

Analisis Pengaruh Peletakan Kompensator Dispersi Dengan *Fiber Bragg Grating* pada Sistem Jaringan *Radio Over Fiber*

Adrian Satria Permana, Dr.Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. , Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T.
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email: adrian.satria.permana@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak - Teknologi Radio Over Fibre (RoF) adalah sistem integrasi antara jaringan serat optik dan komunikasi wireless broadband. Teknologi RoF merupakan solusi potensial untuk peningkatan kapasitas dan mobilitas jaringan akses. Pada sistem transmisi RoF menggunakan kabel serat optik sebagai media transmisi data terjadi kosekuensi pelebaran pulsa, bila pelebaran ini dibiarkan akan memungkinkan terjadi Intersymbol Interference (ISI) yang menyebabkan pulsa output pada sistem menjadi tumpang tindih dan membuatnya tidak terdeteksi. Berdasarkan permasalahan itu, dirancang sebuah sistem komunikasi RoF dengan menggunakan kompensator dispersi Fiber Bragg Grating pada simulasi software Optisystem dan menganalisis sistem terhadap parameter-parameter seperti BER, Q-Factor, dan Loss. Berdasarkan hasil simulasi pengaruh peletakan FBG pada sistem transmisi RoF menggunakan line coding NRZ pada panjang serat optik 10 km, RF carrier 3,5 GHz, dan bit rate 10 Gbps, didapatkan nilai BER $5,242 \times 10^{-15}$, Q-factor 7,73281 dan nilai loss 2,561 dBm.

Kata Kunci: *Radio over Fiber, Fiber Bragg Grating, Long Houl Telecommunications Systems*

ABSTRACT

Abstract - *Radio over Fiber (RoF) is an integrated system between fiber-optic network and wireless broadband communications. RoF technology is a potential solution for capacity and mobility improvement in access networks. Using fiber optic cables as data transmission medium have problems pulse width extension it's mean dispersion, if this widening is allowed, will occur Intersymbol Interference (ISI) which causes the output pulses in the system to overlap and undetected signal. Based on that problem, based on that problem, RoF communication system using Fiber Bragg Grating dispersion compensator on Optisystem software simulations and system effects on parameters such as BER, Q-Factor, and Loss. according to the data simulation of the effect of NRZ line coding format on fiber link length of 90 km, 3.5 GHz RF carrier, and 10 Gbps bit rate. The value of BER that had been obtained is $5,242 \times 10^{-15}$, Q-factor 7,73281 and loss 2,561 dBm.*

Keywords: *Radio over Fiber, Fiber Bragg Grating, Long Houl Telecommunications Systems*

I. PENDAHULUAN

Saat ini, tuntutan kebutuhan telekomunikasi dengan kecepatan tinggi merupakan kenyataan yang tidak dapat dihindari, hal ini ditunjukkan adanya fasilitas komunikasi yang berbasis multimedia, tingginya tuntutan ditunjukkan adanya perubahan, pada tahun 2010 pelanggan semakin fokus pada layanan data, sekitar 10% kenaikan lalu lintas layanan data yang terjadi [1].

Jaringan akses pada generasi selanjutnya membutuhkan konvergensi dari kabel serat optik dan layanan nirkabel. Teknologi *Radio over Fiber* (RoF) adalah solusi potensial untuk peningkatan kapasitas dan mobilitas serta penurunan biaya dalam jaringan akses.

Dalam sistem transmisi *Radio over Fiber* (RoF) menggunakan kabel serat optik, terjadi konsekuensi pelebaran pulsa yang dikenal dengan dispersi, elemen seperti *numerical aperture*, diameter inti, nilai indeks bias, dan lebar spektral

laser menyebabkan pelebaran pulsa. Jika pelebaran format sinyal ini dibiarkan memungkinkan terjadi *Intersymbol Interference* (ISI) yang menyebabkan pulsa *output* pada sistem menjadi tumpang tindih dan membuatnya tidak terdeteksi [2].

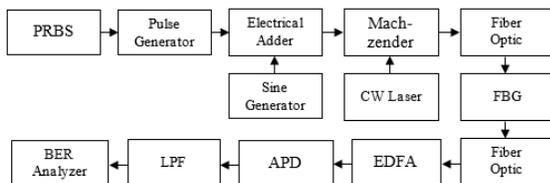
Pada serat optik selain terjadinya dispersi pada saat proses transmisi terjadi juga penurunan level daya sinyal, semakin jauh di transmisikan akan semakin turun level daya sinyalnya. Sinyal yang ditransmisikan harus mempertahankan level daya sinyal tersebut, sehingga arus elektronik *receiver* dapat mendeteksi sinyal dengan baik. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) untuk menaikkan level daya sinyal. Prinsip kerja EDFA sumber optik (CW laser) sebagai cahaya sinyal masukan dan laser *pumping* sebagai sinyal *pumping* digabungkan menggunakan *pump coupler* [3]

Peletakan FBG, EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*), dan panjang dari FBG pada sistem optik memiliki peran yang sangat penting. Saat FBG bersama dengan EDFA digunakan pada ujung dari *transmitter* pada sistem transmisi serat optik, kinerja yang dihasilkan lebih baik dibandingkan saat FBG dan EDFA diletakkan pada ujung *receiver* [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian ini untuk merancang dan menganalisis komunikasi RoF dengan menggunakan FBG.

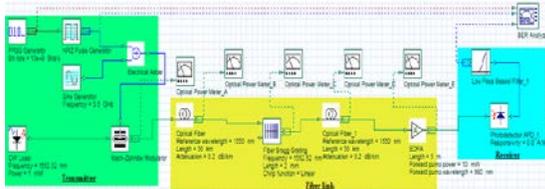
II. METODE PENELITIAN

Perancangan diagram blok sistem digunakan untuk perancangan dan simulasi pada *software Optisystem*. Diagram blok ditunjukkan oleh Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram sistem pada Gambar 1, konfigurasi simulasi menggunakan *software Optisystem* dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Konfigurasi Simulasi Pada Optisystem

Pada penelitian ini menggunakan 2 skema konfigurasi, yang pertama menggunakan NRZ *pulse generator* untuk format *line coding NRZ*, sedangkan yang kedua menggunakan RZ *pulse generator* untuk format *line coding RZ pulse generator*.

A. Pengaruh *bit rate* terhadap transmisi

untuk mengetahui pengaruh *bit rate* terhadap jarak transmisi pada sistem komunikasi RoF. Maka dibuat 2 konfigurasi simulasi pada *software Optisystem*. Untuk konfigurasi yang pertama menggunakan format *bit rate* 5 Gbps dengan *line coding NRZ* dan RZ, sedangkan untuk konfigurasi yang kedua menggunakan format *bit rate* 10 Gbps dengan *line coding NRZ* dan RZ. Kemudian untuk variasi panjang serat optik yang digunakan sama,

yaitu 10 sampai 100 km dengan rentang 10 km dan dengan sinyal RF *Carrier* yang sama yaitu 3,5 GHz.

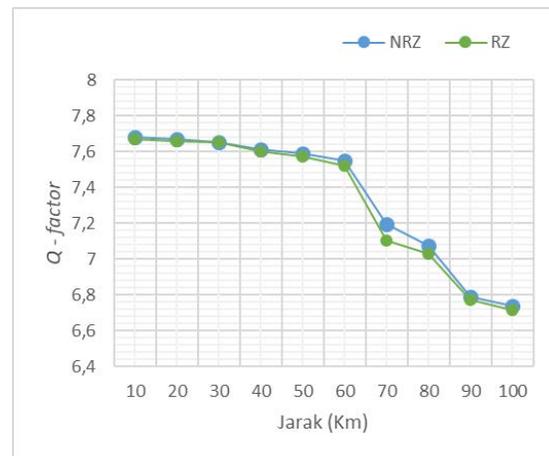
B. Pengaruh peletakan FBG pada sistem RoF

Untuk menganalisis performa pada pengaruh peletakan FBG pada sistem transmisi RoF. Maka dibuat 2 konfigurasi simulasi pada *software Optisystem*. Untuk konfigurasi yang pertama menggunakan format *bit rate* 5 Gbps dengan *line coding NRZ* dan RZ, sedangkan untuk konfigurasi yang kedua menggunakan format *bit rate* 10 Gbps dengan *line coding NRZ* dan RZ. Kemudian untuk variasi panjang serat optik yang digunakan sama, yaitu 10 sampai 100 km dengan rentang 10 km, lalu untuk FBG yang digunakan sama yaitu *Chirped FBG*, kemudian untuk EDFA yang digunakan sama yaitu dengan *pump power* 10 Mw dengan panjang gelombang 980 nm dan kemudian sinyal RF *Carrier* yang digunakan sama yaitu 3,5 GHz.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Pengaruh *bit rate* terhadap jarak transmisi

Pengaruh semakin besar maka nilai *bit rate* maka semakin pendek jarak transmisi.

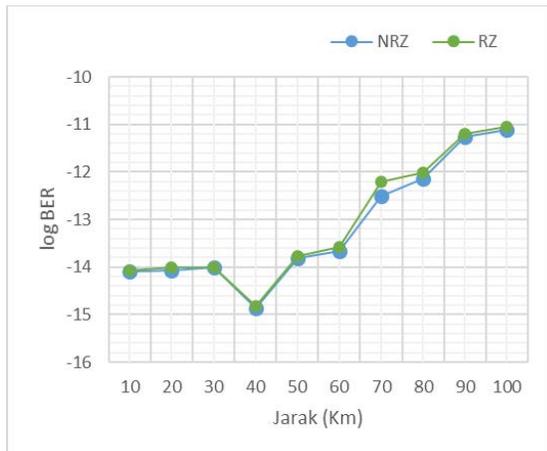


Gambar 3. Grafik pengaruh jarak terhadap *Q-factor*

Nilai *Q-factor* merupakan gambaran kuantitatif dari kualitas sinyal optik dan berhubungan dengan BER. *Q-factor* dapat digunakan untuk mengevaluasi pelemahan propagasi yang disebabkan oleh dispersi.

Pada gambar 3 pada *bit rate* 5 Gbps dengan *line coding NRZ* dan RZ terlihat bahwa semakin jauh jarak transmisi, nilai *Q-factor* semakin kecil. Nilai *Q-factor* tertinggi yang didapatkan *line coding*

NRZ dan RZ yaitu pada jarak 10 km sebesar 7,67775 dan 7,66844.



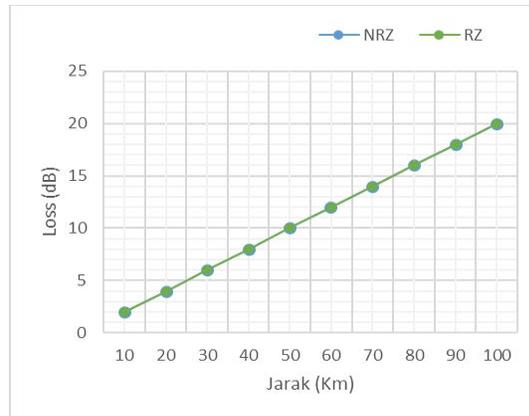
Gambar 4. Grafik pengaruh jarak terhadap BER

BER adalah nilai perbandingan dari nilai bit yang salah saat proses transmisi berlangsung. Dihitung dari sisi penerima, agar diperoleh kualitas sinyal yang baik maka nilai BER harus kecil. Kosekuensi dari nilai BER yang tinggi adalah data yang diterima menjadi tidak sama dengan data yang dikirimkan.

Nilai BER yang tinggi disebabkan dari penambahan jarak yang mengakibatkan pelebaran pulsa sehingga terjadi Intersymbol Interference (ISI) yang mengakibatkan bertambahnya error bit. Nilai BER yang didapatkan line coding NRZ dan RZ pada jarak 10 km yaitu $8,0906 \times 10^{-15}$, dan $8,6717 \times 10^{-15}$.

Dari data hasil percobaan dengan menggunakan format line coding NRZ pada panjang serat optik 10 km, didapatkan nilai BER $8,0906 \times 10^{-15}$ dengan nilai Q-factor sebesar 7,67775. Secara sistematis, nilai BER yang dihasilkan Q-factor dapat dibuktikan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{\sqrt{2\pi Q}} e^{-\frac{Q^2}{2}} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi(7,67775)}} e^{-\frac{(7,67775)^2}{2}} \\
 &= 2,28 \times 10^{-14}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Grafik pengaruh jarak terhadap loss

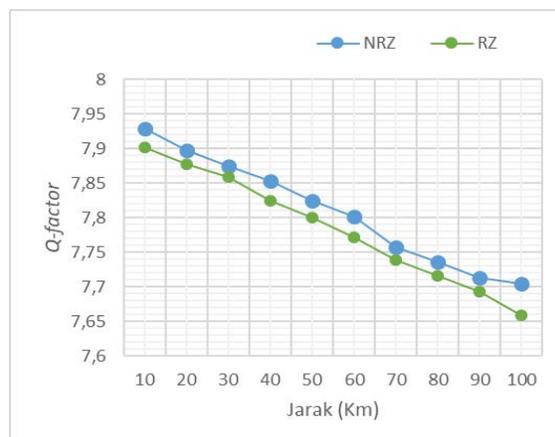
Nilai Loss (dBm) adalah perbedaan daya yang input dengan daya output. Loss terjadi dikarenakan adanya redaman sistem dan dispersi pada serat optik. Besarnya loss tergantung dari jarak yang ditempuh dan karakteristik bahan serat optik.

Berdasarkan gambar 5 pada bit rate 10 Gbps, nilai loss terendah yang didapatkan line coding NRZ dan RZ pada jarak 10 km yaitu 2 dBm, ketika semakin jauh jarak yang ditransmisikan maka loss yang dihasilkan semakin besar dengan kenaikan nilai loss secara linier.

Dari data hasil percobaan dengan menggunakan format line coding NRZ pada panjang serat optik 10 km, didapatkan nilai loss sebesar 2 dBm. Secara sistematis, nilai loss yang dihasilkan dapat dibuktikan dengan persamaan:

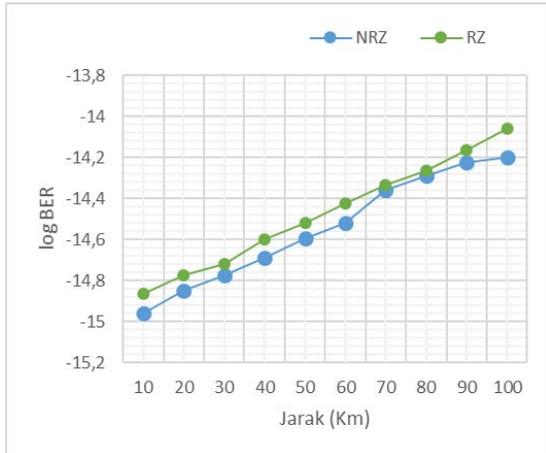
$$\begin{aligned}
 \text{Loss (dBm)} &= P_{in} \text{ (dBm)} - P_{out} \text{ (dBm)} \\
 &= -3,231 - (-5,231) \\
 &= 2,001 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

B. Analisis pengaruh peletakan kompensator dispersi FBG



Gambar 6. Grafik pengaruh peletakan FBG terhadap Q-factor

Berdasarkan gambar 6 pada bit rate 5 Gbps, nilai Q-factor tertinggi dengan line coding NRZ pada jarak 10 km yaitu 7,92864, sedangkan nilai Q-factor tertinggi dengan line coding RZ pada jarak 10 km yaitu 7,90213. Dengan FBG dan EDFA terjadi perbaikan nilai Q-factor dibandingkan tanpa menggunakan FBG dan EDFA pada bit rate 5 Gbps.

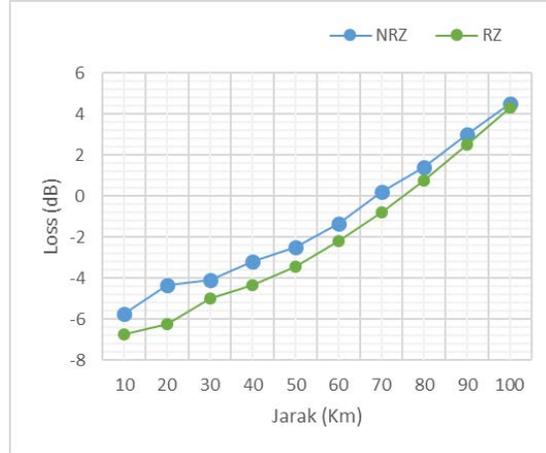


Gambar 7. Grafik pengaruh peletakan FBG terhadap BER

Berdasarkan gambar 7 pada bit rate 5 Gbps, nilai BER terendah yang didapatkan line coding NRZ pada jarak 10 km yaitu $1,0981 \times 10^{-15}$, BER terendah yang didapatkan line coding NRZ pada jarak 10 km yaitu $1,3664 \times 10^{-15}$. Dengan FBG dan EDFA terjadi perbaikan nilai BER dibandingkan tanpa menggunakan FBG dan EDFA pada bit rate 5 Gbps.

Dari data hasil percobaan dengan menggunakan format line coding RZ pada panjang serat optik 10 km, didapatkan nilai BER $1,3664 \times 10^{-15}$ dengan nilai Q-factor sebesar 7,90213. Secara sistematis, nilai BER yang dihasilkan Q-factor dapat dibuktikan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}Q} e^{-\frac{Q^2}{2}} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi(7,90213)}} e^{-\frac{(7,90213)^2}{2}} \\
 &= 3,9135 \times 10^{-15}
 \end{aligned}$$



Gambar 8. Grafik pengaruh peletakan FBG terhadap loss

pada bit rate 5 Gbps, nilai loss terendah yang didapatkan line coding NRZ 10 km yaitu 2,671 dBm. dan RZ pada jarak 10 km yaitu 2,667 dBm. Dengan menggunakan FBG nilai loss semakin tinggi jika dibandingkan tanpa menggunakan FBG.

Dari data hasil percobaan dengan menggunakan format line coding RZ pada panjang serat optik 10 km, didapatkan nilai loss sebesar 2,667 dB. Secara sistematis, nilai loss yang dihasilkan dapat dibuktikan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Loss (dBm)} &= P_{in} \text{ (dBm)} - P_{out} \text{ (dBm)} \\
 &= -5,214 - (-7,881) \\
 &= 2,667 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Tetapi dengan EDFA level daya sinyal membaik

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= -7,881 \text{ dBm} & P_{EDFA} &= 1,556 \text{ dBm} \\
 &= 1W \times 10^{(-7,881/10)/1000} & &= 1W \times 10^{(1,556/10)/1000} \\
 &= 162,89 \times 10^{-6} \text{ W} & &= 1430,87 \times 10^{-6} \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Amplification P signal} &= P_{EDFA} / P_{out} \\
 &= 1430,87 \times 10^{-6} \text{ W} / 162,89 \times 10^{-6} \text{ W} \\
 &= 8,78x
 \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang mengacu pada ITU-T sesuai standard nilai BER 10-9 sampai 10-15 dan nilai Q-factor minimal 6. Pengaruh peletakan kompensator dispersi Fiber Bragg Grating (FBG) pada bit rate 5 dan 10 Gbps dengan line coding NRZ dan RZ, maka dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- Pengaruh jarak transmisi terhadap bit rate dilihat dari parameter Q-factor dengan nilai minimal 6, penggunaan bit rate 5 Gbps dengan line coding NRZ dan RZ mampu mentransmisikan sampai dengan jarak 100 km,

sedangkan pada bit rate 10 Gbps dengan NRZ dan RZ hanya mampu mentransmisikan sampai dengan jarak 90 km.

- Penggunaan kompensator dispersi FBG memperbaiki pelebaran pulsa yang terjadi tetapi nilai loss lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan FBG.
- Penggunaan EDFA akan memperbaiki atau menguatkan level daya sinyal.
- Pada bit rate 5 Gbps NRZ pada jarak 10 km, nilai Q-factor yang didapatkan sebesar 7.92864, BER $1,0981 \times 10^{-15}$ and loss 2,667 dBm, tetapi dengan EDFA nilai level daya sinyal membaik dilihat dari Pout/PEDFA $1430,87 \times 10^{-6} \text{ W} / 162,89 \times 10^{-6} \text{ W} = 8,78x$ penguatan level daya signal.
- Pada bit rate 10 Gbps RZ pada jarak 10 km, nilai Q-factor yang didapatkan sebesar 7.73281, BER $5,242 \times 10^{-15}$ and loss 2,561 dBm, tetapi dengan EDFA nilai level daya sinyal membaik dilihat dari Pout/PEDFA $1401,2 \times 10^{-6} \text{ W} / 154,1 \times 10^{-6} \text{ W} = 9,09 x$ penguatan level daya signal.

B. SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada skripsi ini saran yang dapat diberikan adalah:

1. Transmisi sistem RoF dengan *bit rate* 40 Gbps dapat pada frekuensi 5G.
2. Menggunakan beberapa kompensator dispersi FBG.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] EY. 2015. *Global telecommunications study: navigating the road to 2020*.
- [2] Abramczyk, Halina. *Dispersion phenomena in optical fiber*. Max Born Institute: Berlin.
- [3] Dutton, H. J. R. 1998. *Understanding Optical Communications*. International Business Machines Corporation.
- [4] Sharma, E. A., Singh, E.S., & Sharma, E. B. 2013. *Investigation Dispersion Compensator using Fiber Bragg Grating in Optical Fiber Communication System*. International Journal of Computer Applications, Vol. 126.