

Analisa Performansi Jaringan Kabel Fiber Optik *Link Backbone* Ungaran–Krapyak

Performance Analysis of Ungaran-Krapyak Fiber Optic Link Backbone Cable Network

Hanhan Subchan Sabana^{1,*}, Imam Muhammadi Pradono Budi², dan Petrus Kerowe Goran³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi,
Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. D.I. Panjaitan No.128 Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

^{1,*}Penulis Korespondensi: 16101132@ittelkom-pwt.ac.id

²imam@ittelkom-pwt.ac.id, ³petrus@ittelkom-pwt.ac.id

Received on 14-09-2020, accepted on 31-01-2021, published on 31-01-2021

Abstract

Jaringan backbone link Ungaran – Krapyak merupakan jaringan system komunikasi serat optik dengan kecepatan transmisi 2,488 Gbps. Jenis kabel yang digunakan *Optical Ground Wire (OPGW)* yang terbentang di sepanjang listrik 500 kV milik PT PLN (Perusahaan Milik Negara). Faktor yang mempengaruhi parameter optik seperti dispersi, *link power budget*, *Optical Power Meter*, *availability* dan proteksi menjadikan hal tersebut cukup berpengaruh dalam penilaian kinerja. Pada penelitian ini dilihat pengaruh jaringan *backbone* dan media serat optik yang digunakan dengan rekomendasi G 652 D terhadap kinerja komunikasi serat optik yang diimplementasikan. Teknik yang digunakan adalah dengan menganalisis redaman, dispersi, *link power budget*, *rise time budget*, BER (*bit error rate*) dan proteksi yang digunakan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa secara umum performansi jaringan *backbone* link Ungaran – Krapyak baik kecuali performansi parameter *availability* 99,94 % yang tidak sesuai dengan standar PT. ICON PLUS maupun standar ITU-T.

Kata Kunci : Bit Error Rate, Jaringan Backbone, Power Link Budget, Serat Optik

Abstract

The Ungaran – Krapyak backbone link network is a fiber optic communication system network with a transmission speed of 2.488 Gbps. The type of cable used is *Optical Ground Wire (OPGW)* which runs along the 500 kV electricity owned by PT PLN (State Owned Company). Factors that affect optical parameters such as dispersion, link power budget, *Optical Power Meter*, *availability* and protection make it quite influential in performance assessment. This study examines the effect of the backbone network and fiber optic media used with the recommendation of G 652 D on the performance of the implemented optical fiber communication. The technique used is to analyze the attenuation, dispersion, link power budget, rise time budget, BER (*bit error rate*) and the protection used. The simulation results show that in general the performance of the Ungaran – Krapyak backbone link network is good except for the 99.94% *availability* parameter performance which is not in accordance with PT. ICON PLUS and standard ITU-T.

Keywords: Backbone Network, Bit Error Rate, Optical Fiber, Power Link Budget

I. PENDAHULUAN

Teknologi informasi menjadi kebutuhan sehari – hari bagi masyarakat sehingga dengan berkembangnya teknologi dan besarnya permintaan komunikasi menuntut adanya kapasitas *bandwidth* yang lebih besar dan transmisi yang lebih cepat. Fiber Optik memiliki banyak kelebihan seperti menyalurkan data kapasitas besar, tidak mengalirkan arus listrik, *crosstalk* rendah, tahan temperatur tinggi dan tahan terhadap oksidasi.

Adapun beberapa parameter optik seperti *power link budget*, *rise time budget*, dispersi, availability dan BER (*bit error rate*). Keandalan sistem komunikasi yang diimplementasikan dalam jaringan *backbone* ini perlu dianalisis untuk mendapatkan evaluasi dari kinerja sistem, mengingat sering terjadinya permasalahan *error* dan penurunan level kinerja jaringan.

II. KAJIAN PUSTAKA

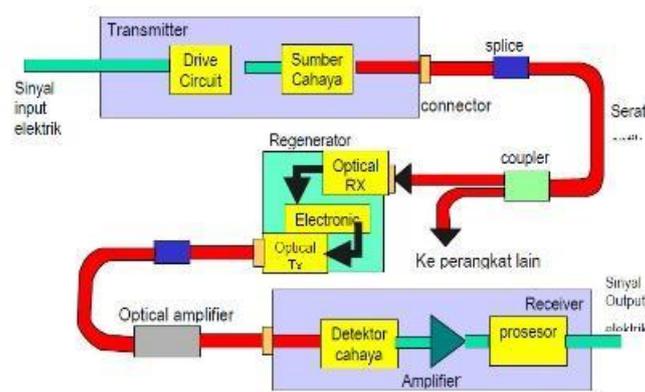
Pada penelitian ini yang dilakukan oleh Hasbian ikbal reza dalam jurnal berjudul “perancangan jaringan *backbone* fiber optik di Kabupaten Sleman” ini membahas mengenai perencanaan jaringan *backbone*. Dengan menggunakan *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) akan di lakukan proses perbandingan dengan hasil perhitungan *power link budget* [1], [2].

Bentuk lapisan tipis optik yang paling sederhana adalah lapisan tipis logam seperti almunium yang dioptimalkan pada substrat kaca untuk membuat permukaan bersifat reflektif [3].

Dalam sistem komunikasi serat optik, banyak sekali yang mempengaruhi tingkat efesiensi atau kualitas unjuk kerja dari suatu sistem serat optik seperti adanya rugi – rugi, dispersi, *power loss* dan lain sebagainya. Faktor – faktor tersebut yang merugikan pada sistem serat optik, jika besarnya melampaui batas minimum yang telah ditentukan oleh pabrik.

A. JARINGAN BACKBONE

Jaringan *backbone* merupakan saluran pusat transmisi atau koneksi yang dirancang untuk mentransfer aliran lalu lintas data di suatu jaringan. Pada umumnya jaringan *backbone* dapat menghubungkan jaringan lokal LAN dengan jaringan yang lebih luas menggunakan WAN secara bersamaan. Biasanya jaringan ini dirancang dengan menggunakan media transmisi seperti satelit, *microwave* atau fiber optik. Karena jaringan ini membutuhkan *bandwidth* yang sangat besar, maka menggunakan media fiber optik yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan menggunakan jaringan *backbone*, maka kinerja akan lebih maksimal.

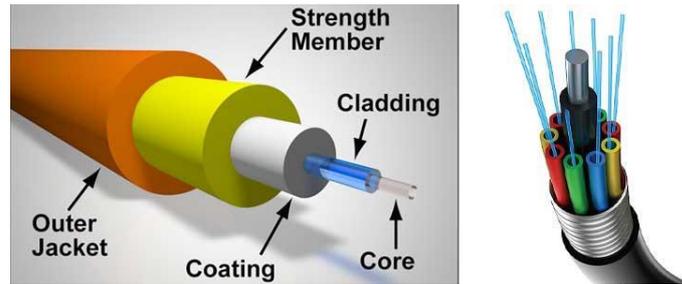


Gambar 1. Jaringan Backbone

B. FIBER OPTIK

Serat optik merupakan optik murni yang sangat tipis dan dapat membawa data informasi digital untuk jarak jauh. *Core* ini terus dalam bundelan yang dinamakan kabel serat optik dan berfungsi mentransmisikan cahaya yang berhasil dikirim dari suatu tempat ke tempat lainnya hanya mengalami kehilangan sinyal dalam jumlah sangat sedikit. Serat optik membentuk kabel yang sedemikian halus hingga ketebalannya mencapai 1 mm untuk dua puluh empat helai kabel serat optik. Sinyal listrik dari transmitter (Pengirim) digunakan untuk memodulasi berkas laser yang kemudian dikirim lewat kabel serat optik. Kabel serat optik juga dapat dipakai untuk mengirim bayangan, dengan memberikan cahaya pada salah satu ujung kabel fiber optik yang dihadapkan pada kamera. Bagian – bagian sebuah kabel serat optik tunggal terdiri tiga bagian yaitu (*core*) inti dari fiber optik, (*cladding*) pembungkus kabel fiber optik, (*coating*) yang melindungi kabel fiber optik dari kerusakan dan temperatur [4].

Redaman yaitu turunnya level tegang sinyal yang diterima akibat karakteristik media. Sehingga redaman merupakan gangguan dalam sistem komunikasi yang berpengaruh dalam kinerja dalam sistem komunikasi.



Gambar 2 Jaringan Fiber Optik

C. CARA KERJA FIBER OPTIK

Hal ini dikarenakan cahaya yang memantul pada kabel fiber optik dipantulkan ke dalam jaringan kabel dan menghasilkan *total internal reflection* dimana cahaya dipantulkan ke sudut yang rendah. Dengan demikian penggunaan kabel fiber optik akan sangat menguntungkan bagi perusahaan atau instansi anda atau bahkan koneksi rumah jika anda membutuhkan koneksi yang stabil dan dapat diandalkan [5].

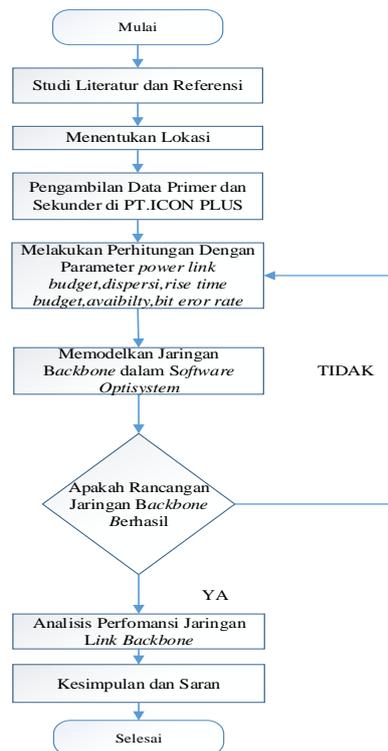
Misalkan kita memiliki sebuah loose tube berwarna biru dan misalkan didalamnya terdapat 6 serat optik, maka nomor serat optik nomor sampai 6, tersusun atas serat nomor 1 warna biru, nomor 2 warna orange, nomor 3 warna hijau dan seterusnya. Dilanjutkan dengan tube warna orange dengan nomor pada seratnya berlanjut nomor 7 untuk warna biru, nomor 8 untuk warna orange, nomor 9 warna hijau dan seterusnya [5].

Tabel 1 Warna Fiber Optik

No Core	Warna Fiber Optik
1	Biru
2	Orange
3	Hijau
4	Coklat
5	Abu – Abu
6	Putih
7	Merah
8	
9	Kuning
10	Ungu
11	Pink
12	Toska

III. METODELOGI PENELITIAN

Metode Penelitian pada jurnal disusun pada flowchart di bawah ini:

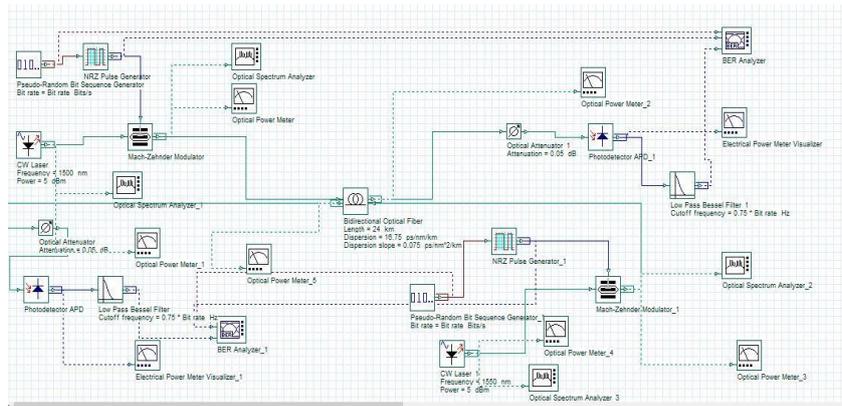


Gambar 3. Flowchart

Penelitian dilakukan untuk mengetahui performansi jaringan *link backbone* menggunakan simulasi OptiSystem. Proses penelitian diawali dengan studi literatur dan mencari referensi jurnal pada penelitian – penelitian sebelumnya. Langkah selanjutnya menentukan lokasi penelitian jaringan *link backbone* yang akan dianalisis yaitu Kota Ungaran – Krapyak Kabupaten Semarang. Langkah selanjutnya yaitu pengambilan data, proses pengambilan data penelitian ini diambil di PT. Indonesia Comnets Plus SBU Semarang. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan hasil pengukuran OTDR yang dilakukan oleh tim lapangan ICON PLUS. Dari data yang sudah didapatkan dilakukan proses perhitungan analisis *link backbone*. Data sekunder adalah data perhitungan yang sudah berstandar di ITU-T. Berdasarkan data yang sudah dikumpulkan maka dapat dilakukan proses perhitungan parameter *link power budget*, *rise time budget*, dispersi, availability dan *Bit error rate* (BER) bertujuan untuk menghitung besar daya yang diperlukan sehingga level daya yang diterima tidak kurang dari sensitivitas minimum. Selanjutnya melakukan simulasi data yang sudah dihitung dengan menggunakan *software* OptisyStem untuk mengetahui hasil BER dan Q-Factor. Data yang diharapkan sesuai dengan standar ITU-T *link power budget*. Jika data yang diambil tidak sesuai dengan standar ITU-T maka dilakukan perhitungan ulang dan menganalisis kesalahan perhitungan. Jika hasil perhitungan sesuai dengan standar ITU-T, penulis menarik hasil kesimpulan penelitian *link backbone* Ungaran – Krapyak.

A. PEMODELAN SISTEM MENGGUNAKAN OPTISYSTEM

Berikut ini adalah gambar jaringan *Backbone link* Ungaran – krapyak dan Krapyak – Ungaran menggunakan *software* OptiSystem.



Gambar 3 *Upstream dan Downstream Menggunakan OptiSystem*

B. PERHITUNGAN AWAL

Tabel 2 Data Parameter Perhitungan *Link Budget*

Jenis redaman yang terjadi	Nilai Redaman
Redaman serat optik	0.3 dB/km (G.652)
Redaman konektor	0.35 dB
Redaman <i>splice</i> / penyambungan	0.05 dB/ <i>splice</i>
<i>Link</i>	Ungaran - Krapayak (24,595 km)
Jumlah konektor	2 buah
Jumlah sambungan	sambungan

IV. HASIL DISKUSI

A. PERHITUNGAN POWER *LINK BUDGET*

Berdasarkan data yang diambil dari parameter perhitungan Tabel 3.1 yang merupakan data Perusahaan PT .ICON PLUS Semarang :

Berikut akan di lakukan perhitungan redaman total dari *link* Ungaran – Krapayak dengan menggunakan persamaan 2.1 sampai persamaan 2.4 pada core 1 Ungaran – Krapayak.

- Loss Fiber (aF) = $L \times l_f = 24,595 \times 0,341 = 8,386$ dB
- Redaman Penyambungan (aST) = $a_s \times N_s = 0.05 \times 6 = 0,3$ dB
- Redaman Konektor (aCT) = $a_c \times N_c = 0,35 \times 2 = 0,7$ dB
- Redaman Total (aTOT) = $aF + a_s + a_c = 8,386 + 0,3 + 0,7 = 9,386$ dB

B. PERHITUNGAN MARGIN DAYA

Berdasarkan nilai total redaman yang diperoleh menunjukkan bahwa *link* Ungaran – Krapayak dan Krapayak – Ungaran memenuhi kelayakan power *link budget* dan dapat digunakan sebagai referensi jaringan *link backbone*

$$P_R = P_{RX} = P_{Tx} - \alpha_{TOT} - SM = (5 - 9.7 - 6) = -10,7 \text{ dBm}$$

C. PERHITUNGAN DISPERSI

Berikut adalah perhitungan dispersi sebagai berikut ini :

$$D\lambda = \frac{S_0}{4} \left(\lambda + \frac{\lambda 0^4}{\lambda^3} \right) \quad (1)$$

Keterangan :

So = Konstanta dispersi *slope* (0.092 ps/(nm².km)
 λ = Panjang Gelombang (1310 nm dan 1550 nm)
 λ_0 = 1311 nm
 $D\lambda$ = Dispersi (ps/nm km)

1. **Untuk perhitungan dispersi yang pertama dengan menggunakan panjang gelombang 1310.**

$$D\lambda = \frac{S_0}{4} \left(\lambda + \frac{\lambda^4}{\lambda^3} \right) = \frac{0.093}{4} \left(1310 + \frac{(1311)^4}{(1310)^3} \right) = 61,008 \text{ ps/km.nm}$$

2. **Untuk perhitungan dispersi yang kedua dengan menggunakan panjang gelombang 1550.**

$$D\lambda = \frac{S_0}{4} \left(1550 + \frac{\lambda^4}{\lambda^3} \right) = \frac{0.093}{4} \left(1550 + \frac{1551^4}{1550^3} \right) = 72,162 \frac{\text{ps}}{\text{km}} . \text{nm}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan untuk dispersi kromatik dengan panjang gelombang 1310 nm *link* Ungaran – Krapayak dan Krapayak – Ungaran menunjukkan nilai 61,008 ps/km.nm, dan untuk panjang gelombang 1550 nm menunjukkan nilai 72,612 ps/km.nm, sehingga mendapatkan selisih nilai sebesar 11,604 ps/km.nm.

D. PERHITUNGAN RISE TIME BUDGET

Untuk menghitung *Rise Time Budget* menggunakan panjang gelombang 1310 nm sebagai berikut:

$$T_{system}^2 = (T_{tx} + T_{rx}^2 + Dt^2) = (35)^2 ps + (35)^2 ps + (150,049)^2 ps = 2464,7024 ps$$

Maka diperoleh nilai *Rise Time Budget* panjang gelombang 1310 nm yaitu:

$$T_{system} = \sqrt{tx^2 + tr^2 + Dt^2} = \sqrt{2464,7024} = 46,645 ps$$

Perhitungan berikut dilakukan seperti diatas namun untuk panjang gelombang di ubah menjadi 1550 nm dimana nilai perhitungan dispersi *chromatic* yang diperoleh adalah 72,612 ps/nm.km.

$$T_{system}^2 = (T_{tx} + T_{rx}^2 + Dt^2) = (35)^2 ps + (35)^2 ps + (178,589)^2 ps = 34344,030 ps$$

Maka diperoleh nilai *Rise Time Budget* gelombang 1550 nm yaitu:

$$T_{system} = \sqrt{tx^2 + tr^2 + Dt^2} = \sqrt{34344,030} = 185,321 ps$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh batasan nilai maksimum jaringan transmisi yang digunakan *link* Ungaran – Krapayak dan Krapayak – Ungaran adalah 46,645 ps, untuk panjang gelombang 1310. Hasil memenuhi syarat ≤ 70 ps artinya adalah dispersi pada sistem tersebut masih dalam batas normal yang berarti tidak mengganggu kinerja sistem.

Berdasarkan perhitungan *rise time budget* diperoleh batas dispersi maksimum jaringan yang digunakan pada *link* Ungaran – Krapayak dan Ungaran – Krapayak adalah 185,321 ps. Hasil perhitungan *rise time budget* tidak memenuhi syarat ≤ 70 ps maka dispersi yang digunakan melebihi batas yang telah tentukan. Karena panjang gelombang yang besar, maka mempengaruhi nilai *rise time budget* yang didapat.

E. PERHITUNGAN AVAILABILITY

Berikut adalah perhitungan *availability* menggunakan Persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$av = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% = \frac{8760}{8760 + 48} \times 100\% = 99,45\%$$

Availability yang dianalisis adalah *availability* sistem komunikasi serat optik *link backbone* dengan melakukan perhitungan data yang diperoleh dari PT. Icon Plus. Berdasarkan Persamaan 2.13, data yang diperoleh *availability* sistem selama periode 1 tahun dapat dilihat nilai *availability* sistem komunikasi serat optik *link* Ungaran – Krapayak dan Krapayak – Ungaran adalah 99.45 %. Nilai ini belum memenuhi nilai

standar *availability* yang telah ditetapkan oleh ITU-T yaitu 99,99%. Hal ini disebabkan karena banyaknya gangguan yang terjadi pada sistem komunikasi serat optik *link* Ungaran – Krapyak dan Krapyak – Ungaran

F. PERHITUNGAN MAINTABILITY

Berikut adalah perhitungan *maintability* menggunakan Persamaan 2.14 sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{\text{total waktu perbaikan}}{\text{total gangguan}} = \frac{48}{8760} = 5,479 \times 10^{-3}$$

Cara untuk menghitung *maintability* hasil data kejadian pada sistem komunikasi serat optik *backbone link* Ungaran – Krapyak dan Krapyak – Ungaran.

V. SIMULASI OPTISYSTEM

Pada rancangan simulasi *link* optik dengan OptiSystem, perancangan jaringan *Backbone* dilakukan pada kondisi *Downstream* dan *Upstream* dengan menguji kelayakan power *link budget* dan performansi *bit error rate* [6].

Tabel 3 Hasil Simulasi Bit Error Rate (BER)

Simulasi		Hasil Simulasi	
		BER	Q-Factor
Upstream	1310	7,58911 x 10 ⁻¹⁷	8,25347
	1550	6,07501 x 10 ⁻⁵	3,84292
Downstream	1310	1,23613 x 10 ⁻¹⁹	8,98799
	1550	2,23928 x 10 ⁻⁸	5,47044

Menunjukkan hasil perbandingan simulasi *OptiSystem* yang digunakan pada saat *Downstream* dan *Upstream* dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan panjang gelombang 1550 nm dengan menggunakan power 5 dBm. Tabel 4.10 tersebut dapat menjelaskan max *Q-Factor*, standar untuk max *Q-Factor* bisa dikatakan bagus adalah harus melebihi 6 untuk nilai max. *Q-Factor* yang didapat adalah 8,98799, hasil min BER bisa dikatakan bagus minimal yaitu 10⁻¹¹, untuk nilai BER yang didapat adalah 1,23613 x 10⁻¹⁹ untuk panjang gelombang 1310 nm pada kondisi *Downstream*. Berdasarkan simulasi berikutnya menggunakan panjang gelombang 1550 nm pada kondisi *Downstream* menghasilkan nilai *Q-Factor* 5,47044 dan untuk nilai BER yang didapat sebesar 2,23928 x 10⁻⁸.

Berdasarkan simulasi *OptiSystem* berikut menunjukkan hasil perbandingan dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm pada kondisi *Upstream* dengan power 5 dBm. Pada Tabel 4.10 Menjelaskan nilai *Q-Factor* yang didapat pada kondisi *Upstream* sebesar 8,25347 dan untuk hasil *Eye Diagram* BER menghasilkan nilai sebesar 7,58911 x 10⁻¹⁷ dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm. Berdasarkan simulasi berikutnya dengan menggunakan panjang gelombang 1550 nm pada kondisi *Upstream*, menghasilkan nilai simulasi *Q-Factor* sebesar 3,84292 dan untuk nilai simulasi BER menghasilkan nilai sebesar 6,07501 x 10⁻⁵.

Berdasarkan hasil simulasi *OptiSystem* mendapatkan hasil perbandingan yang berbeda, bisa dilihat pada Tabel 4.11 merupakan hasil perbandingan *Upstream* dan *Downstream* dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm, untuk perbandingan simulasi BER dengan menggunakan panjang gelombang 1550 nm lebih baik.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan

Simulasi		Bit sequence (bit)	Bit Error (bit)	Hasil Simulasi	
				BER	Q-Factor
Upstream	1310	128	9,71E-15	7,59E-17	8,25347
	1550	128	7,78E-03	6,08E-05	3,84292
Downstream	1310	128	1,58E-17	1,24E-19	8,98799
	1550	128	2,87E-06	2,24E-08	5,47044

Bit error rate adalah salah satu cara untuk mengetahui kualitas sinyal yang diterima dari suatu sistem komunikasi. Simulasi BER analyzer dalam *software* optisystem dapat menghasilkan nilai BER, sekaligus grafik Q-factor dan Eye diagram. Pada Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai BER yang diperoleh dari hasil pengukuran simulasi dan hasil perhitungan BER untuk kondisi *Upstream* dan *Downstream*. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan nilai BER pada kondisi *Upstream* dengan panjang gelombang 1310 nm sebesar $7,585 \times 10^{-17}$ sedangkan nilai yang didapatkan pada simulasi sebesar $7,58911 \times 10^{-17}$, untuk panjang gelombang 1550 nm dengan kondisi *Upstream* mendapatkan nilai sebesar $6,078 \times 10^{-5}$ untuk hasil simulasi mendapatkan nilai sebesar $6,07501 \times 10^{-5}$. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan nilai BER pada kondisi *Downstream* dengan panjang gelombang 1310 nm $1,234 \times 10^{-19}$ untuk nilai yang didapat pada simulasi sebesar $1,23613 \times 10^{-19}$, sedangkan untuk panjang gelombang 1550 nm mendapatkan nilai sebesar $2,242 \times 10^{-8}$ pada hasil perhitungan, $2,23928 \times 10^{-8}$ hasil simulasi. Berdasarkan hasil perhitungan BER dan simulasi BER pada OptiSystem, menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda, pada hasil performansi keduanya untuk hasil perhitungan dan simulasi masih berada pada batas performansi yang baik dengan batas standar BER sebesar 10^{-11} .

Tabel 5 Perbandingan Hasil Perhitungan, Hasil Simulasi dan ITU-T

Parameter Unjuk Kerja	Simulasi dan Persamaan Teoritis	Standar ITU-T
Power Link Budget	-10,7 dBm	-28 dBm
Rise Time Budget	46,645 ps	≤ 70 ps
bit error rate (BER)	$7,58911 \times 10^{-17}$ dan $2,23928 \times 10^{-8}$	10^{-9} atau 10^{-11}
Q-factor	8,25347 dan 5,47044	≥ 6
Availability	99,94 %	99,99 %

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang sudah dilakukan untuk mengetahui performansi *backbone link* Ungaran - Krapyak dan Krapyak - Ungaran menunjukkan hasil baik dilihat dari standar ITU-T. Akan tetapi terdapat beberapa parameter yang nilainya tidak sesuai dengan standar ITU-T yaitu nilai *availability* sebesar 99,94 % dan nilai *Q-Factor* pada kondisi *Downstream* sebesar 5,47044. Pada hasil uji coba perhitungan nilai *availability* tidak sesuai dengan standar ITU-T hal ini disebabkan karena banyaknya gangguan yang terjadi pada sistem komunikasi serat optik *link* Ungaran – Krapyak dan Krapyak - Ungaran sehingga menyebabkan waktu perbaikan yang cukup lama.

Berdasarkan hasil simulasi *Q-Factor* yang dilakukan menunjukkan nilai *Q-Factor* pada kondisi *Downstream* tidak sesuai standar ITU-T, hal ini disebabkan semakin besar panjang gelombang yang digunakan maka hasil *Q-Factor* yang akan didapatkan akan semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil simulasi BER yaitu semakin besar panjang gelombang maka hasil BER yang didapatkan semakin baik. Berdasarkan hasil perhitungan *power link budget* dapat dikatakan baik karena hasil yang diperoleh tidak melebihi standar yang telah ditentukan oleh ITU-T yaitu -28 dBm.

Perhitungan *Rise Time Budget* dalam suatu sistem dipengaruhi oleh adanya dispersi yang terjadi pada fiber optik. *Rise Time Budget* berguna untuk menganalisis sistem transmisi apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Semakin besar nilai dispersi kromatis yang terjadi pada fiber optik mengakibatkan nilai dari *rise time budget* akan semakin besar, karena panjang gelombang dengan dispersi berbanding lurus. Berdasarkan perhitungan *Rise Time Budget* untuk jaringan Ungaran – Krapyak dan Krapyak – Ungaran telah memenuhi standar ITU-T. Berdasarkan Tabel 4.12 perbandingan hasil perhitungan dan simulasi menghasilkan pada kondisi *Upstream* sebesar $7,58911 \times 10^{-17}$ dan pada kondisi *Downstream* sebesar $2,23928 \times 10^{-8}$. Hal ini menunjukan semakin besar panjang gelombang maka hasil BER yang diperoleh akan semakin bagus karena, panjang gelombang dan nilai BER berbanding lurus. Berdasarkan hasil perhitungan kesalahan bit dan simulasi BER menunjukkan bahwa hasil performansi dikatakan baik karena masih berada pada batas standar ITU-T sebesar 10^{-11} .

VI. KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan parameter – parameter optik pada jaringan *backbone link* Ungaran - Krapyak dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Performansi jaringan *backbone link* Ungaran - Krapyak dan Krapyak - Ungaran dinilai baik dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm karena telah memenuhi standar ITU-T G.652 yaitu sebesar 10^{-11} untuk BER dan 6 pada nilai *Q-Factor*. Hal ini disebabkan hasil simulasi *Bit error rate* (BER) pada kondisi *Upstream* sebesar $7,58911 \times 10^{-17}$ dan nilai *Q-Factor* sebesar 8,25347.
2. Berdasarkan perhitungan *availability* sistem komunikasi serat optik *backbone link* Ungaran - Krapyak dan Krapyak - Ungaran selama satu tahun mendapatkan hasil 99,94% menunjukkan bahwa sistem yang beroperasi belum optimal karena kurang dari standar yang diterapkan ITU-T yaitu 99,99%. Hal ini disebabkan banyaknya gangguan yang terjadi pada sistem komunikasi serat optik sehingga menyebabkan waktu perbaikan yang cukup lama.
3. Hasil perhitungan redaman, menghasilkan nilai redaman terkecil sebesar 8,772 dB dan nilai terbesar 9,488 dB untuk panjang gelombang 1310 nm sedangkan nilai untuk gelombang 1550 nm menghasilkan nilai redaman terkecil sebesar 5,428 dB dan nilai terbesar 6,192 dB/km. Terlihat dari perhitungan tersebut bahwa semakin besar panjang gelombang maka nilai yang dibutuhkan untuk mencapai satu haspel lebih singkat.
4. Perhitungan dispersi dan total dispersi pada *link* Ungaran – Krapyak dan Krapyak – Ungaran menghasilkan nilai dispersi sebesar 61,008 ps/km.nm dan total dispersi sebesar 150,049 ps untuk panjang gelombang 1310 nm sedangkan, untuk panjang gelombang 1550 nm menghasilkan nilai dispersi sebesar 72,612 ps/km.nm dan untuk dispersi total sebesar 178,589 ps. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar panjang gelombang maka nilai dispersi yang dihitung dan total dispersi akan semakin besar karena berbanding lurus.
5. *Power link budget* bertujuan untuk menjamin daya yang cukup untuk sampai ke *receiver* sehingga dapat diketahui kelayakan dari sistem tersebut. Pada perhitungan *power link budget* didapatkan hasil sebesar -10,7 dBm hal ini menunjukkan kelayakan dari sistem *link backbone* karena nilai yang dihasilkan tidak melebihi standar ITU-T yang ditetapkan yaitu -28 dBm.

REFERENSI

- [1] M. K. Dewi, E. S. Sugesti, and T. Tearalangi, "Analisis Performansi Backbone Link Ungaran – Krian pada Jaringan Komunikasi Serat Optik PT Icon+," Bandung, 2009.
- [2] F. Habib, N. Tjahjamoonsih, and F. T. P. W, "Analisa Rugi-Rugi Serat Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer Dengan Aplikasi AQ77932 Emulation," Tanjungpura, 2015.
- [3] R. E. N. Iswan Umatermate, M. Zen Saifuddin, Hidayat Saman, "Sistem Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) pada PT . Telkom Kandatel Ternate," *J. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Khairun Ternate*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [4] J. B. S. Sibarani and M. Zulfin, "Analisa Kinerja Jaringan Tulang Punggung (Backbone) Menggunakan Serat Optik di Universitas Sumatera Utara," Medan, 2013.
- [5] F. A. Nurdiana, Sugito, and S. N. Hertiana, "Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar-Maumere Menggunakan DWDM," *JNTETI*, vol. 4, no. 3, 2015.
- [6] S. Budiyo, "Simulasi Perhitungan Bit Error Rate dengan Pengkodean Hamming," *Prosiding SNPPTI*, p. 218, 2012.