

Error Counting Transmisi Serat Optik Submarine Segmentasi Bangka-Batam PT. Mora Telematika Indonesia, Tbk.

Guntur Wahyu Dewanto¹, Djadjat Sudaradjat², Trisna Fajar Prasetyo³

^{1,2,3}Universitas Bina Sarana Informatika

e-mail : ¹72190013@bsi.ac.id, ²djadjat.dsj@bsi.ac.id, ³trisna.tfp@bsi.ac.id

Abstrak - PT. Mora Telematika Indonesia, TBK merupakan perusahaan penyedia jaringan internet, salah satu jaringan *backbone* nya adalah B3JS yang menghubungkan Jakarta-Singapura dengan media kabel optik. Latar belakang penelitian adalah adanya kinerja yang buruk pada segmentasi Bangka-Batam sehingga menimbulkan kesalahan sistem yang menyebabkan koneksi jaringan terputus. Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu hipotesa sehingga dapat dilakukan tindakan untuk memecahkan masalah. Metodologi yang dilakukan dalam penelitian dengan menganalisa lapisan *electrical* dengan hasil perhitungan rata-rata nilai OSNR 16.88 dB dari nilai minimumnya 14.22 dB, FEC BER 3.15×10^{-2} dan *Q* (dB) Factor 6.96 dB dari nilai minimum 5.29 dB sehingga diperoleh *margin* dengan rata-rata 1.67 dB. Dari hasil analisa tersebut muncul hipotesa bahwa kualitas kabel serat optik menurun, analisa dilanjutkan pada lapisan optikal dengan melakukan OTDR yaitu menghitung nilai maksimal kerugian pada serat optik pada jarak 20Km, 40Km dan jarak terjauh dari sisi Batam. Dari hasil pengukuran, pada *core 7* di jarak 19Km terdapat tekukan serat optik sehingga terjadi kerugian daya sinyal dengan rata-rata kerugian 0.355 dB dari nilai maksimum kerugian 0.20 dB (ITU-T G.654,2020). Sebagai pembuktian hipotesa dilakukan perbaikan dengan metode *jumper* pada serat optik dan didapat hasil kenaikan rata-rata OSNR sebesar 4.2%, FEC BER 0.01%, *Q* dB dan *margin* 2.21%. Sebagai pengujian hipotesa dilakukan RFC2544 test dan diperoleh hasil *latency* 3.11ms, *Jitter* 0.33us, *Throughput* 100% dan *Frame Loss* 0%, nilai hasil uji kinerja jaringan tersebut masuk ke dalam parameter *Internet Engineering Task Force* (IETF) maka hipotesa kualitas serat optik yang kurang baik terbukti dan teruji.

Kata Kunci: OSNR, FEC BER, *Q* (dB) Factor

Abstract - PT. Mora Telematika Indonesia, TBK is an internet network provider company, one of backbone networks is B3JS connects Jakarta-Singapore using optical cable media. Background research is bad performance in Bangka-Batam segmentation, causing system errors so network connections to be lost. Purpose research is to make hypothesis so action can be taken to solve the problem. The methodology used in the research by analyzing the electrical layer with calculation of average OSNR value 16.88 dB from the minimum value 14.22 dB, FEC BER 3.15×10^{-2} and *Q* (dB) Factor 6.96 dB from the minimum value 5.29 dB so average margin is 1.67 dB. From the analysis results, fiber optic quality was decreasing. The analysis continued to optical layer by OTDR test, calculating the maximum loss value in the optical fiber for distance 20Km, 40Km and the farthest distance from Batam. The measurement results, core 7 distance of 19km there is bending in the optical fiber with average loss 0.355 dB from the maximum loss 0.20 dB (ITU-T G.654,2020). As proof of hypothesis, improvements using jumper method on fiber optics and the results obtained were an increase in the OSNR 4.2%, FEC BER 0.01%, *Q* dB and margin 2.21%. As hypothesis testing was done by RFC2544 and the results were latency 3.11ms, Jitter 0.33us, Throughput 100% and Frame Loss 0%, the network performance test results were included in the parameters of the Internet Engineering Task Force (IETF), so the hypothesis the quality of the optical fiber was poor, well proven and tested.

Keywords: OSNR, FEC BER, *Q* (dB) Factor

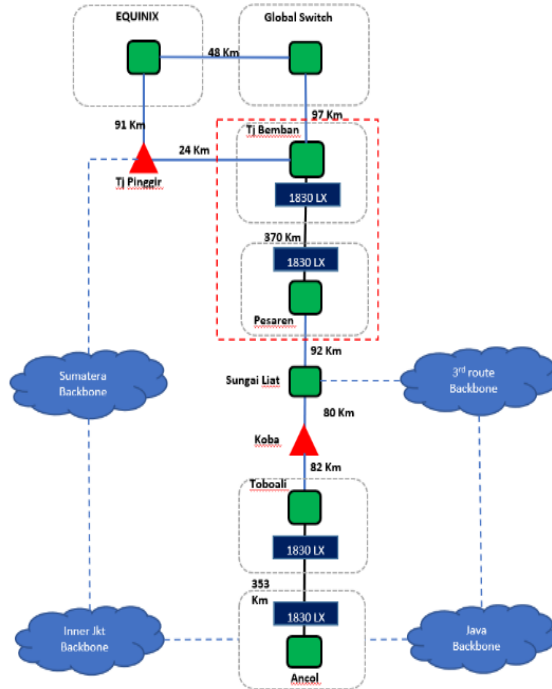
PENDAHULUAN

Kebutuhan akan komunikasi dan informasi dengan kecepatan tinggi akan selalu meningkat sejalan dengan peningkatan kegiatan atau aktifitas perorangan maupun suatu kelompok atau organisasi. Efektif dan efisien adalah kata kunci yang menjadi pilihan utama pada masa kini sehingga dalam dua dekade ini terus berkembang pesat teknologi yang menunjang telekomunikasi seperti teknologi

transmisi dengan media kabel serat kaca atau biasa dikenal dengan sebutan *fiber optic* (FO).

Backbone B3JS milik PT Moratelindo merupakan jalur utama yang menghubungkan pulau-pulau di Indonesia menuju pulau Bangka, Batam sampai dengan Singapura dengan kapasitas jaringan sebesar 1.6 Tera Byte. Permasalahan terjadi pada pertengahan tahun 2022, jaringan *backbone* B3JS di segmen Bangka-Batam sepanjang 370 Km terjadi

penurunan kualitas kinerja jaringan terdapat *error counting* yang menyebabkan beberapa *channel* mati secara acak, yang artinya terjadi kesalahan sistem sehingga terputusnya koneksi antar *transponder*.



Sumber: *As Plan Drawing Improvement and Modernization B3JS*, (2022)

Gambar 1. Topologi *Backbone* PT. Moratelindo

Tabel 1. Data Kinerja Jaringan Batam Tanggal 20 Des 2022

No	Channel	Modul	FEC BER	Post-FEC
1	9170	130SCX10	9.33E-03	0.00E+00
2	9180	130SCX10	7.41E-03	0.00E+00
3	9190	130SCX10	4.57E-03	0.00E+00
4	9200	130SCX10	7.76E-03	0.00E+00
5	9210	4UC400	1.05E-02	0.00E+00
6	9220	4UC400	1.23E-02	6.61E-14
7	9230	4UC400	8.71E-03	0.00E+00
8	9240	4UC400	8.71E-03	0.00E+00
9	9290	4UC400	1.91E-02	2.51E-13
10	9300	4UC400	1.29E-02	1.82E-14
11	9310	4UC400	1.32E-02	2.51E-13
12	9320	4UC400	2.14E-02	1.82E-14
13	9330	4UC400	1.32E-02	0.00E+00
14	9340	4UC400	1.32E-02	3.63E-14
15	9350	4UC400	1.51E-02	5.37E-14
16	9360	4UC400	1.41E-02	1.26E-13

Sumber : Data Operational PT. Moratelindo (2022)

Pada Tabel 1 dijelaskan bahwa *channel* yang berwarna merah merupakan *channel* yang *error*. Salah satu dampak dari permasalahan adalah terhambatnya proses bisnis perusahaan karena banyaknya kesalahan sistem dalam jaringan yang menyebabkan nilai jual menjadi menurun. Dampak yang terjadi pada sisi teknis adalah berkurangnya kapasitas komunikasi antar jaringan yang menjadikan nilai kapasitas menjadi tidak seimbang dengan jaringan *backbone* lainnya. Perangkat yang

digunakan adalah perangkat Nokia tipe PSS-24 sehingga referensi yang dipelajari dari *datasheet* (Nokia, 2018), hal yang dipelajari adalah nilai minimal dari OSNR dan fitur pengoreksian kesalahan. Dengan mempelajari spesifikasi dan karakteristik perangkat, maka berkembang lagi hal-hal yang harus dicari pemecahan masalahnya seperti pemahaman karakteristik kabel FO *submarine* dengan penguatan ROPA dalam artikel “*Definition of Unrepeated Cable Systems*”, (Clesca Bertrand, 2021) serta kualifikasi kabel FO *submarine* dalam dokumen “*ITU-T Characteristics of a Cut-Off Shifted Single-Mode Optical Fibre And Cable Recommendation ITU-T G.654*”(ITU-T, 2020), teori serta perhitungan nilai OSNR dalam presentasi pertemuan gugus tugas *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEE) P802.3cn “*OSNR Link Budget Methodology*” (Lyubomirsky, 2021), teori prinsip kerja teknologi DWDM serta penguatannya dalam jurnal “*Performance Enhancement of DWDM Optical Fiber*” (Jaquab Oravec & Maros Lapcak, 2022), Perhitungan nilai *Q* (dB) Factor dalam jurnal “*Comparative Evaluation Of Optical Amplifiers In Passive Optical Access Networks*” (Armel et al., 2022), serta pemahaman dan perhitungan *Quality of Service* (QoS) dalam jurnal “*Analisa Sistem Proteksi Automatic Switched Optical Network (ASON) Pada Transmisi Serat Optik Backbone PT. Mora Telematika Indonesia Segment Jakarta-Batam*”. Berdasarkan referensi-referensi tersebut yang akan diterapkan pada proses analisa.

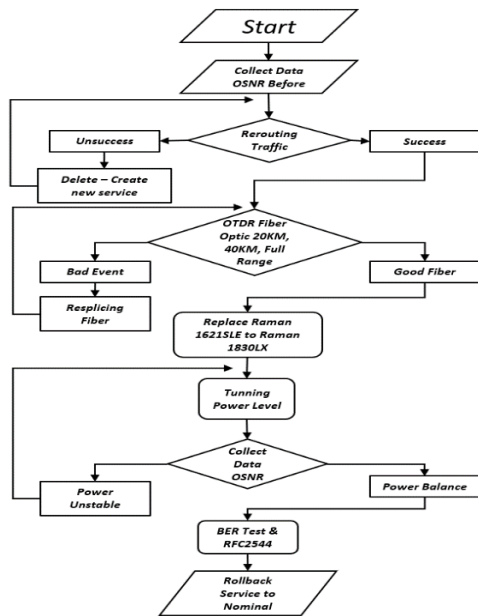
METODE PENELITIAN

Analisa dilakukan dalam beberapa tahapan, diantaranya dengan melakukan analisa pada lapisan *electrical* pengambilan data OSNR dan dihitung manual pada 3 (tiga) *channel*, *channel* pertama, *channel* pertengahan dan *channel* terakhir sebagai *sample* keseimbangan nilai OSNR dalam satu *mux/demux*. Selanjutnya melakukan perhitungan nilai *Q* (dB) Factor terhadap nilai FEC yang diterima oleh *transponder* dan menghitung selisih dari nilai *Q* (dB) Factor dengan nilai batas minimumnya sebagai *margin Q* (dB) Factor.

Proses analisa dilanjutkan pada lapisan optikal dengan melakukan pengukuran OTDR pada jarak 20 Km, 40 Km dan jarak terjauh FO, bila dari hasil pengukuran terdapat indikasi kerusakan pada kabel FO maka harus dilakukan perbaikan kabel. Setelah dipastikan kondisi FO bagus, lalu kemudian dilakukan penyesuaian *power* dengan parameter nilai OSNR yang seimbang pada masing-masing *channel*.

Tahapan terakhir sebagai pembuktian hipotesa dengan melakukan pengujian kinerja pada jaringan menggunakan pengujian RFC 2544 yaitu menguji nilai *latency*, *jitter*, *throughput* dan *frame loss*. Saat semua sudah dipastikan dalam keadaan baik dan stabil, maka dapat dilakukan pengembalian *traffic data* ke jalur pemetaan semula melalui segmen

Bangka-Batam. Tahapan-tahapan pada proses analisa dapat dituangkan dalam skema pada Gambar 2 dibawah ini.



Sumber : Dokumen Pribadi (2023)

Gambar 2. Skema Kerja Penelitian

1. Tahap Penelitian

Dalam skema penelitian yang di tunjukan pada Gambar 2 dapat diuraikan bahwa terdapat 5 (lima) tahap utama yang dilakukan secara berurutan dan saling berkaitan.

- Analisa nilai OSNR, FEC dan Q (dB) untuk mencari titik permasalahan dan langkah perbaikan yang akan dilakukan sebelum pergantian perangkat 1621SLE ke Raman 1830LX.
- Pengukuran kabel dengan OTDR pada jarak 20 Km, 40 Km dan jarak terjauh dari sisi Batam lalu melakukan analisa hasil OTDR event per event dari jarak 10 Km – 40 Km.
- Penghitungan nilai maksimal loss pada FO dan dibandingkan dengan kondisi kabel optik berdasarkan hasil OTDR.
- Analisa nilai OSNR serta FEC dan Q (dB) Factor setelah dilakukan perbaikan dan pergantian perangkat 1621SLE ke 1830LX.
- Pengujian *Quality of Service* (QOS) dengan metode RFC2544.

2. Metode Teknik

a. Analisa Nilai Optical Signal to Noise Ratio

OSNR (*Optical Signal to Noise Ratio*) adalah rasio antara daya sinyal optik dengan daya noise pada proses transmisi dengan media sebuah kabel FO. OSNR diukur dalam satuan *desibell* (dB) dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas sinyal optik yang diterima pada penerima atau *receiver* dalam sebuah sistem transmisi optik. Semakin tinggi nilai OSNR, semakin baik kualitas sinyal optik yang

diterima dan semakin rendah *error bit* yang terjadi pada sistem transmisi optik tersebut. Untuk pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Optical Spectrum Analyzer* (OSA). Menurut *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEE) P802.3cn*, nilai OSNR dapat dihitung dengan melakukan membagi nilai *signal* dan *noise* dalam bentuk satuan *mili Watt* (mW) (Lyubomirsky, 2021), sehingga persamaan SNR sebagai berikut :

$$SNR = \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

SNR : *Signal to Noise Ratio* dalam satu periode.

P_{signal} : *Power Signal* dalam satu periode.

P_{noise} : *Power Noise* dalam satu periode.

Nilai OSNR yang dihitung dalam satuan *mili watt* (mW) kemudian di konversi ke dalam satuan *desibell* (dB) dengan persamaan sebagai berikut :

$$OSNR (dB) = 10 \times \log_{10} (SNR) \dots \dots \dots (2)$$

b. Analisa nilai Q (dB) Factor terhadap nilai FEC BER

Q (dB) Factor adalah ukuran kualitas sinyal optik yang dikirimkan melalui saluran transmisi dan digunakan untuk mengukur tingkat distorsi sinyal serta *noise* yang terjadi selama proses transmisi data. Semakin tinggi Q (dB) Factor, semakin rendah tingkat distorsi sinyal dan semakin tinggi kualitas sinyal yang diterima. Q (dB) Factor diekspresikan dalam satuan *desibell* (dB). Fungsi *invers* dari distribusi kumulatif untuk distribusi *normal standar* (*mean* 0, *varians* 1) dapat dinyatakan sebagai fungsi yang disebut "*Inverse Standard Normal Distribution Function*" atau "*Inverse Standard Gaussian Function*" (Jaquib Oravec & Maros Lapcak, 2022). Fungsi ini umumnya diterapkan dalam *software* atau bahasa pemrograman menggunakan pendekatan *approximation*.

“Kualitas transmisi digital mudah untuk dievaluasi, cukup dengan membandingkan urutan simbol yang dikirim dengan urutan simbol yang diterima dan menghitung kesalahannya (berapa kali "0" terdeteksi untuk "1" yang dikirim atau sebaliknya)”, (Armel et al., 2022), Q (db) Factor dapat diinterpretasikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(2 \times BER) \dots \dots \dots (3)$$

Q : Ukuran kualitas sinyal dalam pentransmisian data.

$\operatorname{erfc}^{-1}(x)$: Fungsi kebalikan (*inverse*) dari fungsi komplementer *error* $\operatorname{erfc}(x)$, Fungsi $\operatorname{erfc}(x)$ adalah fungsi komplementer dari fungsi *error* $\operatorname{erf}(x)$ dan didefinisikan sebagai $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$.

BER : Rasio jumlah *bit* yang terkirim berbanding dengan kesalahan atau *error* yang terkoreksi.

Nilai Q Factor dalam satuan *desibell* (dB) dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q(dB) = 20 \log_{10}[Q] \dots \dots \dots (4)$$

Nilai BER FEC didapatkan pada *power transponder channel* dengan cara mengakses perangkat transmisi, jaringan B3JS ini menggunakan *transponder brand* Nokia dengan tipe 4UC400 dimana tipe 4UC400 menurut datasheet Nokia_1830 PSS-8x24x Release 11.0 Product Information and Planning Guide memiliki *threshold Q (dB) Factor* adalah 5.29 dB didapat dari *limit FEC BER* sebesar 3.3×10^{-2} dengan penjelasan sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(2 \times \text{BER})$$

$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(2 \times 3.3 \times 10^{-2})$$

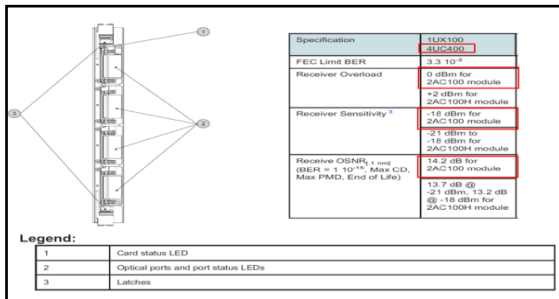
$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(6.60 \times 10^{-2})$$

$$\operatorname{erfc}^{-1}(2.10 \times 10^{-2}) = 1.3$$

$$Q = \sqrt{2} \times 1.3 = 1.84 \text{ bit}$$

$$Q(\text{dB}) = 20 \log_{10}[Q]$$

$$= 20 \log_{10}[1.84] = 5.29 \text{ dB}$$

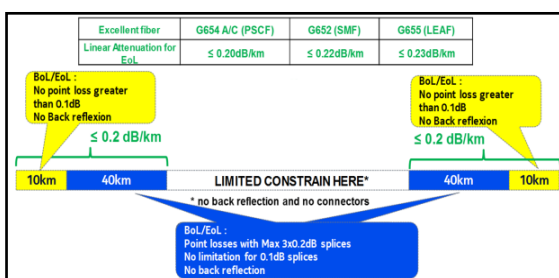


Sumber : Datasheet Nokia (2018)

Gambar 3. Fisik dan kualifikasi Modul 4UC400

c. Analisa Pengukuran OTDR Submarine

Metode teknik yang digunakan dalam analisa di kabel FO adalah metode *standart submarine* dimana rekomendasi berdasarkan ITU-T Rec. G.654 single mode menjelaskan maksimal *loss* yang direkomendasikan untuk transmisi *submarine*.



Sumber : ITU-T, (2020)

Gambar 4. Rekomendasi maksimal *loss submarine cable*

Pada Gambar 4 diatas menunjukkan nilai maksimum redaman sesuai rekomendasi ITU-T G.654 untuk adalah 0.2 dB, dari nilai itu maka dapat dihitung nilai kerugian daya sinyal atau *loss* dari keseluruhan panjang kabel dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Max Loss Budget} = (0.20 \times \text{Length}) + (0.1 \times \text{Event}) + (0.5 \times \text{Connector}) \dots \dots \dots (5)$$

Proses analisa pada lapisan optikal adalah dengan mencermati nilai kerugian pada *event* jarak 0

Km sampai dengan 40 Km, menurut ITU-T Rec. G.654 untuk maksimum nilai kerugian daya sinyal pada jarak 0 Km sampai 40 Km tidak boleh >0.20 dB karena pada jarak tersebut *power* yang dipancarkan oleh *amplifier* sangat besar, dengan besarnya nilai kerugian maka akan terjadi refleksi sinyal sehingga kualitas sinyal akan berkurang dan mengganggu proses transmisi.

d. Analisa Quality of Service (QoS) dengan metode RFC2544

RFC2544 adalah standar yang digunakan untuk melakukan pengujian kualitas jaringan pada perangkat seperti *router, switch, dan firewall*. Standar ini berfokus pada pengujian *throughput, delay, dan frame loss* pada perangkat jaringan. Pengujian RFC2544 dilakukan dengan mengirimkan serangkaian paket dengan ukuran yang bervariasi pada perangkat jaringan yang akan diuji. Selama pengujian, parameter diukur dengan menggunakan perangkat pengukur kinerja jaringan, seperti *Network Analyzer* atau *Packet Generator*. Hasil pengujian dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja perangkat jaringan dan menentukan apakah perangkat tersebut dapat memenuhi persyaratan kinerja jaringan. Hasil yang didapat dari pengujian akan dibandingkan dengan nilai minimum, *QoS Consultative* berdasarkan rekomendasi *Committee of International Telephony and Telegraphy (CCIT) E.800*.

Tabel 2. Parameter *Standart Internet Engineering Task Force (IETF)*

Parameter	Nilai	Satuan
Latency	<50	Mili second
Jitter	<30	Mili second
Throughput	100	Persen
Frame Loss	0	Persen

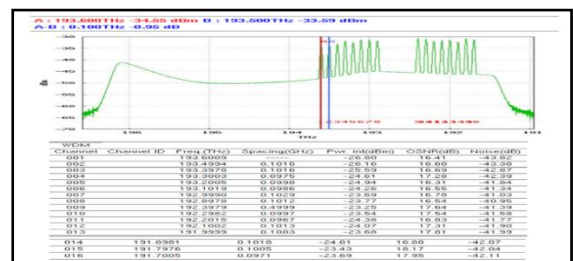
Sumber : *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices-RFC2544* (2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Lapisan Electrical

a. Analisa Nilai OSNR

Analisa OSNR menggunakan alat ukur *Optical Spectrum Analyzer (OSA)* dihubungkan ke port monitoring pada *amplifier* agar di ketahui rasio *noise* dan *power* yang bercampur pada seluruh *channel* setelah melewati proses *multiplexer*.



Sumber : Dokumen analisa OSA Bangka-Batam (2023)

Gambar 5. Hasil OSA Data Awal *Receive* Batam

Dari 16 *channel* yang terbaca oleh OSA, hanya 12 *channel* yang akan di ambil datanya, karena 4 *channel* sisanya menggunakan modul *transponder* yang berbeda yaitu *type* 113SCX12 dimana modul tersebut akan digantikan dengan modul 4UC400 sehingga tidak digunakan sebagai parameter awal karena perbedaan spesifikasi. 12 *channel* yang akan di analisa tertuang pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Ringkasan Pengukuran OSA Receive Batam

No	Channel	Signal Power (dB)	Noise (dB)	OSNR
1	9210	-24.07	-41.90	17.31
2	9220	-24.38	-41.77	16.83
3	9230	-23.54	-41.58	17.54
4	9240	-23.25	-41.39	17.64
5	9290	-23.77	-40.95	16.54
6	9300	-23.69	-41.03	16.78
7	9310	-24.26	-41.34	16.55
8	9320	-24.94	-41.84	16.31
9	9330	-24.61	-42.39	17.28
10	9340	-25.59	-42.87	16.69
11	9350	-26.16	-43.38	16.66
12	9360	-26.80	-43.82	16.41

Sumber : Dokumen analisa OSA Bangka-Batam (2023)

Dari 12 *channel* tersebut pada Tabel 3 akan diambil 3 (tiga) *sample channel* paling atas, tengah dan paling bawah, yaitu *channel* 9210, 9330 dan 9360. Hal ini dilakukan untuk pengujian kalibrasi alat ukur, ketiga *channel* tersebut akan dihitung secara manual nilai OSNR nya dan di bandingkan dengan pembacaan pada alat ukur, hal tersebut juga dilakukan untuk melihat keseimbangan nilai rata-rata OSNR pada tiap *channel*.

Berikut penjabarannya dalam menghitung manual nilai OSNR :

1) *Channel* 9210

$$\begin{aligned} \text{Konversi dB ke mW} &: 10^{(dB/10)} \\ \text{Signal} : -24.07 \text{ dB} &= 10^{\frac{-24.07}{10}} \\ &= 3.92 \times 10^{-3} \text{ mW} \\ \text{Noise} : -41.90 \text{ dB} &= 10^{\frac{-41.90}{10}} \\ &= 6.46 \times 10^{-5} \text{ mW} \\ \text{SNR (mW)} &= \frac{\text{Signal}}{\text{Noise}} \\ &= \frac{3.92 \times 10^{-3}}{6.46 \times 10^{-5}} = 60.67 \text{ mW} \\ \text{OSNR (dB)} &= 10 \times \log_{10} (\text{OSNR mW}) \\ &= 10 \times \log_{10} (60.67) \\ &= 17.83 \text{ dB} \end{aligned}$$

2) *Channel* 9300

$$\begin{aligned} \text{Konversi dB ke mW} &: 10^{(dB/10)} \\ \text{Signal} : -23.69 \text{ dB} &= 10^{\frac{-23.69}{10}} \\ &= 4.28 \times 10^{-3} \text{ mW} \\ \text{Noise} : -41.03 \text{ dB} &= 10^{\frac{-41.03}{10}} \\ &= 7.89 \times 10^{-5} \text{ mW} \\ \text{SNR (mW)} &= \frac{\text{Signal}}{\text{Noise}} \end{aligned}$$

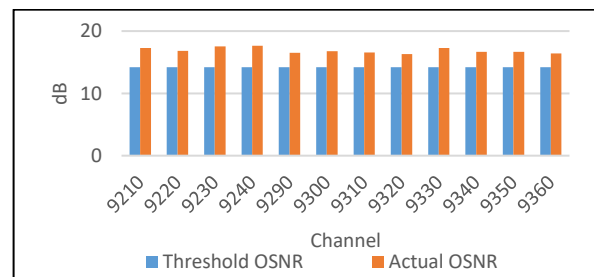
$$= \frac{4.28 \times 10^{-3}}{7.89 \times 10^{-5}} = 54.20 \text{ mW}$$

$$\begin{aligned} \text{OSNR (dB)} &= 10 \times \log_{10} (\text{OSNR mW}) \\ &= 10 \times \log_{10} (54.20) \\ &= 17.34 \text{ dB} \end{aligned}$$

3) *Channel* 9360

$$\begin{aligned} \text{Konversi dB ke mW} &: 10^{(dB/10)} \\ \text{Signal} : -26.80 \text{ dB} &= 10^{\frac{-26.80}{10}} \\ &= 2.09 \times 10^{-3} \text{ mW} \\ \text{Noise} : -43.82 \text{ dB} &= 10^{\frac{-43.82}{10}} \\ &= 4.15 \times 10^{-5} \text{ mW} \\ \text{SNR (mW)} &= \frac{\text{Signal}}{\text{Noise}} \\ &= \frac{2.09 \times 10^{-3}}{4.15 \times 10^{-5}} = 50.35 \text{ mW} \\ \text{OSNR (dB)} &= 10 \times \log_{10} (\text{OSNR mW}) \\ &= 10 \times \log_{10} (50.35) \\ &= 17.02 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perbandingan selisih nilai perhitungan manual dan nilai yang dibaca oleh alat ukur rata-rata 0.5 dB diperkirakan selisih berasal dari *connector* penghubung antara *port* pada perangkat dengan OSA, dengan demikian dapat dikatakan bahwa alat ukur sudah terkalibrasi. Dari hasil pengukuran dengan alat ukur OSA dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata OSNR 16.88 dB dimana berdasarkan spesifikasi modul 4UC400 bahwa nilai minimum OSNR adalah 14.2 dB. Dengan nilai rata-rata *actual* 16.88 dB seharusnya kinerja dari jaringan dikatakan masih dapat bekerja sebagaimana mestinya.



Sumber : Dokumen analisa OSA Bangka-Batam (2023)

Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Minimum dan Nilai Actual OSNR

b. Analisa nilai FEC BER dan Q (dB) Factor

Pengambilan data ini dilakukan pada setiap *channel* lalu kemudian dihitung nilai pengkoreksian *error* serta rasio *error* nya sehingga didapat nilai *Q (dB) Factor*. Selisih dari *Q (dB) Factor* dari nilai minimum *Q (dB) Factor* yaitu 5.29 dB menjadi *margin* dari *Q (dB) Factor*. Nilai *margin* ini yang akan menentukan seberapa rentan *error* dalam proses transmisi.

Untuk mengetahui nilai FEC BER dapat langsung masuk ke dalam sistem perangkat dengan

menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) ataupun dengan menggunakan *Command Line Interface* (CLI) dengan aplikasi *putty*.

Tabel 4. Ringkasan Nilai FEC BER dan Q (dB) Factor Batam

No	Channel	Card	FEC BER	Q(dB)	Threshold Q (dB)	Margin
1	9210	4UC400	1.05E-02	7.26	5.29	1.97
2	9220	4UC400	1.23E-02	7.03	5.29	1.74
3	9230	4UC400	8.71E-03	7.52	5.29	2.23
4	9240	4UC400	8.71E-03	7.52	5.29	2.23
5	9290	4UC400	1.91E-02	6.33	5.29	1.04
6	9300	4UC400	1.29E-02	6.96	5.29	1.67
7	9310	4UC400	1.32E-02	6.93	5.29	1.64
8	9320	4UC400	2.14E-02	6.13	5.29	0.84
9	9330	4UC400	1.32E-02	7.37	5.29	2.08
10	9340	4UC400	1.32E-02	6.93	5.29	1.64
11	9350	4UC400	1.51E-02	6.72	5.29	1.43
12	9360	4UC400	1.41E-02	6.83	5.29	1.54

Sumber : Data FEC PSS-24 Batam (2023)

Adapun perhitungan manual Q (dB) Factor sebagai berikut :

Perhitungan nilai Q (dB) Factor pada channel 9210

Diketahui $FEC BER = 1.05 \times 10^{-2}$ bit

$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(2xBER)$$

$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(2 \times 1.05 \times 10^{-2})$$

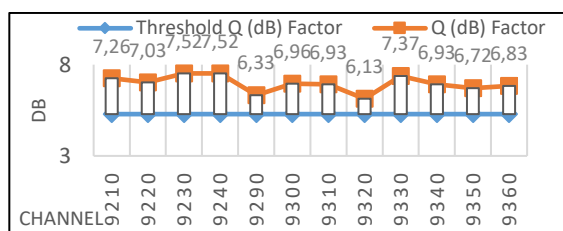
$$Q = \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1}(2.10 \times 10^{-2})$$

$$\operatorname{erfc}^{-1}(2.10 \times 10^{-2}) = 1.64$$

$$Q = \sqrt{2} \times 1.64 = 2.32 \text{ bit}$$

$$Q(dB) = 20 \log_{10}[Q] \\ = 20 \log_{10}[2.32] = 7.3 \text{ dB}$$

Berdasarkan hasil analisa nilai FEC BER dan Q (dB) Factor didapatkan margin yang sangat tipis dengan nilai rata-rata 1.67 dB dari threshold 3 dB. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa kinerja pengoreksian error yang kurang presisi.



Sumber : Dokumen analisa Q (dB) Factor Bangka-Batam PT. Moratelindo (2023)

Gambar 7. Nilai Q (dB) Factor Bangka-Batam

Berdasarkan analisa ini didapatkan sebuah hipotesa bahwa kualitas FO ada yang kurang baik, terbukti pada proses transmisi ditemukan margin Q (dB) Factor yang tipis dan pengoreksian error yang kurang baik.

2. Analisa Lapisan Optik

Proses analisa kualitas kabel dilakukan pengukuran pada kabel menggunakan alat ukur *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) pengukuran difokuskan pada jarak 20 Km dari ujung perangkat, 40 Km dari ujung perangkat dan jarak

terjauh. Hal tersebut dilakukan mengacu pada rekomendasi teknik dari *ITU-T Rec. G.654* sehingga dapat terdeteksi dengan lebih detail untuk memastikan tidak ada nilai kerugian daya sinyal >0.2 dB di jarak 0-40 Km, serat optik yang di ukur adalah core 7 dan core 8 dari sisi Batam.

a. Ringkasan hasil analisa OTDR

Tabel 5. Ringkasan Hasil Pengukuran OTDR core 7 dan core 8

Core 7	Max Loss Budget Hitungan (dB)	OTDR Total Loss (dB)	Max Span loss Hitungan (dB/Km)	OTDR Span Loss (dB/Km)
Km				
20Km	4.55	3.871	0.227	0.193
40Km	8.59	7.529	0.215	0.188
251Km	50.84	44.36	0.202	0.177
Core 8	Max Loss Budget Hitungan (dB)	OTDR Total Loss (dB)	Max Span loss Hitungan (dB/Km)	OTDR Span Loss (dB/Km)
Km				
20Km	4.53	3.633	0.227	0.193
40Km	8.55	7.254	0.215	0.188
117Km	24.01	20.59	0.202	0.177

Sumber : Data OTDR Batam-Bangka (2023)

Dari Tabel 5 ringkasan hasil OTDR pada core 7 dan 8 bahwa nilai maksimal kerugian pada OTDR di masing-masing jarak pengukuran dibawah nilai maksimal kerugian daya pada hitungan manual, artinya dengan kondisi saat ini kabel FO masih layak untuk digunakan dan tidak ada kerusakan fatal yang dapat menyebabkan kerugian pada power dari sinyal.

Tabel 6. Ringkasan Titik Kerugian daya >0.2 dB core 7 dan core 8

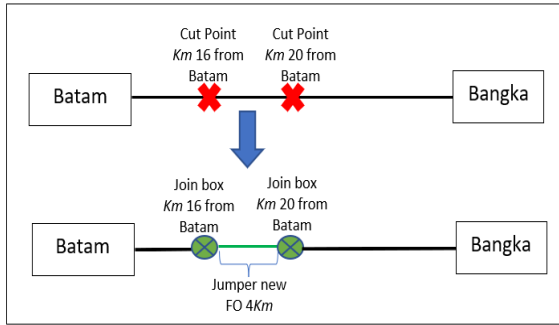
OTDR	Core 7 (KM)	Event >0.2 (dB)
20 Km	18.9	0.355
40 Km	18.91	0.29
251 Km	17.87	0.422
Rata-rata	18.56	0.355
OTDR	Core 8 (KM)	Event >0.2 (dB)
20 Km	-	-
40 Km	-	-
177 Km	-	-
Rata-rata	-	-

Sumber : Data OTDR Batam-Bangka (2023)

Pada Tabel 6 terdapat event yang dibaca oleh OTDR di core 7 pada jarak ± 19 Km dari sisi Batam dengan pembacaan nilai kerugian rata-rata 0.355 dB artinya >0.2 dB. Dengan demikian laser yang melewati titik tersebut akan mengalami pelemahan sehingga menambah nilai back reflectance yang menyebabkan terjadinya ketidakstabilan pada power sinyal sehingga dapat mempengaruhi kinerja jaringan.

3. Metode Perbaikan Core

Dengan adanya kerugian daya yang di tunjukan pada OTDR core 7 pada jarak ± 19 Km, maka dilakukan perbaikan pada kabel FO menggunakan metode jumper. Kabel FO di Km 16 dari sisi Batam diputus lalu di lakukan penyambungan ke kabel baru sepanjang 4 Km sampai ke Km 20 dari sisi Batam.



Sumber : *As Plan Drawing Improvement and Modernization B3JS* (2023)

Gambar 8. Metode Perbaikan Jumper FO

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengukuran OTDR core 7 dan core 8 Setelah Perbaikan FO

Core 7	Max Loss Budget Hitungan (dB)	OTDR Total Loss (dB)	Max Span loss Hitungan (dB/Km)	OTDR Span Loss (dB/Km)
Km				
20	4.55	3.539	0.227	0.176
40	8.52	7.166	0.213	0.179
249	50.45	43.485	0.203	0.178
Core 8	Max Loss Budget Hitungan (dB)	OTDR Total Loss (dB)	Max Span loss Hitungan (dB/Km)	OTDR Span Loss (dB/Km)
Km				
20	4.55	3.621	0.227	0.176
40	8.56	7.371	0.215	0.179
117	24.01	20.433	0.205	0.176

Sumber : Data OTDR Batam-Bangka (2023)

Tabel 2. Ringkasan Nilai Kerugian >0.2dB Core 7 dan Core 8 Setelah Perbaikan FO

OTDR	Core 7 (KM)	Event >0.2 (dB)
20 Km	-	-
40 Km	-	-
251 Km	-	-
Rata-rata	-	-
OTDR	Core 8 (KM)	Event >0.2 (dB)
20 Km	-	-
40 Km	-	-
177 Km	-	-
Rata-rata	-	-

Sumber : Data OTDR Batam-Bangka (2023)

Dari Tabel 8 dapat dijelaskan bahwa setelah perbaikan FO, kerugian >0.2dB pada core 7 telah hilang.

Tabel 3. Data Perbandingan Nilai Total Kerugian Daya Sebelum dan Setelah Perbaikan FO

Max Total Loss (dB)							
Jarak	Core 7			Jarak	Core 8		
Km	B	A	G	Km	B	A	G
20	3.9	3.5	0.3	20	3.6	3.6	0
40	7.5	7.2	0.4	40	7.3	7.4	0.1
251	44.4	43.5	0.9	117	20.6	20.4	0.2
Rata-Rata	0.5			Rata-Rata	0		

Sumber : Data Perhitungan OTDR Batam-Bangka (2023)

Sebagai penjelasan Tabel 9, B (Before) yaitu nilai kerugian sebelum dilakukan perbaikan FO, A (After) yaitu nilai kerugian setelah dilakukan perbaikan FO dan G (Gap) yaitu selisih nilai kerugian sebelum dan setelah dilakukan perbaikan FO, dari tabel tersebut

dapat disimpulkan nilai total kerugian daya berkurang pada core 7 rata-rata 0.5 dB.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Kerugian Daya >0.2 dB Sebelum dan Setelah Perbaikan FO

OT DR Km	Nilai Kerugian > 0.2 dB								
	Core 7				OT DR Km	Core 8			
	Before		After			Before		After	
	Km	dB	Km	dB	Km	d B	K m	d B	
20	18.9	0.35	-	-	20	-	-	-	
40	18.9	0.29	-	-	40	-	-	-	
251	17.8	0.42	-	-	117	-	-	-	

Sumber : DataPerhitungan OTDR Batam-Bangka (2023)

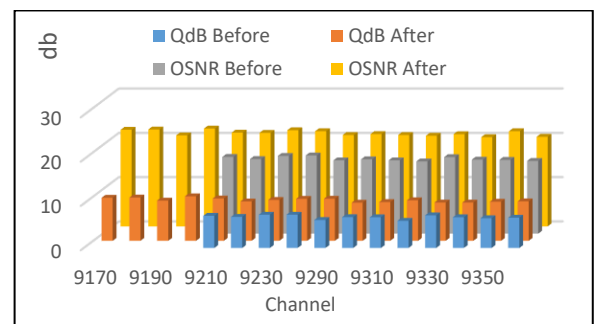
4. Analisa Perbandingan Lapisan Electrical Sebelum dan Setelah Perbaikan FO

Dari data dan perhitungan Q (dB) Factor setelah dilakukan perbaikan pada kabel FO didapatkan kenaikan nilai Q (dB) Factor dengan rata-rata nilai kenaikan sebesar 2.09 dB pada masing-masing channel maka secara otomatis nilai margin juga mengalami kenaikan dengan nilai yang sama sehingga terjadi pengurangan nilai koreksi error dengan nilai rata-rata pengurangan FEC sebesar $1.13 \times 10^{-2} \text{ bit}$ pada masing-masing channel.

Tabel 11. Perbandingan Kinerja Jaringan Sebelum dan Setelah Perbaikan

Channel	Modul	Osnr before	Osnr after	Fec ber before	Fec ber after	Q (db) before	Q (db) after	Threshold Q (db)	Margin Q (db) before	Margin Q (db) after
9170	4UC400	-	2182	-	1.10E-03	-	9.62	5.29	-	4.33
9180	4UC400	-	2189	-	1.05E-03	-	9.68	5.29	-	4.37
9190	4UC400	-	2056	-	2.24E-03	-	8.95	5.29	-	3.66
9200	4UC400	-	2209	-	7.41E-04	-	9.95	5.29	-	4.66
9210	4UC400	17.31	2119	1.05E-02	1.32E-03	7.26	9.45	5.29	1.97	4.16
9220	4UC400	16.83	2113	1.23E-02	2.75E-03	7.03	8.74	5.29	1.74	3.45
9230	4UC400	17.54	2172	8.71E-03	1.91E-03	7.52	9.11	5.29	2.23	3.82
9240	4UC400	17.64	215	8.71E-03	1.45E-03	7.52	9.37	5.29	2.23	4.08
9290	4UC400	16.54	2065	1.91E-02	1.41E-03	6.33	9.4	5.29	1.04	4.11
9300	4UC400	16.78	2085	1.29E-02	3.55E-03	6.96	8.47	5.29	1.67	3.18
9310	4UC400	16.55	2065	1.32E-02	3.09E-03	6.93	8.62	5.29	1.64	3.33
9320	4UC400	16.31	2047	2.14E-02	2.09E-03	6.13	9.02	5.29	0.84	3.73
9330	4UC400	17.28	2083	1.32E-02	3.39E-03	7.37	8.52	5.29	2.08	3.23
9340	4UC400	16.69	2016	1.32E-02	3.47E-03	6.93	8.5	5.29	1.64	3.21
9350	4UC400	16.66	2151	1.51E-02	2.82E-03	6.72	8.72	5.29	1.43	3.43
9360	4UC400	16.41	2024	1.41E-02	2.63E-03	6.83	8.79	5.29	1.54	3.5
Nilai Rata-Rata		16.88	21.08	1.35E-02	2.19E-03	6.96	9.06	5.29	1.67	3.77
Selisih Before - After			4.2		1.13E-02		2.09		5.29	2.09

Sumber : Data Hasil Analisa Batam-Bangka PT. Moratelindo (2023)

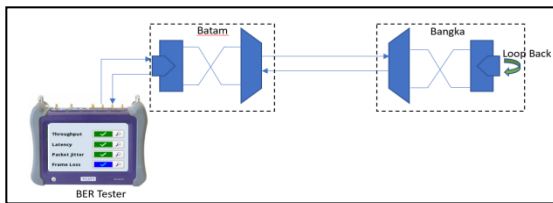


Sumber : Data Hasil Analisa Batam-Bangka PT. Moratelindo (2023)

Gambar 9. Diagram Perbandingan OSNR - Q (dB) Factor Sebelum dan Setelah Perbaikan FO

5. Analisa Quality of Service (QOS)

Sebagai pembuktian bahwa jaringan sudah layak digunakan, dilakukan pengujian terhadap jaringan Batam-Bangka. Pengujian yang dilakukan meliputi test *Latency*, *Jitter*, *Throughput* dan *Frame loss* berdasarkan parameter yang direkomendasikan oleh *Internet Engineering Task Force (IETF)*. Adapun skema pengujian menggunakan *dummy traffic* dari BER Tester lalu dialirkan melalui *client* dari PSS24 Batam dan di sisi Bangka di *loopback* untuk dikembalikan ke Batam, paket data di kirimkan dengan *bandwidth* 10 Gbps dengan *frame* yang berbeda.

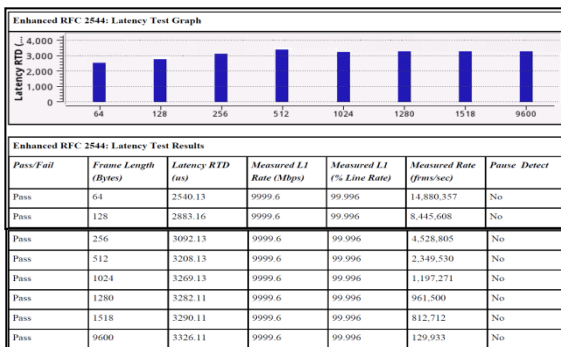


Sumber : Dokumen Pribadi (2023)

Gambar 10. Skema Pengujian Kualitas Jaringan Setelah Perbaikan FO

a. Pengujian Latency

Pengujian *latency* dilakukan untuk menguji waktu jeda (*delay*) yang terjadi selama proses transmisi yang dihitung dalam 1 (satu) kali perjalanan saat data dikirimkan dan saat data kembali (*Round Trip Delay*).



Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

Gambar 11. Hasil Pengujian Latency

Gambar 11 merupakan pembacaan alat ukur, dijelaskan secara rinci sebagai berikut :

Tabel 5. Perhitungan Latency

Frame Length	Measured L1	Measured Rate	Average Time	Frame Length	Latency RTD	Latency RTD	
Byte	bit	(Mbps)	per bit (second)	(bit/sec)	(Second)	(ms)	
64	512	9999.6	14,880,357	0.001	761,905	0.002540	2.540
128	1024	9999.6	8,445,608	0.001	864,865	0.002883	2.883
256	2048	9999.6	4,528,805	0.002	927,536	0.003092	3.092
512	4096	9999.6	2,349,530	0.004	962,406	0.003208	3.208
1024	8192	9999.6	1,197,271	0.008	980,844	0.003269	3.269
1280	10240	9999.6	961,500	0.010	984,615	0.003282	3.282
1518	12144	9999.6	812,712	0.012	986,997	0.003290	3.290
9600	76800	9999.6	129,933	0.077	997,925	0.003326	3.326
Rata-rata latency						3.111	

Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

Propagation time : kecepatan cahaya 3×10^8 m/s

Data yang di tunjukan oleh alat ukur :

- *Frame Length* : Jumlah *Byte* yang dikirimkan dalam suatu *bandwidth* dan masing-masing *frame* dikonversikan ke dalam *bit*, dimana 1 *Byte* = 8 *bit*.
- *L1* = Kecepatan data *bit* pada *layer* 1.
- *Measured Rate* = jumlah *frame* (*bit*) yang dikirimkan per detik.
- *Average Time per bit* = rata-rata waktu perpindahan per *bit* ($\frac{L1}{Measured Rate}$).....(7)
- *Frame Length Time* = kecepatan perpindahan *frame* ($\frac{Frame Length (bit)}{Average Time per bit}$).....(8)
- *Latency* = kecepatan *frame* berbanding kecepatan cahaya ($\frac{Frame Length Time}{3 \times 10^8}$).....(9)

Perhitungan *Latency* pada *frame* 64 *Byte* :

$$64 \text{ Byte} \times 8 = 512 \text{ bit} \dots\dots\dots(10)$$

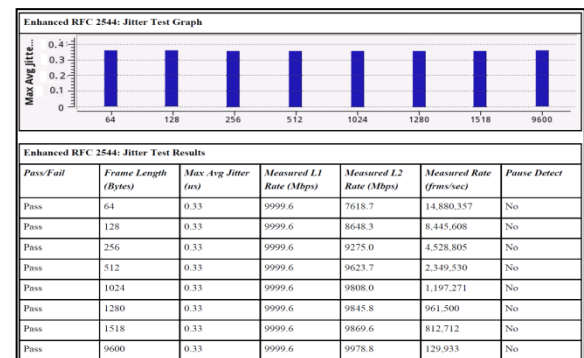
$$Average \text{ time per bit} = \frac{9,999.6}{14,880,357} = 0.001 \text{ sec}$$

$$Frame \text{ Length Time} = \frac{512}{761,905} = 761,905 \text{ bps}$$

$$Latency = \frac{0.001}{3 \times 10^8} = 0.002540 \text{ sec} \approx 2.540 \text{ ms.}$$

b. Pengujian Jitter

Pengujian *jitter* dilakukan untuk menguji nilai *interval* waktu jeda dalam 1 (satu) kali perjalanan.



Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

Gambar 12. Hasil Pengujian Jitter

Dari pembacaan alat ukur yang di tunjukan pada Gambar 12 dapat diuraikan secara rinci sebagai berikut :

Tabel 6. Perhitungan Jitter

Frame Length (Byte)	Measured L1 (Mbps)	Measured Rate (Frame/sec)	Measured L2 (Mbps)	Latency RTD (ms)	Rata-rata Jitter (us)
64	9999.6	14,880,357	7,618.7	2.540	0.33
128	9999.6	8,445,608	8,648.3	2.883	0.33
256	9999.6	4,528,805	9,275.0	3.092	0.33
512	9999.6	2,349,530	9,623.7	3.208	0.33
1024	9999.6	1,197,271	9,808.0	3.269	0.33
1280	9999.6	961,500	9,845.8	3.282	0.33
1518	9999.6	812,712	9,869.6	3.290	0.33
9600	9999.6	129,933	9,978.8	3.326	0.33

Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka(2023)

- Data yang di tunjukan pada alat ukur :
- *Frame Length* : Jumlah *Byte* yang dikirimkan dalam suatu *bandwidth*
 - L1 = Kecepatan data *bit* pada *layer 1*
 - *Measured Rate* = jumlah *frame (bit)* yang dikirimkan per detik
 - L2 = Kecepatan data *bit* pada *layer 2*
 - *Latency Round Trip Delay (RTD)*
 - *Average jitter* = variasi waktu *delay*

Perhitungan *Jitter* pada *Frame 64 Byte* :

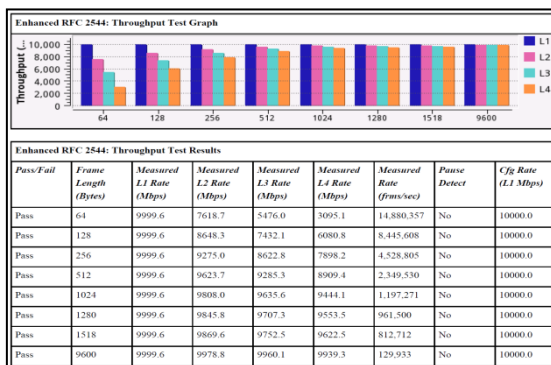
$$Jitter = \frac{Latency}{Paket\ diterima} = \frac{Latency}{Kecepatan\ data\ bit\ L2} \dots\dots(11)$$

$$Jitter\ Frame\ 64\ Byte = \frac{2.540}{7.618.7} = 0.00033\ ms \cong 0.33\ us.$$

Perhitungan yang sama untuk *frame* lainnya, sehingga rata-rata *Jitter* 0.00033 *ms*.

c. Pengujian Throughput

Dalam pengujian *throughput* kualitas yang akan diuji adalah ketepatan dan kecepatan data berbanding waktu pengamatan, parameter yang dilihat adalah jumlah paket data yang dikirimkan harus sama dengan paket data yang diterima.



Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

Gambar 13. Hasil Pengujian *Throughput*

Dari hasil pengujian *throughput* pembacaan alat ukur seperti pada Gambar 13 untuk perhitungan jaringan *backbone* hanya terfokus pada *Layer 1 (L1)* sebagai kecepatan data yang dikirimkan pada *backbone* dan *Layer 2 (L2)* sebagai kecepatan data pada *client*, dapat dijelaskan secara rinci dalam tabel dan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 7. Perhitungan *Throughput*

Frame Length (Byte)	Measured L1 Mbps	Measured Rate (frame/sec)	Measured L2 (Mbps)	Configure Rate (Mbps)
64	9999.6	14,880,357	7,618.7	10000
128	9999.6	8,445,608	8,648.3	10000
256	9999.6	4,528,805	9,275.0	10000
512	9999.6	2,349,530	9,623.7	10000
1024	9999.6	1,197,271	9,808.0	10000
1280	9999.6	961,500	9,845.8	10000
1518	9999.6	812,712	9,869.6	10000
9600	9999.6	129,933	9,978.9	10000

Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

- Data yang di tunjukan pada alat ukur :
- *Frame Length* : Jumlah *Byte* yang dikirimkan dalam suatu *bandwidth*.
 - L1 = Kecepatan data *bit* pada *layer 1 (backbone)*.
 - *Measured Rate* = jumlah *frame (bit)* yang dikirimkan per detik.
 - L2 = Kecepatan data *bit* pada *layer 2 (client)*.
 - *Configure Rate* = Kecepatan yang terkonfigurasi (*Throughput*).

$$Throughput = \left(\frac{Paket\ yang\ diterima}{Waktu\ Pengamatan} \right) \dots\dots(12)$$

$$= (Troughput\ Frame\ 64B = \left(\frac{9,999.6 - 7,618.7}{14,880,357} \right) = 9,999.60 \cong 10,000\ Mbps = 10\ Gbps$$

d. Pengujian Frame Loss

Pengujian *Frame Loss* dilakukan untuk memastikan bahwa selama proses transmisi tidak ada *frame* yang hilang sehingga tidak ada paket yang tertinggal.

Tabel 8. Perhitungan *Frame Loss*

Frame Length (Byte)	Packet Deliver	Packet Receive	Throughput Rate L1	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost
64	9000	9000	9999.6	0.00%	0
128	9000	9000	9999.6	0.00%	0
256	9000	9000	9999.6	0.00%	0
512	9000	9000	9999.6	0.00%	0
1024	9000	9000	9999.6	0.00%	0
1280	9000	9000	9999.6	0.00%	0
1518	9000	9000	9999.6	0.00%	0
9600	9000	9000	9999.6	0.00%	0

Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

Pada Tabel 15 diketahui paket data dikirimkan sebesar 9000 MB yang dilalui ke dalam *frame* yang berbeda dengan *bandwidth* sebesar 10 *Gbps*, kecepatan *throughput* L1 sebesar 9,999.6 Mbps. Perhitungan *Frame loss* pada *frame 64 B* :

$$Frame\ Loss\ Rate = \left(\frac{Paket\ dikirim - Paket\ diterima}{Throughput} \right) \times 100\ \% \dots\dots\dots(13)$$

$$Frame\ Loss\ Rate = \left(\frac{9,000 - 9,000}{9,999.6} \right) \times 100\ \% = 0.00\ \%$$

$$Frames\ Lost = \left(\frac{Paket\ dikirim - Paket\ diterima}{Frame\ Length} \right) \dots(14)$$

$$Frames\ Lost = \left(\frac{9,000 - 9,000}{64} \right) = 0\ Byte$$

Tabel 9. Ringkasan Hasil Pengujian RFC2544

Frame (Byte)	Latency (ms)	Jitter (ms)	Throughput (%)	Frame Loss %	QoS Status
64	2.54	0.00033	100	0	Pass
128	2.88	0.00033	100	0	Pass
256	3.09	0.00033	100	0	Pass
512	3.21	0.00033	100	0	Pass
1024	3.27	0.00033	100	0	Pass
1280	3.28	0.00033	100	0	Pass
1518	3.29	0.00033	100	0	Pass
9600	3.33	0.00033	100	0	Pass

Sumber : Dokumen ATP Batam-Bangka (2023)

Berdasarkan pengujian QoS pada Tabel 16 menjelaskan bahwa hasil pengujian masuk ke dalam parameter, dengan demikian hipotesa permasalahan

jaringan B3JS segmen Bangka-Batam terbukti berdasarkan hasil analisa beserta pengujian transmisi terhadap jaringan, sehingga jaringan B3JS dapat digunakan kembali sebagaimana mestinya.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran OTDR pada kabel FO untuk jarak 20 Km, 40 Km dan pengukuran jarak terjauh ditemukan adanya nilai kerugian daya >0.2 dB di titik 19 Km dari Batam dengan rata-rata nilai 0.355 dB. Hal tersebut tidak di rekomendasikan berdasarkan ITU-T G.654 karena dapat menambah nilai *back reflectance* pada perambatan sinyal laser pada optik. Maka dilakukan perbaikan kabel FO dengan metode *jumper* sepanjang 4 Km dari titik Km 16 sampai titik Km 20 dari sisi Batam. Dengan hilangnya nilai kerugian daya pada FO setelah proses perbaikan, terjadi kenaikan nilai OSNR dengan rata-rata kenaikan 4.2 dB serta kenaikan kinerja dengan ditandai berkurangnya nilai pengoreksian *error* dengan nilai rata-rata sebesar 1.13×10^{-2} , bertambahnya nilai *Q (dB) Factor* dengan rata-rata kenaikan 2.09 dB dan terjadi kenaikan *margin* dengan rata-rata 2.09 dB. Sebagai kontribusi pendukung untuk pembuktian hipotesa, dilakukan pengujian *Latency, Jitter, Trouhgput* dan *Frame Loss* pada jaringan dengan hasil pengujian masuk ke dalam kualifikasi parameter yang direkomendasikan oleh *Internet Engineering Task Force (IETF)*. Berdasarkan analisa maka diperoleh implikasi bahwa nilai OSNR tergantung pada kualitas kabel FO karena nilai kerugian daya pada kabel FO dapat menjadi penghambat dalam proses transportasi data, dengan meminimalkan nilai kerugian daya pada FO dapat mengurangi kemungkinan hilangnya paket data sehingga *power signal* yang diberikan tidak berlebih dan dapat mengurangi *noise active* yang disebabkan dari *power amplifier*. Nilai FEC bergantung pada nilai *power* sinyal terhadap *noise* karena akan mempengaruhi terjadinya kemungkinan *error* dan mempengaruhi nilai *Q (dB) Factor*. Dan dari hasil analisa didapatkan pula bahwa kenaikan nilai 1 dB OSNR dapat mewakili 0.5 sampai dengan 1 dB nilai *Q (dB) Factor*, sehingga dengan kata lain nilai OSNR merupakan parameter utama dalam menganalisa suatu jaringan untuk mengetahui kualitas kinerjanya.

REFERENSI

- Armel, B. J., Jean-Francois, E. D., & Luc, I. E. (2022). *Comparative evaluation of optical amplifiers in passive optical access networks. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 27(3), 1452–1461. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i3.pp1452-1461>
- Clesca Bertrand. (2021) *Definition of Unrepeateded Cable Systems*.

- Internet Engineering Task Force (IETF)* (n.d.). *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices-RFC2544*.
- ITU-T. (2020). *ITU-T Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable Recommendation ITU-TG.654*. <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>
- Jaquab Oravec, & maros Lapcak. (2022). *Performance Enhancement of DWDM Optical Fiber. Performance Enhancement of DWDM Optical Fiber*, 1–14.
- Kurnia Marahsakti Akarel, B., Hambali, I., & Hasan Jauhari, M. (2020). Perancangan Penggunaan Penguat Optik Pada Jaringan Sistem Komunikasi Kabel Laut (skkl) di Jalur Sistem Indonesia Global Gateway (igg) Design of Using Optical Amplifier on Sistem Komunikasi Kabel Laut (skkl) Network in Indonesia Global Gateway (igg) Link System.
- Lyubomirsky, I. (2021). *OSNR Link Budget Methodology*.
- Nokia. (2017). *1830 Photonic Service Switch 24x (PSS-24x) Release 9.1 Installation and System Turn-up Guide*.
- Nokia. (2018). *1830 Photonic Service Switch 8x/24x (PSS-8x/24x) Release 11.0 Product Information and Planning Guide*.
- Syahidulhaq, H. A. (2019). Analisa Sistem Proteksi Automatic Switched Optical Network (ason) Pada Transmisi Serat Optik Backbone PT . Mora Telematika Indonesia Segment Jakarta - Batam.