

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PERBANDINGAN PENGUAT *ERBIUM DOPED***  
***FIBER AMPLIFIER (EDFA) DAN RAMAN OPTICAL***  
***AMPLIFIER (ROA) PADA SISTEM DWDM TERHADAP EFEK***  
***NON LINIER FOUR WAVE MIXING***

***COMPARATIVE ANALYSIS OF ERBIUM DOPED FIBER***  
***AMPLIFIER (EDFA) AND OPTICAL AMPLIFIER (ROA) IN***  
***DWDM SYSTEM ON NON LINEAR EFFECT***  
***FOUR WAVE MIXING***



Disusun oleh

**ROSY WAHYU MUSTIKA**  
**15101063**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI**  
**FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO**  
**INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2019**

**ANALISIS PERBANDINGAN PENGUAT *ERBIUM DOPED*  
*FIBER AMPLIFIER (EDFA) DAN RAMAN OPTICAL*  
*AMPLIFIER (ROA) PADA SISTEM DWDM TERHADAP EFEK*  
*NON LINIER FOUR WAVE MIXING***

***COMPARATIVE ANALYSIS OF ERBIUM DOPED FIBER*  
*AMPLIFIER (EDFA) AND OPTICAL AMPLIFIER (ROA) IN*  
*DWDM SYSTEM ON NON LINEAR EFFECT*  
*FOUR WAVE MIXING***

**Proposal Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto  
2019**

Disusun oleh

**ROSY WAHYU MUSTIKA  
15101063**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Dadiek Pranindito, S.T., M.T.  
Fauza Khair, S.T., M.Eng.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PERBANDINGAN PENGUAT ERBIUM DOPED FIBER  
AMPLIFIER (EDFA) DAN RAMAN OPTICAL AMPLIFIER (ROA) PADA  
SISTEM DWDM TERHADAP EFEK NON LINIER FOUR WAVE MIXING**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF ERBIUM DOPED FIBER AMPLIFIER  
(EDFA) AND RAMAN OPTICAL AMPLIFIER (ROA) IN DWDM SYSTEM  
ON NON LINIER EFFECT FOUR WAVE MIXING**

Disusun oleh  
**ROSY WAHYU MUSTIKA**  
15101063

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 26 Maret  
2019

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : Dadiek Pranindito, S.T., M.T. (  )  
NIDN. 0626108502

Pembimbing Pendamping : Fauza Khair, S.T., M.Eng. (  )  
NIDN. 0622039001

Penguji 1 : Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. (  )  
NIDN. 0620079201

Penguji 2 : Slamet Indriyanto, S.T., M.T. (  )  
NIK. 19880007

**Mengetahui,**

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

  
Dodi Zulherman, S.T., M.T.  
NIDN. 0617078703

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **ROSY WAHYU MUSTIKA**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “ **ANALISIS PERBANDINGAN PENGUAT *ERBIUM DOPED FIBER AMPLIFIER (EDFA)* DAN *RAMAN OPTICAL AMPLIFIER (ROA)* PADA SISTEM DWDM TERHADAP EFEK *NON LINIER FOUR WAVE MIXING*” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.**

Purwokerto, Maret 2019

Yang menyatakan,



(Rosy Wahyu Mustika)

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **ANALISIS PERBANDINGAN PENGUAT *ERBIUM DOPED FIBER AMPLIFIER (EDFA) DAN RAMAN OPTICAL AMPLIFIER (ROA) PADA SISTEM DWDM TERHADAP EFEK *NON LINIER FOUR WAVE MIXING**** ”.Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua saya yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan kepada saya dimanapun berada
2. Kepada diri saya sendiri yang mampu mengerjakan tanggung jawabnya
3. Bapak Dadiék Pranindito, S.T., M.T selaku pembimbing I.
4. Bapak Fauza Khair, S.T., M.Eng selaku pembimbing II.
5. Kaka-kaka yang sudah membantu dan memberi dukungan kepada saya selama proses penyusunan skripsi Ka Eggy, Ka Unggul dan Ka Winda.
6. Teman saya yang ada di Kalimantan yang selalu memberi dukungan walaupun dari jarak jauh Rheina Meiliana Fachmi.
7. Teman saya yang selalu memberikan dukungan Fitria Dwi Utami.
8. Teman seperjuangan skripsi di Lab Aplikasi Mas Adit, Arif, Viona dan Duwi.
9. Seluruh teman-teman TT-03-B yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Purwokerto, 26 Maret 2019

Rosy Wahyu Mustika

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH .....	2
1.3 BATASAN MASALAH .....	2
1.4 TUJUAN .....	3
1.5 MANFAAT .....	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	3
<b>BAB 2 DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.2 SERAT OPTIK .....	6
2.2.1 Pengertian Serat Optik .....	6
2.2.2 Struktur Serat Optik .....	7
2.2.3 Jenis Serat Optik .....	8
2.3 EFEK NON LINIERITAS .....	8
2.3.1 <i>Four Wave Mixing</i> (FWM) .....	9
2.4 <i>DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING</i> (DWDM) .....	9
2.4.1 Komponen DWDM .....	9
2.4.2 Spasi Kanal .....	10
2.4.3 <i>Dispersion Compensating Fiber</i> (DCF) .....	11
2.5 <i>ERBIUM DOPPED FIBER AMPLIFIER</i> ( EDFA ) .....	12

2.6	<i>RAMAN OPTICAL AMPLIFIER (ROA)</i> .....	13
2.7	PARAMETER KELAYAKAN HASIL.....	13
2.7.1	Q-Faktor .....	13
2.7.2	<i>Bit Error Rate (BER)</i> .....	14
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....		<b>15</b>
3.1	ALAT YANG DIGUNAKAN .....	15
3.1.1	Perangkat Lunak.....	15
3.1.2	Perangkat Keras .....	15
3.2	FLOWCHART PENELITIAN .....	16
3.3	DIAGRAM BLOK SISTEM .....	18
3.3.1	Media Pengirim.....	19
3.3.2	Media Transmisi.....	21
3.3.3	Media Penerima .....	22
3.4	PARAMETER PENGUKURAN .....	22
3.4.1	<i>Bit Error Rate (BER)</i> .....	23
3.4.2	Q-Faktor .....	23
3.5	SKENARIO PENELITIAN .....	23
3.5.1	Rancangan Sistem Skenario 1 ( EDFA-ROA ).....	23
3.5.2	Rancangan Sistem Skenario 2 ( ROA-EDFA ).....	29
3.5.3	Rancangan Sistem Skenario 3 ( ROA-ROA ).....	33
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		<b>38</b>
4.1	ANALISIS HASIL EKSPERIMEN.....	38
4.1.1	Analisis Pengaruh Daya Input Terhadap BER pada Sistem DWDM Menggunakan EDFA-ROA.....	38
4.1.2	Analisis Pengaruh Daya Input Terhadap BER pada Sistem DWDM Menggunakan ROA-EDFA.....	39
4.1.3	Analisis Pengaruh Daya Input Terhadap BER pada Sistem DWDM Menggunakan ROA-ROA.....	41
4.1.4	Analisis Pengaruh Daya Input Terhadap Q-Faktor Pada Sistem DWDM Menggunakan EDFA-ROA.....	42
4.1.5	Analisis Pengaruh Daya Input Terhadap Q-Faktor Pada Sistem DWDM Menggunakan ROA-EDFA.....	44

4.1.6 Analisis Pengaruh Daya Input Terhadap Q-Faktor pada Sistem DWDM Menggunakan ROA-ROA.....	45
4.2 PERBANDINGAN UNJUK KERJA KETIGA SKENARIO.....	46
4.2.1 Perbandingan Unjuk Kerja BER .....	47
4.2.2 Perbandingan Unjuk Kerja Q-Faktor .....	50
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>54</b>
5.1 KESIMPULAN .....	54
5.2 SARAN .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur Serat Optik [9].....	7
Gambar 2. 2	(a) <i>Multimode Step Index Fiber</i> ; (b) <i>Single-mode Step Index Fiber</i> [14] .....	8
Gambar 2. 3	Prinsip Kerja EDFA [12].....	12
Gambar 2. 4	Blok Diagram Penguat ROA [17] .....	13
Gambar 3. 1	Flowchart Perancangan Sistem .....	16
Gambar 3. 2	Diagram Blok Sistem .....	18
Gambar 3. 3	<i>Spectrum Analyzer</i> pada <i>Multiplexer</i> .....	24
Gambar 3. 4	<i>Optical Power Meter</i> pada <i>Multiplexer</i> .....	24
Gambar 3. 5	<i>Spectrum Analyzer</i> pada Serat Optik 50 Km.....	25
Gambar 3. 6	<i>Optical Power Meter</i> pada Serat Optik 50 Km.....	25
Gambar 3. 7	<i>Spectrum Analyzer</i> pada EDFA.....	26
Gambar 3. 8	<i>Optical Power Meter</i> pada EDFA.....	26
Gambar 3. 9	<i>Spectrum Analyzer</i> pada DCF .....	27
Gambar 3. 10	<i>Optical Power Meter</i> pada DCF.....	27
Gambar 3. 11	<i>Spectrum Analyzer</i> pada ROA.....	28
Gambar 3. 12	<i>Optical Power Meter</i> pada ROA.....	28
Gambar 3. 13	<i>Spectrum Analyzer</i> pada Serat Optik 2 Km.....	29
Gambar 3. 14	<i>Optical Power Meter</i> pada Serat Optik 2 Km.....	30
Gambar 3. 15	<i>Spectrum Analyzer</i> pada ROA.....	30
Gambar 3. 16	<i>Optical Power Meter</i> pada ROA.....	31
Gambar 3. 17	<i>Spectrum Analyzer</i> pada DCF .....	31
Gambar 3. 18	<i>Optical Power Meter</i> pada DCF.....	32
Gambar 3. 19	<i>Spectrum Analyzer</i> pada EDFA.....	32
Gambar 3. 20	<i>Optical Power Meter</i> pada EDFA .....	33
Gambar 3. 21	<i>Spectrum Analyzer</i> pada Serat Optik 2 Km.....	34
Gambar 3. 22	<i>Optical Power Meter</i> pada Serat Optik 2 Km.....	34
Gambar 3. 23	<i>Spectrum Analyzer</i> pada ROA.....	35
Gambar 3. 24	<i>Optical Power Meter</i> pada ROA.....	35
Gambar 3. 25	<i>Spectrum Analyzer</i> pada DCF .....	36
Gambar 3. 26	<i>Optical Power Meter</i> pada DCF.....	36
Gambar 3. 27	<i>Spectrum Analyzer</i> pada ROA.....	37
Gambar 3. 28	<i>Optical Power Meter</i> pada ROA.....	37
Gambar 4. 1	Grafik BER dengan variasi daya <i>input</i> pada EDFA-ROA.....	39
Gambar 4. 2	Grafik BER dengan variasi daya <i>input</i> pada ROA-EDFA.....	40
Gambar 4. 3	Grafik BER dengan variasi daya <i>input</i> pada ROA dan ROA .....	42
Gambar 4. 4	Grafik Q-Faktor dengan variasi daya <i>input</i> pada EDFA-ROA.....	43
Gambar 4. 5	Grafik Q-Faktor dengan variasi daya <i>input</i> pada ROA-EDFA.....	45
Gambar 4. 6	Grafik Q-Faktor dengan variasi daya <i>input</i> pada ROA-ROA.....	46
Gambar 4. 7	Grafik Rata-rata Nilai BER pada Daya <i>Inputan</i> .....	48
Gambar 4. 8	Grafik Rata-rata Nilai BER pada Kanal.....	49
Gambar 4. 9	Grafik Rata-rata Nilai Q-Faktor pada Daya <i>Input</i> .....	51
Gambar 4. 10	Grafik Rata-rata Nilai Q-Faktor pada Kanal .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konversi Spasi Lamda ke Spasi Frekuensi [1] .....	11
Tabel 3. 1 Parameter Pengirim.....	19
Tabel 3. 2 Skenario Rancangan Media Transmisi .....	21
Tabel 3. 3 Parameter Transmisi .....	21
Tabel 3. 4 Parameter Penerima .....	22
Tabel 4. 1 Hasil BER Penguat EDFA-ROA pada Kanal 2, 8, 10 dan 16 .....	38
Tabel 4. 2 Hasil BER Penguat ROA-EDFA pada Kanal 2, 8, 10 dan 16 .....	39
Tabel 4. 3 Hasil BER Penguat ROA- ROA pada Kanal 2, 8, 10 dan 16 ....	41
Tabel 4. 4 Hasil Q-Faktor Penguat EDFA-ROA pada Kanal 2, 8, 10 dan 16.....	42
Tabel 4. 5 Hasil Q-Faktor Penguat ROA-EDFA pada Kanal 2, 8, 10 dan 16.....	44
Tabel 4. 6 Hasil Q-Faktor Penguat ROA-ROA pada Kanal 2, 8, 10 dan 16.....	45
Tabel 4. 7 Tabel Perbandingan Unjuk Kerja Rata-rata BER pada Daya <i>Inputan</i> ..	47
Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan Unjuk Kerja Rata-rata BER pada Kanal .....	48
Tabel 4.9 Tabel Perbandingan Unjuk Kerja Rata-rata Q-Faktor pada Daya <i>Input</i>	50
Tabel 4. 10 Tabel Perbandingan Unjuk Kerja Rata-rata Q-Faktor pada Kanal .....	51

## DAFTAR SINGKATAN

APD	: Avalanche Photodiode
BER	: Bit Error Rate
CW Laser	: Continuous Wave Laser
dB	: decibel
dBm	: decibel milliwatt
DCF	: Dispersion Compensating Fiber
DWDM	: Dense Wavelength Division Multiplexing
EDFA	: Erbium Doped Fiber Amplifier
FWM	: Four Wave Mixing
Gbps	: Gigabit per second
GHz	: Gigahertz
LPBF	: Low Pass Bassel Filter
mW	: milliwatt
NRZ	: Non Return Zero
OPM	: Optical Power Meter
OSA	: Optical Spectrum Analyzer
PRBS	: Pseudo-Random Binary Sequence
Q-Faktor	: Quality Faktor
ROA	: Raman Optical Amplifier
SMF	: Single Mode Fiber
THz	: Terahertz
WDM	: Wavelength Division Multiplexing