

**ANALISIS PENGARUH PELETAKAN KOMPENSATOR DISPERSI
DENGAN *FIBER BRAGG GRATING* PADA SISTEM JARINGAN
*RADIO OVER FIBER***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ADRIAN SATRIA PERMANA

NIM. 135060301111086

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PELETAKAN KOMPENSATOR DISPERSI
DENGAN *FIBER BRAGG GRATING* PADA SISTEM JARINGAN
*RADIO OVER FIBER***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Adrian Satria Permana
NIM. 135060301111086**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.
NIP. 19530714 198203 1 003

Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T
NIP. 19580728 198701 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19730520 200801 1 013

JUDUL SKRIPSI :

ANALISIS PENGARUH PELETAKAN KOMPENSATOR DISPERSI DENGAN *FIBER BRAGG GRATING* PADA SISTEM JARINGAN *RADIO OVER FIBER*

Nama Mahasiswa : Adrian Satria Permana

NIM : 135060301111086

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.

Anggota : Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T.

TIM DOSES PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Gaguk Asmugi, ST., MT.

Dosen Penguji 2 : Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng.

Dosen Penguji 3 : Ir. Wahyu Adi Prijono, M.S.

Tanggal Ujian : 26 April 2018

SK Penguji : No. 869/UN10.F07/SK/2018

Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:

Ayahanda dan Ibunda tercinta

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 26 April 2018

Mahasiswa,

ADRIAN SATRIA PERMANA

NIM. 13506030111108

ABSTRAK

Adrian Satria Permana, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 26 April 2018, Analisis Pengaruh Peletakan Kompensator Dispersi *Fiber Bragg Grating* pada Sistem Jaringan *Radio Over Fiber*, Dosen Pembimbing: Dr.Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S., dan Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T.

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

Adrian Satria Permana, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, 26 April 2018, *Analysis of the Effect Using Compensator Dispersion Fiber Bragg Grating on Radio over Fiber Network Systems*, Academic Supervisor: Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. and Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T.

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

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Peletakan Kompensator Dispersi *Fiber Bragg Grating* Pada Sistem Jaringan *Radio Over Fiber*” dengan baik. Tak lepas shalawat serta salam tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi yang mengharapkan rahmat dan hidayah-Nya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

- Keluarga tercinta, kedua orang tua Agung Wicaksono, Diah Tritunggariani, serta kedua adik tersayang Nisrina Nurlathifah, dan Rofi Hanif Firjatullah.
- Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universtias Brawijaya.
- Ibu Ir. Nurussa’adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universtias Brawijaya.
- Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ibu Rusmi Ambarwati, S.T., M.T. selaku KKDK Telekomunikasi Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. dan Ir. Erfan Achmad Dahlan, M. T. sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan kesempatan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan.
- Teman seperjuangan mengerjakan skripsi Bram, Vema, dan Diqy atas segala rintangan yang dijalani ketika menyelesaikan skripsi.
- Teman-teman kuliah yang selalu memberikan semangat, Ardillah, Anjani, Fatur, Vicky, Galoh, Habib, Rendra, Idam, Azril, Udin, Rozaq, Adit, Musa atas canda dan tawa yang diberikan ketika penulis merasa jenuh.
- Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2013, teman-teman Telekomunikasi 2013 atas do'a, semangat, serta dukungan yang diberikan pada penulis.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 26 April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Radio over Fiber</i>	5
2.2 Serat optik.....	6
2.3 Jenis Serat Optik.....	7
2.3.1. Singlemode.....	7
2.3.2. <i>Multimode</i>	8
2.4 <i>Line Coding</i>	9
2.4.1 <i>Unipolar</i>	9
2.4.2 Polar.....	10
2.4.3 <i>Nonreturn-to-Zero</i>	10
2.4.4 <i>Return-to-Zero</i>	11
2.5 Dispersi.....	11
2.5.1 Dispersi kromatik.....	12
2.5.2 Dispersi material.....	13
2.5.3 Dispersi pandu gelombang.....	13
2.6 <i>Fiber Bragg Grating</i>	14
2.7 <i>Continuous wave (CW) laser</i>	18
2.8 <i>Mach-Zehnder Modulator</i>	19
2.9 <i>Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)</i>	20
2.10 Detektor Optik.....	20

2.11 Kinerja Serat Optik	21
2.12 <i>Q-factor</i>	21
2.13 <i>Bit Error Rate</i>	22
2.14 <i>Eye Pattern</i>	23
2.15 <i>Power Link Budget</i>	24
2.16 <i>Bit Rate</i>	25
2.17 Frekuensi Radio	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Jenis dan cara perolehan data	27
3.2 Variabel dan cara analisis data	29
3.3 Kerangka solusi masalah.....	29
3.3.1 Pengujian variasi <i>bit rate</i>	30
3.3.2 Pengujian variasi jarak peletakan FBG	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Konfigurasi Perangkat Penelitian	33
4.1.1 <i>Pseudorandom Bit Squence Generator</i>	33
4.1.2 <i>Line Coding</i>	33
4.1.3 <i>Sine Generator</i>	34
4.1.4 <i>Electrical Adder</i>	34
4.1.5 <i>Continous Wave (CW) laser</i>	34
4.1.6 <i>Mach-Zehnder Modulator</i>	35
4.1.7 Serat Optik.....	35
4.1.8 <i>Erbium Doped Fiber Amplifier</i>	37
4.1.9 <i>Fiber Bragg Grating</i>	37
4.1.10 <i>Photodetector APD</i>	38
4.1.11 <i>Low Pass Bessel Filter</i>	38
4.1.12 <i>Optical Power Meter</i>	39
4.1.14 <i>Eye Diagram Analyzer</i>	39
4.1.15 <i>Bit Error Rate Analyzer</i>	40
4.2 Prosedur Pengambilan Data	40
4.2.1 Simulasi Analisis Pengaruh Jarak Transmisi Terhadap <i>Bit Rate</i>	41
4.2.2 Simulasi Analisis Pengaruh Peletakan kompensator Dispersi FBG	43
4.3 Hasil penelitian dan pembahasan.....	45
4.3.1 Analisis pengaruh jarak transmisi terhadap <i>Bit Rate</i> 5 Gbps	45
4.3.2 Analisis pengaruh jarak transmisi terhadap <i>Bit Rate</i> 10 Gbps	48

4.3.3 Analisis pengaruh Peletakan Kompensator Dispersi FBG pada <i>bit rate</i> 5 Gbps	51
4.3.4 Analisis pengaruh Peletakan Kompensator Dispersi FBG pada <i>bit rate</i> 10 Gbps	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	59
Lampiran 1 <i>Eye Pattern</i>	59
Lampiran 2 <i>DataSheet</i>	99

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Spektrum panjang gelombang terhadap Atenuasi.....	5
Gambar 2.2 Konsep Dasar Sistem RoF	6
Gambar 2.3 Struktur dasar serat optik	7
Gambar 2.4 Perambatan Cahaya Serat Optik <i>Singlemode</i>	7
Gambar 2.5 Perambatan Cahaya Step <i>Index Multimode</i>	8
Gambar 2.6 Perambatan Cahaya <i>Graded Index Multimode</i>	9
Gambar 2.7 <i>Line Coding</i>	9
Gambar 2.8 Skema <i>Line Coding</i>	9
Gambar 2.9 Skema <i>Unipolar NRZ</i>	10
Gambar 2.10 Pengkodean Digital dengan NRZ-L dan NRZ-I	10
Gambar 2.11 Pengkodean Digital RZ dan Karakteristik Bandwidth RZ	11
Gambar 2.12 Ilustrasi pelebaran pulsa cahaya saat menjalar di sepanjang serat optik: (a) sinyal masukan; (b) pelebaran pulsa; (c) <i>Intersymbol Interference</i>	12
Gambar 2.13 Penerapan Fiber Bragg Grating pada serat optik	15
Gambar 2.14 Prinsip kerja <i>fiber bragg grating</i>	15
Gambar 2.15 Prinsip kerja <i>chirped</i> FBG sebagai kompensator dispersi	16
Gambar 2.16 Perubahan indeks bias untuk berbagai tipe kisi	18
Gambar 2.17 <i>CW</i> laser.....	18
Gambar 2.18 Struktur Mach-Zehnder Modulation	19
Gambar 2.19 <i>Erbium Doped Fiber Amplifier</i>	20
Gambar 2.20 Grafik Hubungan BER dan <i>Q-factor</i>	22
Gambar 2.21 Kurva Bit Error Rate terhadap Daya yang Diterima	22
Gambar 2.22 <i>Eye Diagram</i>	23
Gambar 2.23 Karakteristik <i>Bit Rate</i> terhadap Besar <i>Bit Interval</i>	25
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian	27
Gambar 3.2 Blok diagram sistem transmisi RoF menggunakan FBG	28
Gambar 3.3 Diagram alir pengujian variasi <i>bit rate</i> dan jarak.....	30
Gambar 3.4 Diagram alir pengujian variasi jarak peletakan FBG	31
Gambar 4.1 <i>Pseudo Random Bit Sequence Generator</i>	33
Gambar 4.2 <i>Line Coding</i>	34
Gambar 4.3 <i>Sine Generator</i>	34

Gambar 4.4 <i>Electrical Adder</i>	34
Gambar 4.5 <i>Continous Wave (CW) laser</i>	35
Gambar 4.6 <i>Mach-Zehnder Modulator (MZM)</i>	35
Gambar 4.7 Serat Optik.....	36
Gambar 4. 8 <i>Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)</i>	37
Gambar 4.9 <i>Fiber Bragg Grating (FBG)</i>	38
Gambar 4.10 <i>Photodetector APD</i>	38
Gambar 4.11 <i>Low Pass Bessel Filter (LPF)</i>	39
Gambar 4.12 <i>Optical Power Meter Visualizer</i>	39
Gambar 4.13 <i>Eye Diagram Analyzer</i>	39
Gambar 4.14 <i>Bit Error Rate (BER) Analyzer</i>	40
Gambar 4.15 Konfigurasi Simulasi Pengaruh <i>Bit Rate</i> Terhadap Jarak Transmisi.....	41
Gambar 4.16 Konfigurasi Simulasi Pengaruh Peletakan Kompensator Dispersi FBG	43
Gambar 4.17 Grafik pengaruh jarak terhadap <i>Q-factor</i>	46
Gambar 4.18 Grafik pengaruh jarak terhadap BER.....	46
Gambar 4.19 Grafik pengaruh jarak terhadap <i>Loss</i>	47
Gambar 4.20 Grafik pengaruh jarak terhadap <i>Q-factor</i>	49
Gambar 4.21 Grafik pengaruh jarak terhadap BER.....	49
Gambar 4.22 Grafik pengaruh jarak terhadap <i>loss</i>	50
Gambar 4.23 Grafik pengaruh Peletakan FBG terhadap <i>Q-factor</i>	51
Gambar 4.24 Grafik pengaruh Peletakan FBG terhadap BER.....	52
Gambar 4.25 Grafik pengaruh Peletakan FBG terhadap <i>loss</i>	53
Gambar 4.26 Grafik pengaruh Peletakan FBG terhadap <i>Q-factor</i>	54
Gambar 4.27 Grafik pengaruh Peletakan FBG terhadap BER.....	55
Gambar 4.28 Grafik pengaruh Peletakan FBG terhadap <i>loss</i>	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan Karakteristik LED dan LD	19
Tabel 2.2 Perbandingan Parameter dan Karakteristik PIN dan APD.....	20
Tabel 4.1 Kombinasi <i>Bit Rate</i> , <i>Line Coding</i> , dan <i>Fiber Optic Link</i>	42
Tabel 4.2 Kombinasi <i>Bit Rate</i> , <i>Line Coding</i> , <i>FO Link</i> , dan Jarak Peletakan FBG	44
Tabel 4.3 Hasil simulasi jarak terhadap <i>bit rate 5 Gbps line coding NRZ</i>	45
Tabel 4.4 Hasil Simulasi jarak terhadap <i>bit rate 5 Gbps line coding RZ</i>	45
Tabel 4.5 Hasil simulasi jarak terhadap <i>bit rate 10 Gbps line coding NRZ</i>	48
Tabel 4.6 Hasil simulasi jarak terhadap <i>bit rate 10 Gbps line coding RZ</i>	48
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Pengaruh Peletakan FBG <i>Bit Rate 5 Gbps NRZ</i>	51
Tabel 4.8 Hasil Simulasi Pengaruh Peletakan FBG <i>Bit Rate 5 Gbps RZ</i>	51
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Pada Pengaruh Peletakan FBG <i>Bit Rate 10 Gbps NRZ</i>	54
Tabel 4.10 Hasil Simulasi Pada Pengaruh Peletakan FBG <i>Bit Rate 10 Gbps RZ</i>	54