

Analisis Kinerja Jaringan *Existing* Kabel Fiber Optik *Link Backbone* di Kecamatan Wonokromo

Muh. Akbar Abadi¹, Walid Maulana Hadiansyah^{2*}, Fannush Shofi Akbar³, Edi Riwanto⁴

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Surabaya

⁴Network Area Surabaya Selatan

¹muhakbarabadi@student.telkomuniversity.ac.id

³fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

⁴handaedi@gmail.com

*Corresponding author email: ²wmhadiansyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Jaringan *existing backbone* Kecamatan Wonokromo dengan rute STO Rungkut – STO Darmo merupakan jaringan SKSO (Sistem Komunikasi Fiber Optik) dengan kecepatan 10 Gbps dan menggunakan spesifikasi kabel G.653. Adapun beberapa metode yang digunakan dalam menganalisis kinerja jaringan tersebut adalah *power link budget*, dispersi, *rise time budget*, *maintainability*, *availability*, dan BER (*bit error rate*). Nilai perhitungan manual *power link budget* yang didapatkan sebesar -4,838 dBm, nilai dispersi sebesar 2,338 ps, nilai *rise time budget* sebesar 49,553 ps, nilai SNR sebesar 47,104 dB, nilai *Q-Factor* sebesar 11,776, dan nilai BER sebesar $1,9 \times 10^{-34}$. Selain perhitungan manual dilakukan simulasi menggunakan *software Optisystem* dengan tujuan sebagai perbandingan terhadap kinerja SKSO yang diimplementasikan. Hasil simulasi pada parameter *Q-Factor* dan BER masing-masing senilai 8,8101 dan $6,25168 \times 10^{-19}$. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada *power link budget*, redaman, dispersi, *rise time budget*, dan BER secara umum dapat dikatakan baik karena memenuhi standar kelayakan ITU-T. Pada perhitungan *availability* diperoleh presentase kelayakan sebesar 99,65%. Nilai tersebut dinilai tidak memenuhi kinerja jaringan yang diinginkan sesuai standar ITU-T.

Kata Kunci— Jaringan *Backbone*, Fiber Optik, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate*.

I. PENDAHULUAN

Pada era digitalisasi teknologi informasi menjadi kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari bagi masyarakat. Banyaknya permintaan komunikasi menjadikan teknologi seakan dituntut untuk menyediakan *bandwidth* yang lebih besar dan transmisi data yang lebih cepat. Untuk menyediakan *bandwidth* yang lebih besar diperlukan adanya rancangan infrastruktur jaringan yang baik, sedangkan untuk kecepatan transmisi data yaitu dengan menggunakan kabel fiber optik yang memiliki kecepatan transmisi sinyal yang luar biasa. *Power link budget*, *rise time budget*, dispersi, *maintainability*, *availability*, dan BER merupakan beberapa parameter optik yang akan digunakan untuk mengukur suatu performansi jaringan *link backbone*. Kinerja jaringan kabel fiber optik *link backbone* ini perlu dianalisis agar dapat dievaluasi mengingat seringnya terjadi permasalahan *error* dan turunnya level kinerja pada jaringan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hanhan Subchan Sabana dalam jurnal dengan judul “Analisa Performansi

Jaringan Kabel Fiber Optik *Link Backbone* Ungaran-Krapyak” membahas tentang analisis terhadap kinerja jaringan kabel fiber optik *link backbone* dengan menggunakan teknik menganalisis redaman *power link budget*, *rise time budget*, dan *bit error rate*. Alat yang digunakan dalam pengukuran redaman yaitu *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) dengan tujuan sebagai perbandingan hasil perhitungan *power link budget*[1].

II. KAJIAN TEORI

Beberapa dasar teori yang perlu dipahami pada penelitian sebagai berikut:

A. Backbone

Backbone artinya koneksi atau saluran pusat yang didesain untuk mentransferkan atau mengirimkan aliran lalu lintas data yang ada dalam suatu jaringan. *Backbone* banyak digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal LAN (*Local Area Network*) dan jaringan yang memiliki jangkauan lebih luas seperti WAN (*Wide Area Network*) atau MAN (*Metropolitan Area Network*) secara bersamaan. Biasanya, jaringan backbone dirancang dengan menggunakan media transmisi seperti fiber optik dan satelit. Namun, karena kebutuhan bandwidth yang jauh lebih besar, penggunaan fiber optik dianggap lebih sesuai untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan jaringan backbone, kinerja jaringan dapat dioptimalkan lebih baik lagi[2].

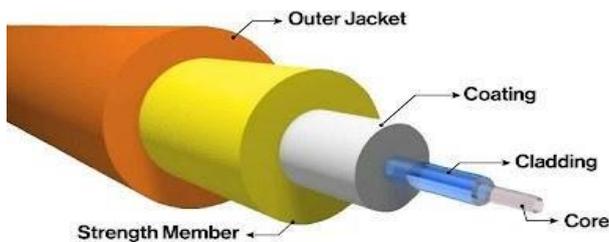
B. Fiber Optik

Fiber Optik adalah sebuah teknologi transmisi sinyal kabel yang menggunakan benang (fiber) kaca atau plastik. Kabel

Fiber optik mampu mentransmisi pesan modulasi ke gelombang cahaya. Fiber kaca biasanya memiliki diameter sekitar 120 mikrometer yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain hingga jarak 50 km tanpa menggunakan *repeater*. Sinyal-sinyal gelombang dapat berupa pengkodean komunikasi suara atau data-data komputer. Meskipun relatif lebih mahal, fiber optik memiliki jangkauan jarak yang lebih jauh 550 meter hingga ratusan kilometer, dan mampu mengirimkan data dengan kecepatan yang lebih tinggi daripada jenis jaringan lainnya[3].

Dalam sebuah fiber optik terdapat beberapa bagian penting yang memiliki peranan penting dalam mendukung kecepatan

transfer data atau informasi di dalamnya terdiri dari 3 bagian yaitu *core* sebagai tempat merambatnya cahaya, *cladding* sebagai tempat memantulkannya gelombang cahaya agar tetappada jalurnya, *coating* yang melapisi *cladding* dan *core* terbuat dari bahan plastik untuk memberikan perlindungan maksimal terhadap fiber optik agar tidak terjadi kerusakan serta kelembaban, *strength member* dan *outer jacket* melindungi beberapa kabel fiber optik yang tersusun dalam sebuah fiber optik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Fiber Optik

C. OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

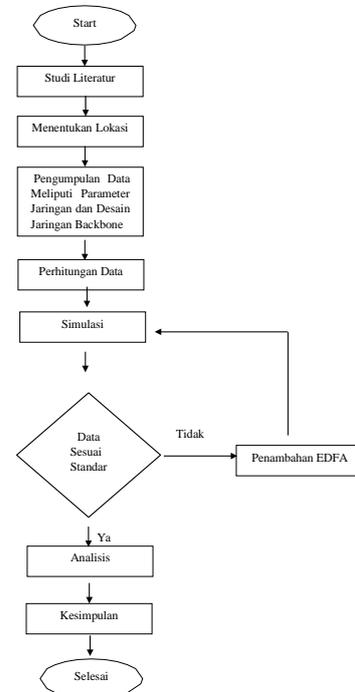
OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) merupakan perangkat yang digunakan dalam melakukan pengecekan kabel. Selain menampilkan jarak dan redaman pada kabel, OTDR juga dapat menampilkan data-data lainnya seperti grafik. OTDR merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur kabel fiber optik. OTDR juga dapat mendeteksi lokasi terjadinya *loss* pada jalur fiber optik saat ditransmisikan. Dalam proses penginstalasian kabel fiber optik, OTDR digunakan untuk memastikan bahwa sambungan dan konektor tidak mengalami keretakan atau pelengkungan yang radius kelengkungannya di luar batas yang ditentukan, serta untuk memastikan bahwa *loss* pada fiber optik dari *transmitter* ke *receiver* masih dalam nilai yang wajar sesuai ketetapan yang diberlakukan. OTDR dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam beberapa merek produk, OTDR juga dapat merangkap sebagai *Optical Light Source* (OLS) dan *Optical Power Meter* (OPM)[4][5][6].



Gambar 2. OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut merupakan *flowchart* penelitian yang digunakan sebagai pedoman penulisan jurnal tertera pada Gambar 3:



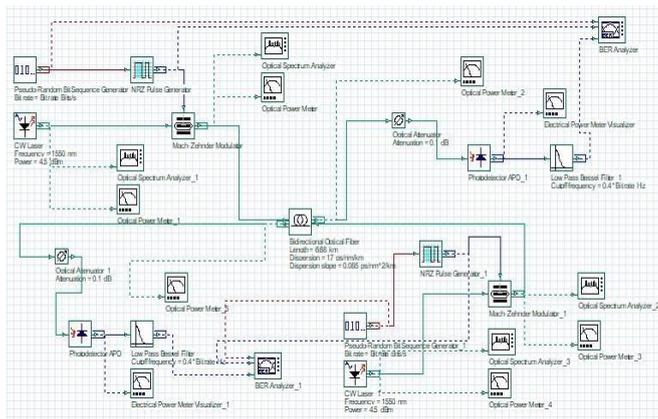
Gambar 3. *Flowchart* Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mengetahui kinerja jaringan fiber optik *link backbone* dengan menggunakan *software* Optisystem sebagai media simulasi. Langkah awal penelitian yaitu studi literatur untuk menyusun dan mengumpulkan konsep dasar penelitian. Studi literatur bertujuan untuk menemukan cara cepat agar memperoleh hasil yang maksimal. Studi literatur berisi teori dasar dalam pemecahan masalah. Selanjutnya yaitu menentukan lokasi atau wilayah dan target yang dituju dalam melaksanakan penelitian. Wilayah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah salah satu kecamatan yang ada di Kota Surabaya yaitu Kecamatan Wonokromo. Setelah menentukan lokasi, tahapan selanjutnya yaitu pengumpulan data yang dilakukan sebagai *input* dalam pengumpulan data yang akan diteliti. Proses ini dilakukan dengan mengumpulkan data yang dibutuhkan seperti parameter jaringan yang mencakup *power link budget*, *rise time budget*, *dispersi*, *availability*, dan *maintainability* serta rute jaringan *link backbone* di Kecamatan Wonokromo yaitu STO-Rungkut - STO Darmo sesuai data perusahaan terkait. Setelah data dikumpulkan, maka tahapan selanjutnya adalah perhitungan data. Perhitungan data digunakan sebagai bentuk pengolahan data untuk perencanaan yang akan dilakukan peneliti. Metode yang digunakan sudah ditetapkan pada penelitian. Pada tahapan ini dilakukan proses simulasi dengan menggunakan *software* Optisystem dengan mendesain jaringan fiber optik sesuai data PT. Telkom di Kecamatan Wonokromo. Tahapan selanjutnya

yaitu analisis perhitungan data. Hal ini dilakukan dengan menganalisis hasil perhitungan simulasi dari beberapa parameter untuk mengetahui optimasi kinerja jaringan fiber optik di Kecamatan Wonokromo. Pada tahapan ini, analisis dilakukan sebagai bahan perbandingan antara hasil simulasi dengan data perhitungan yang dihitung secara manual menggunakan rumus yang telah ditetapkan. Langkah selanjutnya, peneliti akan menganalisis sinyal yang dihasilkan telah sesuai standar ITU-T atau PT. Telkom. Langkah terakhir yang dilakukan yaitu penambahan EDFA. Penambahan EDFA dapat dilakukan jika data tidak sesuai data standar PT. Telkom. Tahapan ini menggunakan salah satu dari beberapa jenis amplifier seperti *booster amplifier*, *in-line amplifier*, dan *pre-amplifier*. EDFA dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kinerja jaringan dalam suatu sistem komunikasi fiber optik[7]. EDFA dapat mengruangi biaya dan meningkatkan kinerja jaringan dalam suatu sistem komunikasi fiber optik[8]. Setelah memperoleh hasil, maka dilakukan pengecekan dan menganalisis ulang. Jika sudah maka penelitian selesai.

A. Rancangan Jaringan Menggunakan Optisystem

Berikut merupakan gambar rancangan jaringan *link backbone* rute STO Rungkut – STO Darmo:



Gambar 4. Rancangan Jaringan Backbone pada Optisystem

Pada Gambar 4 menunjukkan perancangan simulasi jaringan *backbone* menggunakan *software* Optisystem. Pada rancangan tersebut terdapat *transmitter*, *channel*, dan *receiver* dengan beberapa nilai yang dimasukkan sesuai pada Tabel I. Optisystem merupakan *software* yang digunakan untuk melakukan simulasi pada jaringan fiber optik dari *transmitter* ke *receiver*.

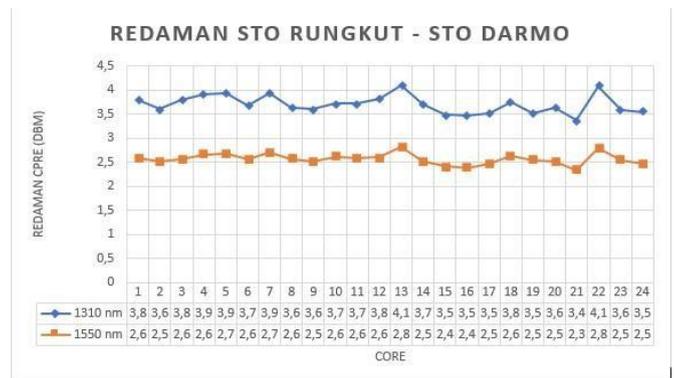
Pada *software* Optisystem, menampilkan nilai *loss* yang diterima perangkat, grafik BER, *Q factor*, dan *eye diagram*. Penggunaan *Software* Optisystem lebih fleksibel sehingga semua orang dapat menggunakan *software* ini dan menghitung *loss* pada perangkat optik dengan biaya yang lebih murah, serta dapat mengetahui tingkat keakuratan perhitungan menggunakan *software* Optisystem[9][10].

Tabel I Parameter Perancangan Simulasi Optisystem

Parameter	Unit	Nilai
<i>Transmitter</i>		
<i>Frequency</i>	nm	1550
<i>Power</i>	dBm	4,5
<i>Line Code</i>		NRZ
<i>Channel</i>		
<i>Reference Wavelength</i>	nm	1550
<i>Length</i>	km	6,680
<i>Attenuation</i>	dB/km	0,35
<i>Dispersion</i>	ps/nm/km	17
<i>Dispersion Slope</i>	ps/nm ² km	0,085
<i>Optical Attenuator</i>	dB	0,1
<i>Receiver</i>		
<i>Cutoff Frequency</i>	Hz	0,4
<i>Insertion Loss</i>	dB	0,35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil perhitungan redaman kabel fiber optik *link backbone* rute STO Rungkut – STO Darmo dan STO Darmo – STO Rungkut yang disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Redaman Core Link STO Rungkut-STO Darmo



Gambar 6. Redaman Core Link STO Darmo-STO Rungkut

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 diatas merupakan grafik hasil perbandingan perhitungan menggunakan metode *power link budget* dengan standar ITU-T diperoleh redaman fiber optik link STO Rungkut – STO Darmo berkisar 2,3408624 dB hingga 2,7885242 dB, sedangkan redaman fiber optik untuk link Darmo – Rungkut berkisar antara 2,415471 dB hingga 2,8034 dB.

A. Perhitungan Power Link Budget

Power link budget merupakan perhitungan anggaran daya yang diterima dari *transmitter* ke *receiver*. Berdasarkan Tabel II yang merupakan data perusahaan PT. Telkom yang diperoleh, dapat dilakukan perhitungan manual pada *core* 1 STO Rungkut – STO Darmo menggunakan panjang gelombang 1550 nm dengan diketahui nilai redaman fiber 1,7953598 dB, redaman penyambungan 0,1 dB, redaman konektor 0,7 dB. Sehingga redaman total yang diperoleh sebesar 2,5953598 dB. Hasil tersebut diperoleh melalui persamaan berikut[11]:

$$A = aFT + aST + aCT$$

Keterangan:

A = Redaman Total fiber optik (dB)

aFT = Redaman panjang kabel optik ($L \times af$)

aST = Redaman penyambungan ($\alpha s \times ns$)

aCT = Redaman konektor ($\alpha c \times nc$)

Maka diperoleh:

$$A = 1,7953598 + 0,1 + 0,7$$

$$A = 2,5953598 \text{ dB}$$

Tabel II Parameter Pengukuran *Power Link Budget*

Parameter	Keterangan
Sensitivitas Daya Maksimal	-28 dB
Daya Keluaran Serat Optik	4,5 dBm
Redaman Serat Optik	0,35 dB/km
Redaman Splicing	0,1 dB
Redaman Konektor	0,35 dB
Jumlah Splicing	1 buah
Jumlah Konektor	2 buah
Link	Rungkut - Darmo (6,680 km)
Margin Daya	>0
Safety Margin	6-8

B. Perhitungan Margin Daya

Berikut adalah perhitungan margin daya yang akan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut[12]:

$$M = P_R = P_{RX} = P_{TX} - aFT - SM$$

Keterangan:

M = *Margin Daya* (dBm)

P_{TX} = Daya keluaran sumber optik (dBm)

P_{RX} = Sensitivitas daya maksimum (dBm)

SM = *Safety Margin* berkisar 6 – 8 (dB)

aFT = Redaman Total (dB)

Maka diperoleh:

$$P_R = (4,5 - 3,138 - 6)$$

$$P_R = -4,838 \text{ dBm}$$

C. Perhitungan Dispersi

Berdasarkan standar ITU-T G.653, nilai dispersi adalah sebesar 3,5 ps/nm.km. Dispersi merupakan pelebaran pulse atau efek pemuaian cahaya. Nilai dispersi kromatik total diperoleh menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$D_t = D_\lambda \times \sigma \Delta \times L$$

D_t = Dispersi Total (ps)

D_λ = Dispersi pada λ (1550 nm)

$\sigma \Delta$ = Lebar Spektral (nm)

L = Jarak (6,680 km)

Maka diperoleh:

$$D_t = 3,5 \times 0,1 \times 6,680 = 2,338 \text{ ps}$$

Berdasarkan nilai dispersi total kromatik yang diperoleh sebesar 2,338 ps/nm.km. Menurut standar ITU-T G.653, nilai dispersi akan semakin baik jika mendekati nilai nol.

D. Perhitungan Rise Time Budget

Perhitungan *Rise Time Budget* menggunakan persamaan berikut[13]:

$$T_{sys}^2 = (t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + D_t^2)$$

Keterangan :

t_{tx} = *Rise time Transmitter*, diasumsikan bernilai 35 ps

t_{rx} = *Rise time Receiver*, diasumsikan bernilai 35 ps

D_t = Dispersi Kromatik

Maka diperoleh:

$$T_{sys}^2 = 35^2 ps + 35^2 ps + (2,338)^2 ps$$

$$T_{sys}^2 = 2.455,467 \text{ ps}$$

Maka diperoleh nilai *Rise Time Budget* yaitu:

$$T_{sys} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + D_t^2}$$

$$T_{sys} = \sqrt{2.455,467}$$

$$T_{sys} = 49,553 \text{ ps}$$

Berdasarkan perhitungan manual diperoleh nilai dispersi menggunakan Panjang gelombang 1550 nm link STO Rungkut – STO Darmo dan STO Darmo – STO Rungkut adalah 49,553 ps. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem masih dalam keadaan normal dan tidak mengganggu kinerja dengan syarat ≤ 70 ps.

E. Perhitungan Availability

Availability (av) adalah probabilitas bahwa sistem atau komponen akan berfungsi ketika dibutuhkan. *Availability* dapat dihitung menggunakan *Mean Time Between Failures (MTBF)* dan *Mean Time to Repair (MTTR)*. MTBF adalah waktu rata-

rata antara dua kegagalan yang terjadi pada sistem atau komponen.

Perhitungan *availability* menggunakan persamaan sebagai berikut:

Diasumsikan:

$$\text{Total waktu operasi} = 24 \text{ jam} \times 120 \text{ hari}$$

Maka:

$$MTBF = \frac{\text{Total waktu operasi}}{\text{Total gangguan}} = \frac{2880 \text{ jam}}{2} = 1440 \text{ jam}$$

$$av = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

$$av = \frac{1440}{1440 + 5} \times 100\% = 0,9965 \times 100 = 99,65\%$$

Nilai *availability* selama periode 4 bulan diperoleh melalui perhitungan manual rute STO Rungkut – STO Darmo dan STO Darmo – STO Rungkut adalah 99,65%. Nilai ini dikatakan belum sesuai standar telah ditetapkan oleh ITU-T yaitu sebesar 99,99%. Adapun faktor yang menyebabkan nilai tersebut belum memenuhi standar adalah kuantitas gangguan jaringan yang terjadi pada sistem komunikasi fiber optik.

F. Perhitungan Maintainability

Maintainability mengukur seberapa cepat dan mudahnya sistem atau komponen jaringan dapat dipelihara atau diperbaiki ketika terjadi kegagalan. MTTR (*Mean Time to Repair*) adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki sistem atau komponen yang mengalami kegagalan.

Perhitungan *maintainability* menggunakan persamaan sebagai berikut:

Menurut data *existing*, total waktu perbaikan semua gangguan adalah 10 jam dan total gangguan yang ada sebanyak 2 gangguan. Maka:

$$MTTR = \frac{\text{total waktu perbaikan semua gangguan}}{\text{total gangguan}}$$

$$MTTR = \frac{10 \text{ jam}}{2} = 5 \text{ jam}$$

G. Perhitungan BER

Sebelum melakukan perhitungan BER, dilakukan perhitungan SNR (*Signal to Noise Ratio*) dan *Q-Factor* terlebih dahulu. Berikut perhitungan SNR menggunakan persamaan sebagai berikut[14]:

$$SNR = 10 \log \frac{2(P_{opt} \frac{hq}{nv})}{2q i_D B + \frac{AKTB}{R_{eq}}}$$

Diasumsikan:

$$P_{opt} = P_{rx} = \text{Daya terima optimum} (-4,838 \text{ dB})$$

$$\frac{hq}{nv} = \text{responsivitas} (0,85)$$

$$q = \text{muatan elektron} (1,6 \times 10^{-19} \text{C})$$

$$i_D = \text{dark current} (2 \times 10^{-9} \text{A})$$

$$B = \text{Bandwidth} (2,4 \times 10^9 \text{Hz})$$

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

$$R_{eq} = \text{resistansi ekivalen} (50 \Omega)$$

$$T = \text{temperature noise} (290^\circ \text{K})$$

Maka:

$$SNR = 10 \log \frac{2(-4,838 \times 0,85)}{2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 2,4 \cdot 10^9 + \frac{4 \times 1,38 \cdot 10^{-23} \times 290 \times 2,4 \cdot 10^9}{50}}$$

$$SNR = 47,104 \text{ dB}$$

Setelah memperoleh nilai SNR, maka dilakukan perhitungan *Q-Factor* sesuai dengan persamaan berikut[14]:

$$Q\text{-factor} = \frac{10 \frac{SNR}{20}}{2}$$

$$Q\text{-factor} = \frac{10 \frac{47,104}{20}}{2}$$

$$Q\text{-factor} = 11,776$$

Setelah nilai SNR dan *Q-Factor* diperoleh, maka perhitungan BER dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut[14]:

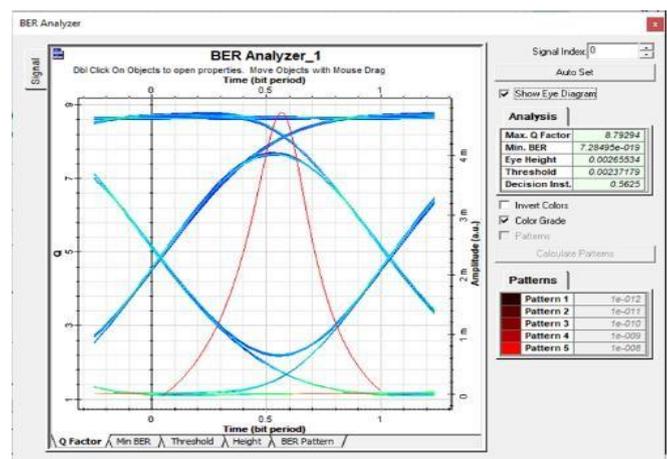
$$BER = \frac{1}{Q + \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Q^2}{2}}$$

$$BER = \frac{1}{11,776 + \sqrt{2} \times 3,14} e^{-\frac{11,776^2}{2}}$$

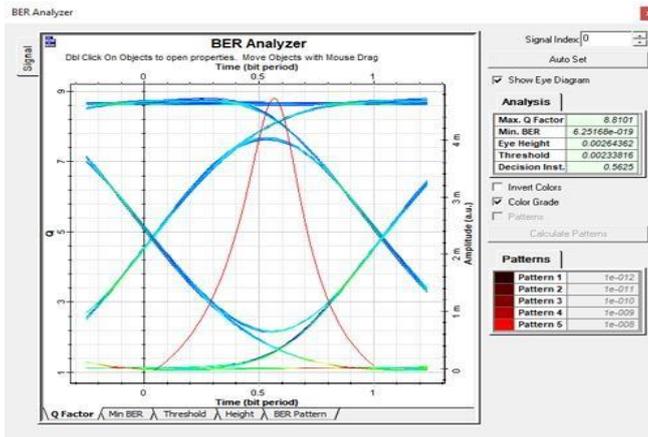
$$BER = 1,9 \times 10^{-34}$$

H. Simulasi

Perancangan simulasi jaringan fiber optik *link backbone* yang dilakukan menggunakan *software* Optisystem pada Gambar 4 dengan kondisi *Downstream* dan *Upstream* dengan menguji kelayakan kinerja *Q-factor* dan BER. *Downstream* merupakan kecepatan unduh data, sedangkan *upstream* merupakan kecepatan unggah data. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Hasil Eye Diagram BER Analyzer pada Kondisi Upstream



Gambar 8. Hasil *Eye Diagram* BER Analyzer pada Kondisi *Downstream*

Tabel III Hasil Simulasi *Q-Factor* dan BER

Simulasi	Hasil Simulasi		
	BER	<i>Q-Factor</i>	
<i>Upstream</i>	1550	$7,28495 \times 10^{-19}$	8,79294
<i>Downstream</i>	1550	$6,25168 \times 10^{-19}$	8,8101

Pada Tabel III menunjukkan hasil simulasi Optisystem saat kondisi *Downstream* dan *Upstream* dengan menggunakan Panjang gelombang 1550 nm dan *power*/daya sebesar 4,5 dBm. Nilai *Q-factor* dan BER dikatakan bagus karena sesuai dengan standar ITU-T yang tertera pada Tabel V.

Tabel IV Hasil Simulasi dan Persamaan Teoritis

Simulasi	Bit Sequence	Bit Error	Hasil Simulasi	
			BER	<i>Q-Factor</i>
<i>Upstream</i>	1550 nm	$1,9 \times 10^{-34}$	$7,28495 \times 10^{-19}$	8,7929
<i>Downstream</i>	1550 nm	$1,9 \times 10^{-34}$	$6,25168 \times 10^{-19}$	8,8101

Berdasarkan Tabel IV hasil perhitungan BER yang diperoleh dalam kondisi *upstream* dan *downstream* sebesar $1,9 \times 10^{-34}$. Hasil simulasi yang diperoleh pada kondisi *upstream* dan *downstream* secara berurutan sebesar $7,28495 \times 10^{-19}$ dan $6,25168 \times 10^{-19}$. Hasil simulasi BER dan persamaan teoritis BER pada Optisystem, menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dapat dikatakan baik berdasarkan standar ITU-T yaitu sebesar 10^{-9} .

Tabel V Perbandingan Hasil Simulasi, Persamaan Teoritis, dan Standar ITU-T

Parameter	Simulasi	Persamaan Teoritis	Standar ITU-T
<i>Power Link Budget</i>	-	-4,838 dBm	-28 dBm

<i>Rise Time Budget</i>	-	49,553 ps	≤ 70 ps
<i>Q-Factor</i>	8,79294	11,776	≥ 6
BER	$7,28495 \times 10^{-19}$	$1,9 \times 10^{-34}$	10^{-9}
<i>Availability</i>	-	99,65%	99,99%

Berdasarkan Tabel V hasil simulasi dan perhitungan teoritis yang telah dilakukan untuk *link backbone* rute STO Rungkut – STO Darmo dan STO Darmo – STO Rungkut menunjukkan hasil yang baik sesuai standar ITU-T. Namun, terdapat parameter *availability* yang belum memenuhi standar yaitu 99,65%. Hal ini terjadi karena banyak gangguan yang terjadi pada sistem komunikasi fiber optik link STO Rungkut – STO Darmo dan STO Darmo – STO Rungkut banyak sehingga proses waktu perbaikan memakan waktu yang lama.

Berdasarkan Tabel V hasil simulasi dan perhitungan teoritis yang dilakukan menunjukkan nilai *Q-Factor* sesuai standar ITU-T harus melebihi 6 secara berurutan yaitu 8,79294 dan 11,776. Berdasarkan Tabel V hasil perhitungan *link power budget* dapat disimpulkan baik karena hasil yang diperoleh masih dalam nilai standar yang telah ditentukan oleh ITU-T yaitu sebesar -28 dBm.

Berdasarkan Tabel V perhitungan *Rise Time Budget* untuk jaringan STO Rungkut – STO Darmo dan STO Darmo – STO Rungkut telah memenuhi standar ITU-T yaitu tidak boleh melebihi 70 ps. Perhitungan *Rise Time Budget* dalam suatu sistem dipengaruhi oleh adanya dispersi yang terjadi pada fiber optik. Dispersi total yang diperoleh melalui perhitungan manual sebesar 2,338 ps. Nilai dispersi dikatakan baik jika mendekati nilai 0. Setelah memperoleh dispersi total maka perhitungan *rise time budget* dapat dilakukan dan menghasilkan nilai 49,553 ps.

Berdasarkan Tabel V perbandingan hasil simulasi dan persamaan teoritis BER secara berurutan memperoleh nilai sebesar $7,28495 \times 10^{-19}$ dan $1,9 \times 10^{-32}$. Hal ini menunjukan nilai yang diperoleh berbeda tetapi dikatakan baik karena memenuhi standar ITU-T yaitu 10^{-9} .

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa jaringan *backbone link* STO Rungkut – STO Darmo memiliki kinerja yang baik dengan nilai simulasi BER sebesar $7,28495 \times 10^{-19}$ dan *Q-factor* sebesar 8,79294, yang memenuhi standar kelayakan. Perhitungan redaman menunjukkan nilai terkecil sebesar 2,3408624 dB dan terbesar sebesar 2,7885242 dB untuk link Rungkut - Darmo, serta nilai terkecil sebesar 2,415471 dB dan terbesar sebesar 2,8034 dB untuk link Darmo – Rungkut. Dispersi kromatik sesuai standar ITU-T G.653 adalah 3,5 ps/km.nm, dengan nilai dispersi total sebesar 2,338 ps dan *rise time budget* sebesar 49,553 ps, yang memenuhi standar ≤ 70 ps. Namun, *availability* jaringan dalam periode 4 bulan hanya mencapai 99,65%, kurang dari standar

ITU-T yaitu 99,99%, karena faktor gangguan dan waktu perbaikan yang lama. Perhitungan *power link budget* menunjukkan nilai -4,838 dBm, yang memenuhi standar ITU-T yaitu tidak lebih kecil daripada -28 dBm. Berdasarkan poin-poin yang telah diungkapkan, maka penambahan EDFA tidak diperlukan.

REFERENSI

- [1] H. S. Sabana, "Analisa Performansi Jaringan Kabel Fiber Optik Link Backbone Ungaran – Krpyak," *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 2, no. 2, pp. 85–92, 2021.
- [2] F. Nurul Amanda and A. Munir, "Analisis Gangguan Jaringan Backbone Berbasis *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) Pada *Clear Channel Icon+*," 2021.
- [3] M. Ridhwan, L. Nurpulaela, "Analisis Penggunaan Jaringan Fiber Optik Di Area Kawasan Bijb Kertajati," 2023.
- [4] I. Hanif, D. Arnaldy, K. "Analisis Penyambungan Kabel Fiber Optik Akses Dengan Kabel Fiber Optik *Backbone* Pada Indosat Area Jabodetabek," 2017.
- [5] I. Umaternate, M. Zen Saifuddin, H. Saman, and R. Elliyati, "Sistem Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optik Menggunakan *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) pada PT.Telkom Kandatel Ternate," 2016.
- [6] T. H. Yanuary and D. L. Lidyawati, "Analisis *Link Budget* Penyambungan Fiber Optik Menggunakan *Optical Time Domain Reflectometer* AQ7275." *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [7] Sunarto, "Pengenalan *Optical Amplifier* Di Dalam Sistem Komunikasi Optik," vol. 4, no. 2, pp. 17–24, 2005.
- [8] J. Ilmiah and K. Grafis, "Analisa Jaringan Fiber Optik Di Telkom Akses Menggunakan Metode *Fishbone*," vol. 16, no. 1, pp. 45–54, 2023, doi: 10.51903/pixel.v16i1.1051.
- [9] D. Saptun Susilawati Sinaga, F. Imansyah, T. Pontika, "Implementasi Optisystem Pada Perancangan Akses *Fiber To The Home* (FTTH) Dengan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)," 2020.
- [10] M. A. Rahmatulloh, D. Hanto, M. Yantidewi, A. Rianaris, and R. A. Firdaus, "Analisis Redaman Fiber Optik dengan Menggunakan Pemodelan *Software* Optisystem," 2023.
- [11] L. Robiatul Adawiah, B. Sugiarto, and T. Arif Wiharso, "ANALISIS Kinerja Sistem Komunikasi Optik Dalam Hubungan Antar BSC Ke BTS Untuk Telekomunikasi Generasi Ke-5 (5G)," *Jurnal FUSE – Teknik Elektro* vol. 3, no. 1, 2023.
- [12] ITU-T, "ITU-T *Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fibre and cable Recommendation* ITU-T G.653," 2010.
- [13] M. Rahmansyah, "Analisis *Optical Power Budget* Dan *Rise Time Budget* Pada Jaringan *Fiber To The Home* Berbasis *Passive Optical Network*," 2017.
- [14] O. Efriyanda, D. Faiza, A. Hadi "Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik Dengan Menggunakan Metode *Power Link Budget* Dan *Rise Time Budget* pada PT. Telkom," *Jurnal Vokasional Teknik Elektronika & Informatika (VOTEKNIKA)*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [15] J. Brema Barus, F. Khair, E. F. Cahyadi, J. D. I. Panjaitan, and N. 128 Purwokerto, "Analisis Pengaruh Penguat EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) Pada Sistem *Radio Over Fiber* (ROF) dengan Mekanisme *Optical Interleaver*," 2018.