

ANALISA PERFORMANSI EFEK NON LINEARITAS FWM PADA SISTEM DWDM MENGGUNAKAN HYBRID AMPLIFIER

Raissa Zahira¹, Hanafi², Muhammad³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: raisazahira17@gmail.com¹, hanafi_hf@pnl.ac.id², cekm4d@yahoo.com³

Abstrak – Semakin beragamnya layanan informasi, tuntutan kehandalan jaringan yang memadai, dan persaingan antar pemberi layanan telekomunikasi yang semakin ketat berakibat pada meningkatnya tuntutan sistem transmisi yang memiliki kapasitas *bandwidth* besar dan kualitas yang tinggi. Untuk sebagian besar kasus, *multiplexing* pembagian panjang gelombang (WDM) tampaknya menjadi solusi yang menjanjikan. Pilihan penguat optik, seperti *Hybrid Amplifier* yang tepat dapat meningkatkan sistem komunikasi serat optik *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa sistem komunikasi serat optik DWDM terhadap pengaruh *nonlinearitas Four Wave Mixing* (FWM) menggunakan *Hybrid Optical Amplifier* dan tanpa *Hybrid Optical Amplifier*. Efek *non-linear* seperti FWM menyebabkan interferensi antara gelombang optik, yang mengakibatkan *noise* tambahan dan gangguan pada sinyal yang dapat mempengaruhi kualitas transmisi. Penelitian ini menggunakan metode simulasi menggunakan *software optysistem*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa jarak yang menghasilkan *Q-Factor* yang paling baik yaitu 13,35 pada jarak 30 km dan nilai BER yang paling baik yaitu pada jarak 30 km menggunakan *Hybrid Optical Amplifier* sesuai dengan standarisasi ITU-T, sementara hasil yang paling buruk yaitu pada jarak 180 km hingga 200 km.

Kata-kata kunci: DWDM, Optisystem, Four Wave Mixing, Q-Factor, BER.

Abstract – The increasing diversity of information services, demands for adequate network reliability, and increasingly tight competition between telecommunication service providers have resulted in increasing demands for transmission systems that have large bandwidth capacity and high quality. For most cases, wavelength division multiplexing (WDM) seems to be a promising solution. The right choice of optical amplifier, such as Hybrid Amplifier, can improve the performance of the DWDM fiber optic communication system against the effect of Four Wave Mixing (FWM) nonlinearity using Hybrid Optical Amplifier and without Hybrid Optical Amplifier. Non-linear effects such as FWM cause interference between optical waves, which results in additional noise and interference to the signal that can affect transmission quality. This study uses a simulation method using optysistem software. The simulation results show that the distance that produces the best Q-Factor is 13.35 at a distance of 30 km and the best BER value is at a distance of 30 km using Hybrid Optical Amplifier according to ITU-T standards, while the worst results are at a distance of 180 km to 200 km.

Keywords: DWDM, Optisystem, Four Wave Mixing, Q-Factor, BER.

I. PENDAHULUAN

Semakin beragamnya layanan informasi, tuntutan kehandalan jaringan yang memadai, dan persaingan antar pemberi layanan telekomunikasi yang semakin ketat berakibat pada meningkatnya tuntutan sistem transmisi yang memiliki kapasitas *bandwidth* besar dan kualitas yang tinggi. Untuk sebagian besar kasus, *multiplexing* pembagian panjang gelombang *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) tampaknya menjadi solusi yang menjanjikan. Dalam WDM, beberapa panjang gelombang berbeda ditransmisikan melalui satu serat mode tunggal pada waktu yang bersamaan [1].

Teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) adalah teknologi yang memanfaatkan sistem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) yang sudah ada dengan memultiplekskan

sumber-sumber sinyal yang ada. Menurut definisi, teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan *transport* yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang dalam satu *fiber* tunggal [2].

DWDM tampaknya menjadi solusi yang menjanjikan dikarenakan mampu mentransmisikan beberapa panjang gelombang melalui satu serat mode tunggal pada waktu yang bersamaan [1]. Meski komunikasi jarak jauhnya memiliki kerentanan terhadap nilai *Bit Error Rate* (BER) dan BER yang relatif tinggi, keberadaan *optical amplifier* seperti *Hybrid Optical Amplifier* (HOA) menjadi salah satu solusi untuk permasalahan ini [3].

Berdasarkan penelitian dari berbagai referensi bahwa, dibalik kelebihan dari teknologi DWDM terdapat pula kelemahannya. Salah satu kelemahannya

adalah efek *non-linearitas* yang disebabkan oleh tidak linearnya medium dari serat optik yang memengaruhi kinerja teknologi tersebut, seperti efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM) [1]. Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi *non-linearitas four wave mixing* (FWM) pada DWDM sistem komunikasi serat optik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem komunikasi serat optik umumnya terdiri dari sumber cahaya, kabel serat optik, dan fotodetektor. Sumber cahaya merupakan pembangkit cahaya pada sistem komunikasi serat optik. Ada dua jenis sumber cahaya yang digunakan untuk mengirimkan informasi cahaya melalui serat optik: LED (*light emitting diode*) dan laser (penguatan cahaya dengan stimulasi emisi radiasi).

Serat optik merupakan media transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus, dan dapat digunakan untuk mentransmisi sinyal cahaya. Pada prinsipnya, serat optik memantulkan dan membiaskan sejumlah cahaya yang merambat di dalamnya. Serat optik memiliki *bandwidth* yang besar sehingga prosestransmisi data menjadi lebih banyak dan lebih cepat, sehingga sesuai digunakan dalam aplikasi sistem telekomunikasi [4].

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) mampu mentransmisikan beberapa panjang gelombang melalui satu serat mode tunggal pada waktu yang bersamaan [1]. Pada sistem jaringan DWDM digunakan perangkat *multiplexer* dan *demultiplexer* untuk menyatukan dan memisahkan gelombang kembali.

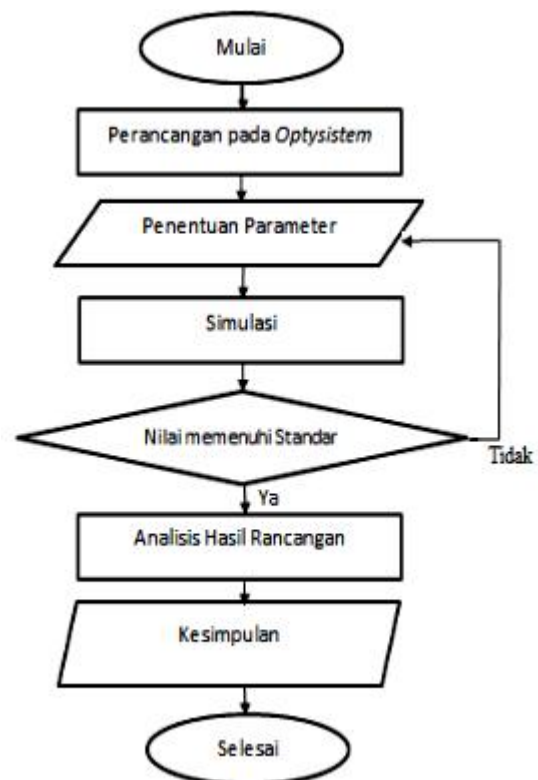
Dalam sistem komunikasi serat optik, *loss management* memegang peranan penting dalam keberhasilan sebuah koneksi telekomunikasi. *Optical amplifier* atau penguat optik merupakan salah satu upaya dalam *loss management* tersebut [5].

III. METODOLOGI

Pada penelitian ini dibuat model sistem jaringan DWDM terhadap pengaruh seperti efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM). Model sistem yang dirancang bekerja pada panjang gelombang 1550 nm. Perancangan model sistem dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *OptiSystem 7.0* untuk simulasi. Data yang diperoleh dalam penelitian diukur menggunakan BER Analyzer. Dalam melakukan penelitian diperlukan tahapan yang sistematis. Gambar 1 merupakan diagram alir dari tahap penelitian.

Penelitian dimulai dengan merancang model sistem jaringan DWDM terhadap pengaruh seperti efek *non-linearitas fiber* FWM, dan kemudian menentukan parameter sistem. Simulasi model sistem dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *OptiSystem*. Kemudian verifikasi bahwa sistem telah sesuai dengan nilai $BER \leq 10^{-9}$ yang telah distandarisasi oleh ITU-T dan nilai $Q\text{-Factor} \geq 6$. Kemudian model sistem disimulasikan berdasarkan skenario variasi

menggunakan *hybrid optical amplifier* dan tanpa *hybrid optical amplifier* pada jarak diatas 30 km hingga 200 km.



Gbr. 1 Diagram Alir Penelitian

A. Parameter Performansi

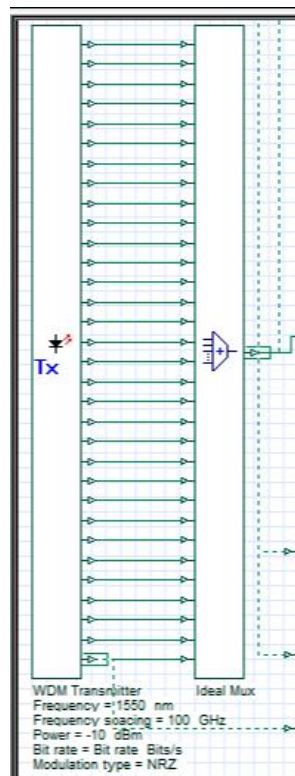
Pada semua jenis sistem transmisi data, $Q\text{-Factor}$ merupakan parameter yang harus diperhatikan. $Q\text{-factor}$ digunakan untuk menunjukkan seberapa bagus atau tidaknya kualitas jaringan yang ditransmisikan.

Bit Error Rate (BER) didefinisikan sebagai tingkat dimana kesalahan terjadi dalam sistem transmisi. Secara umum pada jaringan komunikasi optik, nilai BER yang harus dipenuhi adalah $BER \leq 10^{-12}$. Artinya untuk setiap 10^{-6} sampai 10^{-12} bit data yang dikirim, hanya terjadi satu *bit error*. BER juga disebut dengan *error probability (Pe)*, atau probabilitas munculnya *error* dalam transmisi data. Setiap bit data yang diterima oleh penerima memiliki probabilitas 0 dan 1 bit yang seimbang [5]. Aplikasi pada ITU-T G.691, ITU-T G.692 dan ITU-T G.959.1 menyatakan bahwa sistem optik harus didesain dengan nilai BER tidak besar dari 10^{-12} .

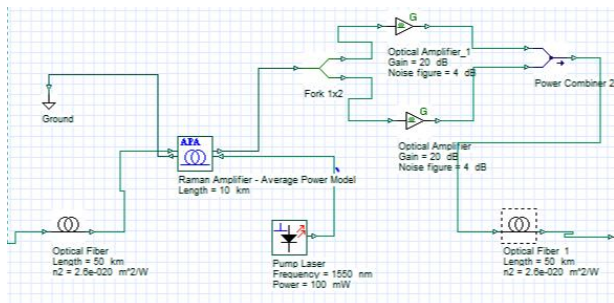
B. Model Sistem

Model Sistem Jaringan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) terhadap pengaruh seperti efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM) pada software *Optisystem 7.0* dapat dilihat pada Gambar 2 (Blok Pengirim), Gambar 3 (Sistem Blok Transmisi), dan Gambar 4 (Blok Penerima). Untuk mendapatkan

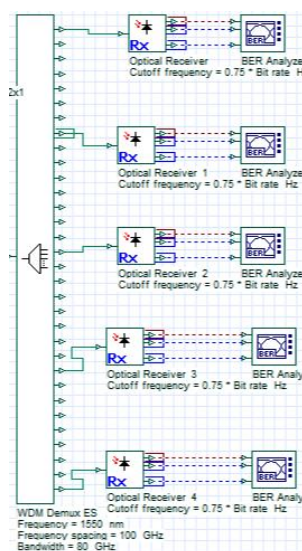
kelayakan dalam penelitian maka peneliti mengambil nilai BER dan Q -factor sesuai dengan ketentuan ITU-T.



Gbr. 2 Blok Pengirim



Gbr. 3 Blok Transmisi



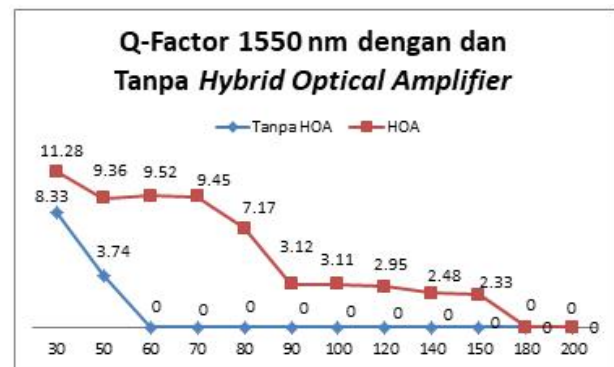
Gbr. 4 Blok Penerima

Model Sistem Jaringan DWDM terhadap pengaruh seperti efek *non-linearitas fiber* FWM dan *Hybrid Optical Amplifier* ini menggunakan bit rate 10 Gbps pada panjang gelombang 1550 nm untuk disimulasikan dalam jarak 30-200 km.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kualitas performansi Sistem Jaringan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) terhadap pengaruh seperti efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM) berdasarkan parameter pertimbangan *Bit Error Rate* (BER) dan Q -Factor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 adalah hasil simulasi Sistem Jaringan DWDM terhadap pengaruh efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM) dengan jarak 30 km hingga 200 km.



Gbr. 5 Q -factor Sistem Jaringan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) terhadap pengaruh efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM) dengan Hybrid Amplifier dan Tanpa Penguat Hybrid Amplifier

Dari data pada Gambar 5 dapat dianalisa bahwa Q -factor semakin menurun jika panjang *link* yang dilewati semakin jauh. Ini disebabkan oleh dispersi/loss yang terjadi ketika panjang *link* semakin jauh juga semakin besar. Pada skema pengujian tanpa amplifier jarak diatas 30 km tidak memenuhi standard kelayakan yaitu sebesar 3,74. Sedangkan pada saat menggunakan *Hybrid optical amplifier* pada jarak diatas 80 km, standar kelayakannya yaitu 3,12, dimana berdasarkan ITU-T bahwa minimal nilai Q -factor adalah ≥ 6 .

Namun di sisi lain semakin besar *bit rate* yang digunakan maka semakin menurun pula nilai Q -factor nya. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi *bit rate* maka data yang dikirimkan perdetiknya semakin banyak sehingga *delay* yang terjadi semakin besar. Nilai Q -factor pada jarak di atas 150 km bernilai 0, disebabkan oleh panjang *link* yang dilewati terlalu jauh sehingga besarnya dispersi/loss terjadi terlalu besar. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan bahwa sistem tersebut hanya dapat digunakan hingga jarak 80 km untuk mendapatkan hasil yang distandarisasi oleh ITU-T yaitu ≥ 6 .

BER sistem DWDM dengan pangaruh FWM seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel I
Bit Error Rate 4-QAM

Jarak	Nilai BER dengan <i>Hybrid Optical Amplifier</i>	Nilai BER Tanpa <i>Hybrid Optical Amplifier</i>
30 Km	7.71×10^{-30}	3.84×10^{-17}
50 Km	3.68×10^{-21}	9.03×10^{-5}
60 Km	7.67×10^{-22}	1
70 Km	1.46×10^{-21}	1
80 Km	3.56×10^{-13}	1
90 Km	7.96×10^{-4}	1
100 Km	8×10^{-4}	1
120 Km	1.33×10^{-3}	1
140 Km	5.65×10^{-3}	1
150 Km	8.65×10^{-3}	1
180 Km	1	1
200 Km	1	1

Nilai BER menurun pada jarak diatas 80 km, yaitu sebesar $7,96 \times 10^{-4}$ pada jarak 90 km. Nilai tersebut tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh ITU-T karena dibawah nilai 10^{-9} . Sedangkan nilai BER paling buruk pada jarak di atas 150 km, yaitu 1. Ini berarti semua data yang dikirimkan mengalami *error*. Saat tidak menggunakan penguat, nilai BER diperoleh pada jarak 50 km sebesar $9,03 \times 10^{-5}$. Nilai tersebut tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh ITU-T karena dibawah nilai 10^{-9} . Sedangkan nilai BER paling buruk yaitu pada jarak di atas 50 km yaitu 1 yang berarti dari semua data yang dikirimkan *error*. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan bahwa sistem tersebut hanya dapat digunakan hingga jarak 30 km untuk mendapatkan hasil yang distandarisasi oleh ITU-T yaitu 10^{-9} .

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *Hybrid Optical Amplifier* meningkatkan kualitas jarak transmisi

dibandingkan jika tidak menggunakan *Hybrid Optical Amplifier*.

2. Semakin jauh jarak informasi yang dikirim maka sistem akan lebih rentan terhadap gangguan dan noise. Sehingga mengakibatkan nilai BER meningkat dan nilai *Q-Factor* menurun.
3. Penggunaan Sistem Jaringan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) terhadap pengaruh efek *non-linearitas fiber* yaitu *Four Wave Mixing* (FWM) menggunakan *optical amplifier* memberikan peningkatan fungsionalitas yang signifikan pada jarak dibawah 80 km dibandingkan dengan jarak lainnya. Hal ini dibuktikan pada pengukuran jarak diatas 80 km, disebabkan oleh panjang link yang dilewati semakin jauh dan menimbulkan *dispersi loss* yang semakin besar.

REFERENSI

- [1] Ditya, H. D., Hambali, A., & Pambudi, A. D. (2017). Analisis dan Simulasi Efek Non Linier Three Wave Mixing Pada Link Dense Wavelength Division Multiplexing (dwdm) Sistem Komunikasi Serat Optik. *eProceedings of Engineering*, 4(2).
- [2] Yamato, Y., & Wismiana, E. (2013). Teknologi Dense Wavelength Division Multiplexing (Dwdm) pada Jaringan Optik. *Jurnal Teknik| Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, 14(2).
- [3] Fadila, T., Hambali, A., & Pamukti, B. (2018). Analisis Karakteristik Gain Hybrid Optical Amplifier (FRA-EDFA) pada Sistem DWDM. *Prosiding SENIATI*, 4(1), 301-306.
- [4] Agrawal, G. P. (2012). *Fiber-optic communication systems*. John Wiley & Sons.
- [5] Llorente, R., & Beltrán, M. (2010). Radio-over-fibre techniques and performance. *Frontiers in Guided Optics and Optoelectronics*, 119-138.