

Optimalisasi Bit Error Rate Jaringan Optik Hybrid Pada Sistem DWDM Berbasis Soliton

Bit Error Rate Optimization of Hybrid Optic Network in DWDM System Based on Soliton

Rama Panji Prakoso^{1,*}, Eka Wahyudi², Kholidiyah Masykuroh³

^{1,3}*Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, ²Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
Jl. D.I. Panjaitan No. 128 Purwokerto, Indonesia*

^{1,*}Penulis korespondensi: 17101115@ittelkom-pwt.ac.id,
²ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id, ³kholidiyah@ittelkom-pwt.ac.id

Received on 02-08-2021, accepted on 27-08-2021, published on 19-09-2021

Abstrak

Bit Error Rate (BER) merupakan perbandingan antara kesalahan (error) dengan bit yang dikirimkan keseluruhan. Bit Error Rate berfungsi untuk menguji seberapa banyak kesalahan pembacaan di sisi penerima setiap detik. Berdasarkan pengertian dari BER peneliti akan melakukan penelitian performansi Bit Error Rate terhadap pengaruh perubahan daya input laser mulai dari -4, -2, 0, 2, 4 dan perubahan panjang serat optik 20 km, 60 km, dan 100 km. Peneliti akan membentuk dua sistem simulasi DWDM dengan menggabungkan dua penguat optik yaitu Raman Optical Amplifier (ROA) dan Erbium Doped Fiber (EDFA) posisi dari penguat optik diletakkan secara Booster-Preamplifier dan Inline-Preamplifier. Berdasarkan perbedaan pada daya input laser BER mengalami peningkatan kelayakan sistem saat daya laser dinaikkan mulai dari -4 dBm sampai 4 dBm. Unjuk kerja yang dihasilkan paling baik adalah $8.97E-23$ pada Skenario Inline-Preamplifier. Berdasarkan perbedaan panjang serat optik, semakin jauh panjang serat optik maka kelayakan sistem menurun dengan BER terburuk adalah 0.001 pada panjang serat optik 100 km.

Kata kunci: Bit Error Rate, Booster, Inline, Daya input, Preamplifier

Abstract

Bit Error Rate (BER) is a comparison between the error (error) with the bit sent as a whole. Bit Error Rate is used to test how many errors are read on the receiving end every second. Based on the understanding of BER, researchers will conduct research on the performance of Bit Error Rate on the effect of changes in laser input power ranging from -4, -2, 0, 2, 4 and changes in optical fiber length of 20 km, 60 km, and 100 km. Researchers will form two DWDM simulation systems by combining two optical amplifiers, namely Raman Optical Amplifier (ROA) and Erbium Doped Fiber (EDFA). Based on the difference in the input laser power, the BER experienced an increase in the feasibility of the system when the laser power was increased from -4 dBm to 4 dBm. The best performance is $8.97E-23$ in the Inline-Preamplifier Scenario. Based on the difference in optical fiber length, the farther the length of the optical fiber, the lower the feasibility of the system with the worst BER is 0.001 at 100 km optical fiber length.

Keywords: Bit Error Rate, Booster, Inline, Input power, Preamplifier

I. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi optik adalah salah satu sistem transmisi yang cocok untuk komunikasi dengan bit rate tinggi. Selain kecepatannya yang bisa diandalkan, transmisi optik tahan terhadap gangguan seperti kebisingan dan dispersi [1]. Kabel serat optik terbagi menjadi 3 bagian yang tersusun dari inti (*core*),

cladding, dan *coating*. Inti (*core*) atau inti serat, adalah bagian paling utama dari serat optik, karena pada bagian ini informasi yang berupa pulsa cahaya ditransmisikan. Sementara pembungkus (*cladding*) merupakan pelapis *core*, dan mempunyai bahan dasar yang sama dengan *core*, tetapi mempunyai indeks bias yang lebih kecil daripada *core*. Lapisan terluar yaitu *coating* berfungsi sebagai pelindung *core* dan *cladding* dari tekanan fisik [2].

Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam mengirimkan informasi menggunakan media transmisi serat optik adalah *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) [3]. *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) adalah bentuk teknologi *multiplexing* dalam sistem transmisi jaringan optik yang umumnya digunakan untuk transmisi dengan jarak yang jauh antara satu titik terminasi (terminal) dengan titik terminasi lainnya [4]. Pengaruh jarak komunikasi yang berkaitan dengan redaman dan dispersi merupakan batasan dalam perencanaan, sehingga dibutuhkan penguat optikal yang mendukung teknologi *multiplexing* [2]. *Hybrid optical amplifier* diusulkan sebagai solusi meningkatnya beban jaringan. *Amplifier* hibrida dapat mengurangi akibat induksi *non-linearitas* dan mencegah penggunaan biaya tinggi [5].

Jurnal Penelitian Arumidina Islamiq (2017) dengan judul “Analisa Perubahan Posisi Penguat Optik SOA-EDFA” telah membahas bagaimana performansi penguat optik hibrid dalam sistem DWDM hasilnya pemasangan penguat optik hibrid secara serial bisa meningkatkan performansi BER hingga jarak 50 km. Jurnal Penelitian Dodi Zulherman (2018) dengan judul “Comparative Analysis EDFA and ROA in Non linear CWDM System” membahas perbandingan penguat EDFA dan ROA dalam sistem non linear CWDM sistem hasilnya raman optical lebih stabil dalam sistem tersebut.

Berdasarkan latar belakang dan jurnal penelitian terdahulu maka tim penulis akan melakukan analisa unjuk kerja penguat optik *hybrid* ROA-EDFA pada sistem DWDM berbasis soliton. *Bit Error Rate* (BER) digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas sistem penguat *Hybrid* pada DWDM berbasis *soliton* baik atau tidak berdasarkan standar yang telah ditentukan. Parameter variasi yang digunakan adalah perubahan daya input laser mulai dari -4 dBm sampai 4 dBm dan perubahan panjang serat optik dimulai dari 20 km sampai dengan 100 km.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Optimalisasi Bit Error Rate

Mengoptimalkan sistem untuk tingkat kinerja yang diperlukan biasanya dilakukan pada tahap desain sistem transmisi data sehingga parameter kinerja dapat disesuaikan pada awal tahap konsep desain. Proses transmisi data, dari satu titik ke titik lainnya, baik melalui tautan radio / nirkabel atau tautan telekomunikasi kabel, parameter kuncinya adalah berapa banyak kesalahan yang akan muncul dalam data yang muncul di ujung jarak jauh [6]. Pada sistem serat optik, kesalahan *bit* terutama diakibatkan oleh dispersi optik dan atenuasi yang mungkin ada. Juga *noise* mungkin masuk ke dalam *receiver* optik itu sendiri [7].

Bit Error Rate (BER) berfungsi untuk menguji seberapa banyak kesalahan pembacaan di sisi penerima setiap detik. Nilai BER dimisalkan dengan pemberlakuan BER sejumlah 10^{-13} , atau dengan kata lain dalam 10^{-13} yang dikirimkan, terdapat 1 *bit* yang mengalami kesalahan pembacaan atau penerimaan [8]. BER dapat dituliskan dalam bentuk Persamaan 1:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (1)$$

Dimana *erfc* merupakan fungsi error seperti Persamaan 2:

$$\operatorname{Ercf}(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (2)$$

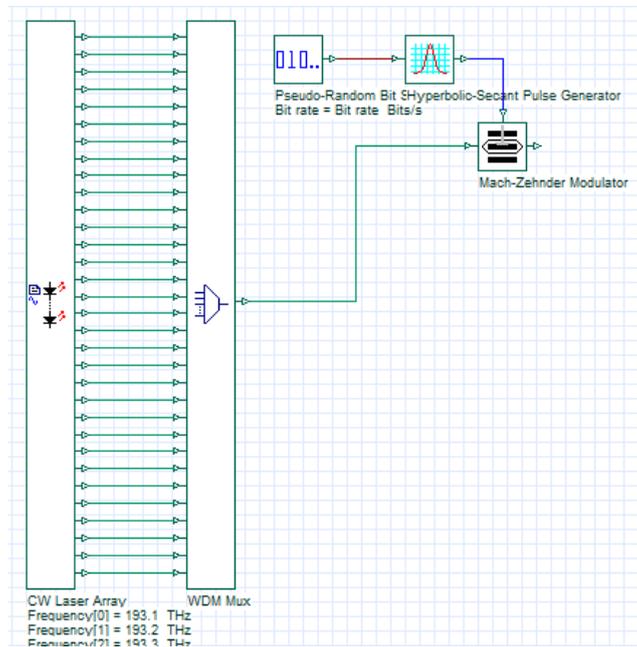
Sehingga diperoleh pendekatan seperti Persamaan 3:

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} \quad (3)$$

Dengan $Q=Q$ faktor dan $Pe=$ Error Probability

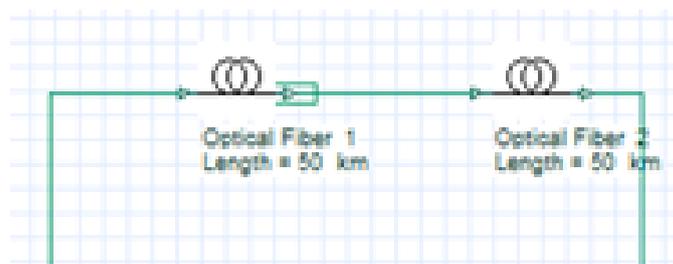
B. Blok Sistem DWDM Berbasis Soliton

Diagram blok sistem DWDM berbasis *soliton* dibuat dengan *software Optisystem 7.0* terbentuk dari empat blok utama yaitu blok pengirim, media transmisi, penguat optik, dan blok penerima.



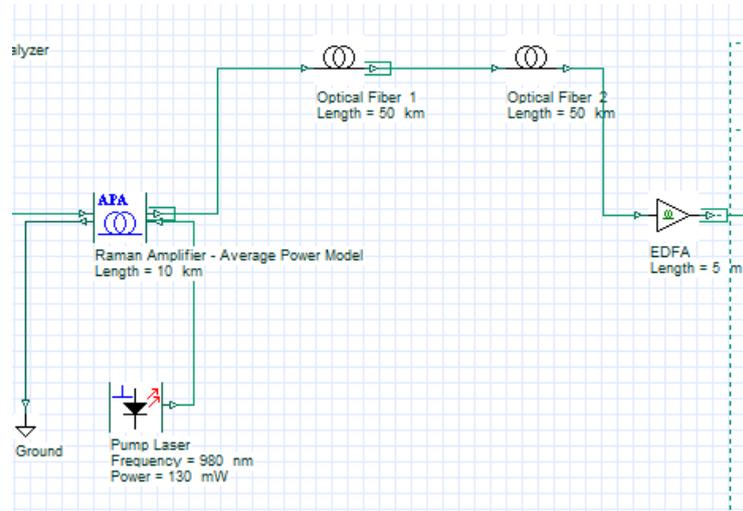
Gambar 1. Blok Pengirim

Gambar 1 merupakan blok pengirim terdiri dari yang terdiri dari CW laser, WDM Demux, *Pseudo random binary sequence* (PRBS) perangkat ini menggunakan 32 kanal PRBS dengan nilai *bitrate* setiap kanal 10 Gbps, spasi kanal yang digunakan sebesar 100 GHz, *Secant Hyperbolic* perangkat ini menghasilkan *bit – bit* generator dalam bentuk elektrik dan diubah ke bentuk pulsa *soliton*. *Soliton* cocok untuk komunikasi optik karena mampu mempertahankann lebarnya bahkan dengan adanya dispersi serat. Namun, penggunaannya membutuhkan banyak hal perubahan dalam desain sistem dibandingkan dengan sistem *non-soliton* konvensional [9] , dan *Mach-zehnder Modulator* merupakan modulator eksternal yang akan memodulasi sinyal informasi sebelum ditransmisikan kedalam serat optik [10].



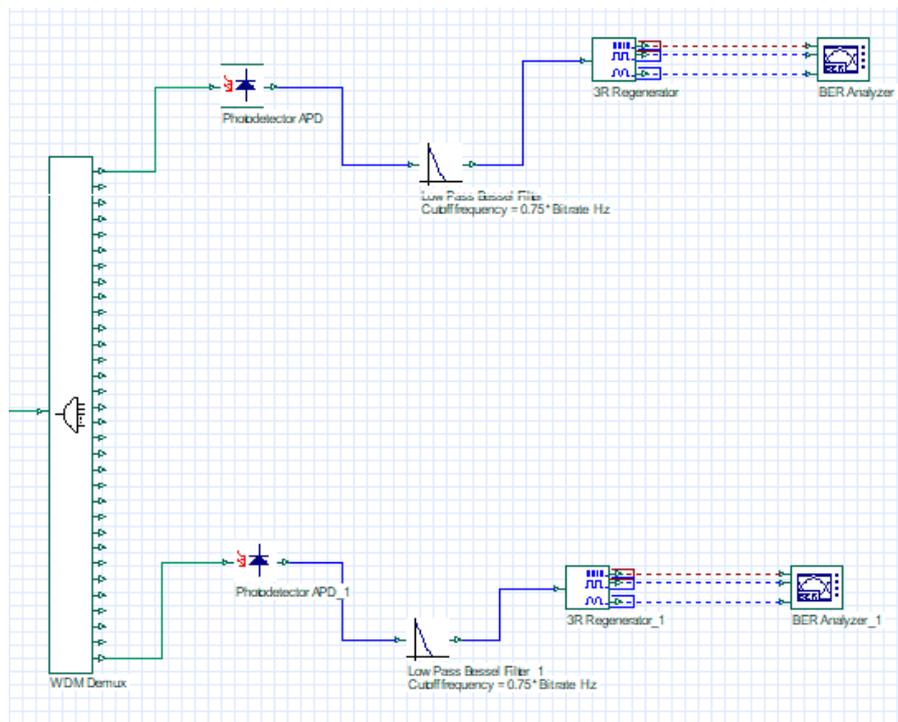
Gambar 2. Media Transmisi

Gambar 2 merupakan blok media transmisi yang tersusun oleh serat optik *single mode fiber* (SMF) sesuai standar ITU-T G.655. panjang serat optik divariasikan dari 20 km, 60 km, dan 100 km.



Gambar 3. Penguat Optik

Gambar 3 merupakan blok penguat optik yang terdiri dari *Erbium Doped Fiber* (EDFA). Penguat ini menghasilkan pertumbuhan kapasitas transmisi yang cepat dengan memanfaatkan keunggulan sistem berbasis WDM [5]. *Raman Optical Amplifier* (ROA) merupakan penguat harus dipompa secara optik untuk memberikan penguatan ROA membutuhkan daya pemompaan yang jauh lebih tinggi daripada EDFA. Raman tidak membutuhkan *dopan* khusus untuk melakukan penguatan [9]. Penguat EDFA dan ROA digabungkan menjadi satu rangkaian secara serial atau *cascade*. Pemasangan secara *hybrid* menawarkan banyak keuntungan yaitu data *rate* sistem yang dapat diubah sesuai kebutuhan agar menyesuaikan jumlah saluran yang tersedia [11].



Gambar 4. Blok Penerima

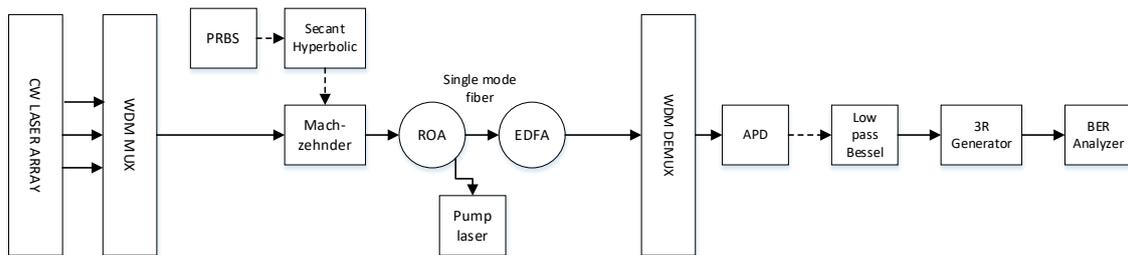
Gambar 4 merupakan blok penerima yang terdiri 4 komponen yaitu WDM Demux, Komponen kedua Sensitivitas *photodetector*, alat ini bertipe *Avalanche Photodiode* (APD) yang memiliki sensitivitas lebih

tinggi ketimbang tipe PIN. Komponen ketiga adalah *filter low pass besse*. Filter ini berada disisi penerima yang memiliki kemampuan untuk menyaring *noise* dari sinyal pada berkas cahaya pada saat proses transmisi. Komponen Keempat adalah *3R Generator* dengan menggunakan perangkat tersebut tidak diperlukan koneksi antara *transmitter* dan BER Analyzer.

III. METODE PENELITIAN

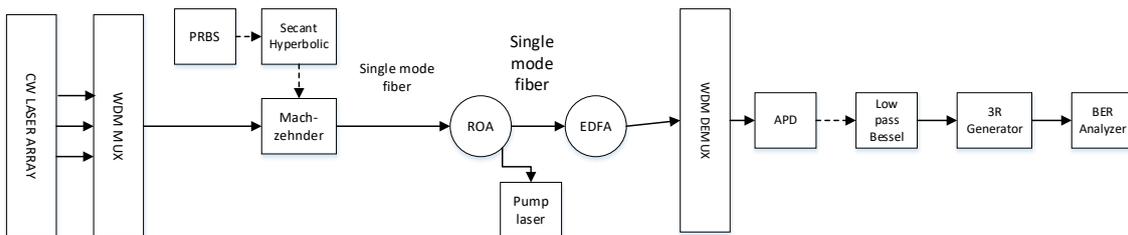
Peneliti melakukan uji unjuk kerja BER terhadap panjang serat optik dan perubahan daya laser. Panjang serat optik yang digunakan mulai dari 20 km, 60 km, 100 km. Perubahan daya laser dari -4, -2, 0, 2, 4 dBm atau mulai dari daya rendah ke daya tinggi. Peneliti melakukan perubahan penempatan penguat optik, ada 3 macam cara penempatan penguat optik mulai dari *booster amplifier* (ditempatkan setelah *transmitter*) cara tersebut dapat meningkatkan level daya sinyal.

Kedua *Inline amplifier* (ditempatkan di sepanjang link pada titik perantara) yang menggantikan regenerator elektronik. Ketiga *Preamplifier* (ditempatkan sebelum *receiver*) dapat meningkatkan daya yang diterima dan meningkatkan sensitivitas [12]. Ketiga penguat divariasikan menjadi 2 skenario yaitu Skenario *Booster-Preamplifier* dan Skenario *Inline-Preamplifier*.



Gambar 5. Skenario Booster-Preamplifier

Gambar 5 merupakan skema dari Skenario *Booster-Preamplifier*. Penguat ROA diletakkan pada posisi *Booster* dan penguat EDFA ditempatkan di *Preamplifier*



Gambar 6. Skenario Inline-Preamplifier

Gambar 6 menunjukkan penempatan penguat ROA di posisi *Inline* dan Penguat EDFA berada di posisi *Preamplifier*. Jadi dari setiap skenario akan dilakukan uji BER berdasarkan perubahan daya *input* dan perubahan panjang *link fiber* optik

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

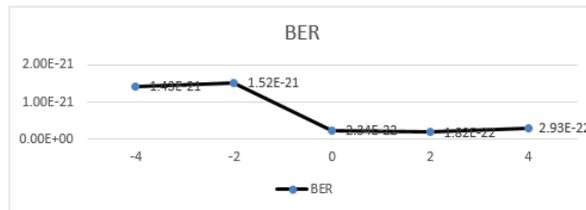
A. Unjuk Kerja BER Terhadap Perubahan Daya

Uji unjuk kerja BER terhadap perubahan daya dilakukan dengan menggunakan jarak yang sama yaitu 20 km.

Tabel 1. Booster-Preamplifier

Daya(dBm)	BER
-4	1.43E-21
-2	1.52E-21
0	2.34E-22
2	1.82E-22
4	2.93E-22

Tabel 1 merupakan hasil simulasi *Optisystem* dengan posisi penguat optik ROA pada *Booster* dan EDFA di *Preamplifier*. Perubahan daya dilakukan mulai dari daya terendah -4 dBm sampai daya tertinggi 4 dBm pada jarak yang sama yaitu 20 km.



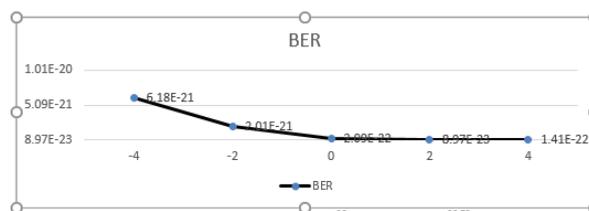
Gambar 7 Skenario Booster-Preamplifier

Gambar 7 menunjukkan grafik dari hasil simulasi pada Skenario *Booster-Preamplifier*. Peningkatan daya yang dilakukan membuat nilai BER meningkat dari 10^{-21} menjadi 10^{-22} yang artinya saat daya dinaikkan maka bit error rate menjadi lebih kuat kekuatan antar *bit*-nya. Sesuai standar ITU-T BER yang bagus memiliki nilai diatas 10^{-9} , pada jarak 20 km nilai BER telah memenuhi standar ITU-T dengan daya 4 dBm dengan BER paling baik.

Tabel 2. Inline-Preamplifier

Daya (dBm)	BER
-4	6.18E-21
-2	2.01E-21
0	2.09E-22
2	8.97E-23
4	1.41E-22

Tabel 2 menunjukkan hasil simulasi dengan penempatan posisi penguat optik yang berbeda. ROA berada di *Inline* dan EDFA berposisi di *Preamplifier*. Perubahan daya dilakukan mulai dari daya terendah -4 dBm sampai daya tertinggi 4 dBm pada jarak yang sama yaitu 20 km.



Gambar 8. Skenario Inline-Preamplifier

Gambar 8 menunjukkan grafik unjuk kerja *Bit Error Rate* (BER) pada posisi *Inline-preamplifier* hasilnya unjuk kerja BER semakin baik karena nilai BER semakin kecil seiring bertambahnya daya.

Peneliti membandingkan unjuk kerja *Bit Error Rate* (BER) terhadap perubahan daya antara dua skenario yaitu perbedaan yang terjadi adalah unjuk kerja BER pada *Inline-Preamplifier* memiliki nilai BER terbaik $8,97E-23$, sementara *Booster-Preamplifier* unjuk kerja terbaik $2,93E-22$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Inline-Preamplifier* memiliki unjuk kerja BER yang lebih baik pada perubahan daya karena semakin rendah nilai BER menunjukkan kelayakan sistem yang optimal.

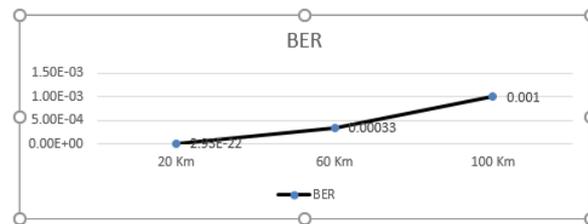
B. Unjuk Kerja BER Terhadap Perubahan Panjang Link Fiber Optik

Uji unjuk kerja BER ini menggunakan daya yang sama yaitu 4 dBm dengan perubahan panjang serat optik dari 20 km, 60 km, dan 100 km.

Tabel 3. Booster-Preamplifier

Link Optik	BER
20 Km	2.93E-22
60 Km	0.00033
100 Km	0.001

Tabel 3 adalah Skenario Booster-Preamplifier, posisi penguat optik ROA pada *Booster* dan EDFA di *Preamplifier*.



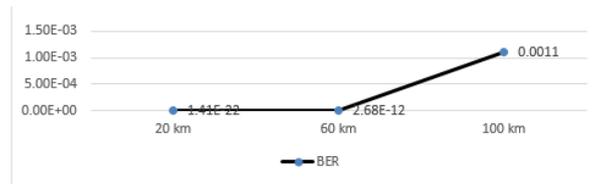
Gambar 9 Skenario Booster-Preamplifier

Gambar 9 merupakan grafik dari perubahan panjang link fiber optik pada Skenario *Booster-Preamplifier*. Standar nilai BER yang layak menurut ITU-T minimal 10^{-9} . Pada grafik terlihat panjang serat optik yang semakin meningkat menyebabkan nilai BER menjadi dibawah standar ITU-T, pada jarak 10 km unjuk kerja BER berada diatas standar yaitu $2,93E-22$. Mulai dari panjang serat 60 km sampai 100 km unjuk kerja BER meningkat menjadi 0,001 atau dibawah 10^{-9} . Hasil tersebut menunjukkan unjuk kerja *Bit Error Rate* paling optimal pada jarak dibawah 60 km.

Tabel 4. *Inline-Preamplifier*

Link Optik	BER
20 km	1.41E-22
60 km	2.68E-12
100 km	0.0011

Tabel 4 adalah hasil simulasi dari Skenario *Inline-Preamplifier*. Penguat ROA berada di *Inline* dan penguat EDFA berada di *Preamplifier*.



Gambar 10. Skenario Inline-Preamplifier

Gambar 10 menunjukkan grafik unjuk kerja BER pada Skenario *Inline-Preamplifier*. Panjang serat optik yang bertambah menyebabkan unjuk kerja BER semakin meningkat dibawah standar ITU-T. Peneliti menemukan perbedaan pada panjang serat optik 60 km unjuk kerja BER berada diatas standar minimal yaitu 2,68E-12, kemudian kembali berada dibawah standar pada 100 km dengan nilai 0,0011. Hasil ini menunjukkan *Inline-Preamplifier* memiliki unjuk kerja BER yang layak dari panjang serat optik 20 km sampai 60 km. Dibandingkan *Booster-Preamplifier* hanya sampai panjang serat optik 20 km saja unjuk kerja BER optimal.

V. KESIMPULAN

Melalui hasil simulasi yang telah dilakukan penulis mengambil kesimpulan bahwa Unjuk kerja BER pada *Inline-Preamplifier* memiliki nilai BER terbaik 8,97E-23, sementara *Booster-Preamplifier* unjuk kerja terbaik 2,93E-22. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Inline-Preamplifier* memiliki unjuk kerja BER yang lebih baik pada perubahan daya karena semakin rendah nilai BER menunjukkan kelayakan sistem yang optimal. *Inline-Preamplifier* memiliki unjuk kerja BER yang layak dari panjang serat optik 20 km sampai 60 km. Dibandingkan *Booster-Preamplifier* hanya sampai panjang serat optik 20 km saja unjuk kerja BER optimal.

KONTEN TERKAIT

Lampiran

Lampiran untuk artikel ini dapat diunduh melalui: http://journal.itelkom-pwt.ac.id/public/journals/1/v3n2/2._Lampiran_RP_2.pdf. Lampiran berisi: Gambar BER Analyzer *Booster-Preamplifier* pada jarak 20 km dengan daya -4 dBm, -2 dBm, 0 dBm, 2 dBm, 4 dBm; Gambar BER Analyzer *Inline-preamplifier* pada jarak 20 km dengan daya -4 dBm, -2 dBm, 0 dBm, 2 dBm, 4 dBm; Gambar BER Analyzer pada panjang serat 20 km, 60 km, 100 km dengan daya 4 dBm

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Lukman Leksono, S.Pd.,M.Pd selaku dosen wali yang telah memberikan referensi tentang jurnal penelitian yang berkaitan sehingga memudahkan tim penulis dalam mengumpulkan data. Selanjutnya Tim penulis berterima kasih kepada rekan – rekan kelas S1 TT 05 C yang telah membantu dalam memberi kritik dan saran agar karya tulis ini menjadi lebih baik.

KONTRIBUSI PENULIS

RPP Sebagai perancang simulasi dan menjalankan simulasi, KM melakukan review dan analisis hasil simulasi, EW menyusun skenario penelitian dan melakukan pengecekan simulasi agar sesuai skenario.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Zulherman, S. Utami, and F. Fahmi, "Comparative Analysis of Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) and Raman Optical Amplifier (ROA) in Nonlinear-CWDM System," *J. Infotel*, vol. 10, no. 3, p. 144, 2018.
- [2] S. Danaryani, Y. Syamsul, and I. Krisnadi, "Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik Dwdm L Band dengan Penguat Optikal Edfa," *Setrum*, vol. 4, no. 2, pp. 16–20, 2015.

- [3] A. Sudibyo, F. Khair, and D. Zulherman, "Analisis Unjuk Kerja Penguat Hybrid pada Sistem DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)," pp. 408–412, 2018.
- [4] L. M. M. Dwdm, "Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik," *Jnteti*, vol. 4, no. 3, 2015.
- [5] A. Hambali and B. Pamukti, "Performance analysis of hybrid optical amplifier in long-haul ultra-dense wavelength division multiplexing system," *ICCREC 2017 - 2017 Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy, Commun. Proc.*, vol. 2017-January, pp. 80–83, 2017.
- [6] A. Islamiq, I. A. Hambali, and A. D. Pambudi, "ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI POSISI PENGUAT OPTIK HYBRID SOA – EDFA (Semiconductor Optical Amplifier - Erbium Doped Fiber Amplifier) PADA SISTEM DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) BERBASIS SOLITON," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 132–139, 2017.
- [7] I. Poole, "Bit Error Rate, BER is a key parameter for measuring the performance of a data wired or wireless data channel.," *www.electronics-notes.com*.
- [8] Z. N. KARIMAH, A. HAMBALI, and S. SUWANDI, "Analisis Perbandingan Kinerja Mach-Zehnder berdasarkan Ragam Format Modulasi pada Jaringan FTTH," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 5, no. 1, p. 73, 2018.
- [9] G. P. Agrawal, *Fiber Optic Communication System*, Third Edit. New York: Wiley Interscience, 2002.
- [10] S. Singh, A. Singh, and R. S. Kaler, "Performance evaluation of EDFA, RAMAN and SOA optical amplifier for WDM systems," *Optik (Stuttg.)*, vol. 124, no. 2, pp. 95–101, 2013.
- [11] J. M. Senior, *Optical Fiber Communication Principle and Practice*, Third Edit. London: Pearson Education, 2009.
- [12] T. Saktioto, S. P. Dewi, R. F. Syahputra, O. Okfalisa, and S. Syamsudhuha, "Raman amplifier performance in pre-amplifier use for optical fiber communication systems," *Telkonnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 17, no. 5, pp. 2194–2199, 2019.