbedaan jumlah sambungan yang dimiliki oleh masing-masing *core*. *Core* satu dengan yang lainnya belum tentu mengalami gangguan yang sama. Pengukuran redaman kabel terhadap 8 *core* serat optik pada *link* Benculuk-Jimbaran dapat dirangkum pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Redaman Kabel pada *Link* Benculuk-Jimbaran

Core	Jarak	Event	Redaman Total (dB)	Rata-rata Redaman (dB/km)
1	170,307	3	30,654	0,180
4	170,287	2	30,394	0,178
5	170,323	3	30,448	0,179
6	170,261	3	30,242	0,178
9	169,646	2	29,942	0,176
10	169,713	1	30,342	0,179
11	169,651	2	29,822	0,176
12	169,651	4	29,789	0,176

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat hasil pengukuran redaman kabel yang telah dilaksanakan memiliki nilai yang tidak terlampaui jauh pada masing-masing *core*-nya. Selain itu, jumlah sambungan yang terjadi pada tiap *core*-nya juga memiliki perbedaan jumlah sambungan. Redaman yang terjadi pada *link* Benculuk-Jimbaran disebabkan oleh adanya splicing yang diakibatkan oleh kabel terkena jangkar kapal pada bulan Maret 2019. Menurut tabel 3, dapat dilihat *core* yang memiliki kualitas yang paling baik adalah *core* 12 dengan nilai redaman sebesar 29,789 dB. Walaupun pada hasil pengukuran *core* 12 memiliki 4 sambungan, tidak selalu mengakibatkan *core* tersebut memiliki kualitas yang paling buruk. Hasil ukur pada *core* 12 dapat dibandingkan dengan *core* yang memiliki jumlah sambungan paling sedikit yaitu *core* 10. *Core* 10 memiliki nilai redaman sebesar 30,342 dB yang nilainya lebih tinggi dibandingkan hasil ukur pada *core* 12 yaitu 29,789 dB. Dapat dikatakan secara umum, bahwa *core* yang memiliki jumlah sambungan banyak belum tentu memiliki nilai redaman total paling besar, begitu juga sebaliknya.

4.4 Analisa Jaringan Menurut Nilai Power Receive

Hasil pengukuran *core* serat optik menggunakan OTDR dapat dibandingkan dengan nilai standar *receive sensitivity* oleh ITU-T yaitu -28 dBm. Perhitungan *power receive* pada *core* 1 dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - Loss$$

$$P_{Rx} = 12,45 \text{ dBm} - 30,654 \text{ dBm}$$

$$P_{Rx} = -18,204 \text{ dBm}$$

Tabel 4. Nilai *Power receive* pada Hasil Pengukuran dan Simulasi

Core	Rx Hasil Pengukuran	Rx Hasil Simulasi
1	-18,204 dBm	-14,772 dBm
4	-17,944 dBm	-14,772 dBm
5	-17,988 dBm	-14,772 dBm
6	-17,792 dBm	-14,772 dBm
9	-17,492 dBm	-14,772 dBm
10	-17,892 dBm	-14,772 dBm
11	-17,372 dBm	-14,772 dBm
12	-17,339 dBm	-14,772 dBm

Hasil perhitungan *power receive* pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai *power receiver* pada hasil simulasi dengan hasil pengukuran *core idle* memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu besar. Perbedaan nilai tersebut dapat diakibatkan oleh adanya perbedaan parameter yang digunakan pada simulasi dengan parameter yang digunakan di lapangan seperti pada nilai gain yang digunakan. Pada simulasi nilai gain yang digunakan adalah 20 dB, sedangkan nilai gain yang di lapangan adalah 26,00 dB (sumber: PT. Telekomunikasi Indonesia WITEL Denpasar). Penggunaan nilai gain 20 dB pada simulasi dikarenakan nilai gain maksimal yang dapat digunakan pada Optisystem adalah 20 dB. Selain itu perbedaan tersebut dapat diakibatkan oleh kondisi perangkat di lapangan dengan simulasi berbeda. Perangkat pada simulasi berada pada kondisi prima dan belum mengalami penurunan kualitas akibat usia perangkat ataupun rugi-rugi transmisi. Namun perbedaan yang ada pada simulasi dan pengukuran tetap menjadikan nilai *power receive* disetiap *core*-nya masih berada dibawah nilai maksimal redaman menurut standar ITU-T yaitu -28 dBm. Maka dari itu, jaringan serat optik *link* Benculuk-Jimbaran menurut nilai *power receive* pada simulasi maupun hasil pengukuran dapat dikategorikan memiliki performa yang baik.

4.5 Analisa Jaringan Menurut Nilai Redaman Total

Hasil pengukuran redaman serat optik *link* Benculuk-Jimbaran dapat dibandingkan

dengan perhitungan redaman total sesuai pedoman pada Tabel 2. Perhitungan nilai redaman total dari *core 1* dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$L_t = (170,307 \times 0,22) + (2 \times 0,5) + (5 \times 0,1)$$

$$L_t = (37,467) + (1,0) + (0,5)$$

$$L_t = 38,96 \text{ dB}$$

Nilai redaman total dari hasil pengukuran dan perhitungan pada *link* Benculuk-Jimbaran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Redaman Total pada Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Core	Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan
1	30,654 dB	38,960 dB
4	30,394 dB	38,863 dB
5	30,448 dB	38,971 dB
6	30,242 dB	38,957 dB
9	29,942 dB	38,722 dB
10	30,342 dB	38,630 dB
11	29,822 dB	38,723 dB
12	29,789 dB	38,923 dB

Perhitungan redaman total yang telah didapatkan menentukan nilai redaman maksimal yang diijinkan pada *core* yang bersangkutan. Nilai redaman total yang telah didapatkan dari hasil pengukuran memiliki nilai dibawah hasil perhitungan atau dapat dikatakan hasil pengukuran dari redaman serat optik *link* Benculuk-Jimbaran tidak melebihi nilai redaman total maksimal yang telah diperhitungkan. Perbedaan nilai yang terdapat pada hasil pengukuran dan hasil perhitungan disebabkan oleh redaman yang didapatkan pada tiap titik *event* berada di bawah nilai standar redaman sesuai Tabel 2, yang menyebabkan nilai dari hasil pengukuran berada dibawah nilai hasil perhitungan dengan perbedaan nilai yang cukup jauh. Menurut analisa dari nilai redaman total yang didapatkan dari hasil pengukuran dan perhitungan, jaringan serat optik *link* Benculuk-Jimbaran kualitas yang baik.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari pengukuran redaman serat optik *link* Benculuk-Jimbaran menggunakan OTDR adalah sebagai berikut.

Berdasarkan hasil simulasi jaringan serat optik *link* Benculuk-Jimbaran pada Optisystem 7.0 memiliki kualitas yang baik. Nilai BER dan *Q-factor* yang didapatkan

tidak melewati nilai standar yang telah ditetapkan ITU-T. BER yang didapatkan memiliki nilai lebih kecil dari 10^{-9} dan *Q-factor* yang dihasilkan memiliki nilai lebih besar dari 6.

Berdasarkan nilai *power receive* dari hasil simulasi dan hasil pengukuran, jaringan serat optik *link* Benculuk-Jimbaran memiliki kualitas yang baik dikarenakan nilai yang didapatkan lebih besar dari standar receive sensitivity yang telah ditetapkan oleh ITU-T yaitu -28 dBm.

Berdasarkan perbandingan nilai redaman total dari hasil pengukuran dengan hasil perhitungan, jaringan serat optik *link* Benculuk-Jimbaran memiliki redaman total yang masih bisa ditoleransi dikarenakan tidak melewati batas maksimal redaman total yang telah diperhitungkan. Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa jaringan tersebut masih memiliki kualitas yang baik sehingga tidak perlu dilakukan peningkatan kapasitas jaringan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yanthony, D. (2009) Analisis Perbandingan dan Kinerja Sistem Komunikasi Label Laut SEA-ME-WE 3 dan 4. Universitas Indonesia.
- [2] Lesmana, I., Dasril, Suryadi. (2019) 'Analisis Pengukuran Redaman Kabel Serat Optik Antara STO Pemangkat – STO Tebas Menggunakan OTDR EXFO FTB-200'. Universitas Tanjungpura.
- [3] Nurdiana, F. A., Sugito, Hertiana (2015) 'Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik *Link* Makassar-Maumere Menggunakan DWDM'. Universitas Gadjah Mada.
- [4] Karel, B. K. M., Hambali, Jauhari. (2018) Perancangan Penggunaan Penguat Optik pada Jaringan Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) di Jalur Sistem Indonesia *Global Gateway* (IGG). Universitas Telkom.
- [5] Adiguna, T., Hendrawan, Nusantara, H. (2017) 'East Nusa Tenggara Submarine Cable Communication System Design'. Institut Teknologi Bandung.
- [6] Siddiq, M. Y., (2014) 'Power Kalkulasi dan *Link* Budget Perangkat DWDM ZTE pada Sistem Transmisi Serat Optik untuk Wilayah Semarang Hingga Solo'. Universitas Diponegoro.
- [7] Kuswoyo, H. (2001) "*Optimasi Jaringan Serat Optik dengan Dense Wavelength Division Multiplexing di PT. Caltex Pacific Indonesia*". Universitas Gadjah Mada.
- [8] Adiati, R. F. (2017) *Analisis Parameter Signal to Noise Ratio dan Bit Error Rate dalam Backbone Komunikasi Fiber Optik Segmen Lamongan-Kebalen*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [9] Putra, I. P. Y. P., Sudiarta, P. K. Sukadarmika, G. (2018) 'Studi Perbandingan Jaringan Optik Eksisting dengan Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Kampus Universitas Udayana Bukit Jimbaran'. Universitas Udayana.
- [10] Zulherman, D., Rosanto, Khair. (2017) 'Analisis Unjuk Kerja Rancangan Jaringan Fiber To The Home Area Jakarta Garden City dengan Metode Eye Diagram'. Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto.
- [11] Keiser, G. (2003) 'Optical Communications Essentials'. The McGraw-Hill Companies, pp. 234–236.
- [12] Nasaruddin, N. (2011) 'Konsep dan Kinerja dari Sistem Hybrid OCDMA/WDM untuk Local Area Network', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 9(4), pp. 173–175.