

**SKRIPSI**

**ANALISIS KINERJA MODULASI 16-QAM OFDM PADA  
SISTEM *FREE SPACE OPTIC* TERHADAP GANGGUAN  
REDAMAN KABUT**

***ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF 16-QAM OFDM  
MODULATION ON FREE SPACE OPTIC SYSTEM TO FOG  
ATTENUATION INTERFERENCE***



Disusun oleh

**MUHAMMAD RANGGA PRAYUDA  
19101070**

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

**2023**

**SKRIPSI**

**ANALISIS KINERJA MODULASI 16-QAM OFDM PADA  
SISTEM *FREE SPACE OPTIC* TERHADAP GANGGUAN  
REDAMAN KABUT**

***ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF 16-QAM OFDM  
MODULATION ON FREE SPACE OPTIC SYSTEM TO FOG  
ATTENUATION INTERFERENCE***



Disusun oleh

**MUHAMMAD RANGGA PRAYUDA  
19101070**

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

**2023**

**ANALISIS KINERJA MODULASI 16-QAM OFDM PADA  
SISTEM *FREE SPACE OPTIC* TERHADAP GANGGUAN  
REDAMAN KABUT**

***ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF 16-QAM OFDM  
MODULATION ON FREE SPACE OPTIC SYSTEM TO FOG  
ATTENUATION INTERFERENCE***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh**

**Gelar Sarjana Teknik (S.T.)**

**Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto**

**2023**

Disusun oleh

**MUHAMMAD RANGGA PRAYUDA**

**19101070**

**DOSEN PEMBIMBING**

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

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

**2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS KINERJA MODULASI 16-QAM OFDM PADA SISTEM *FREE SPACE OPTIC* TERHADAP GANGGUAN REDAMAN KABUT

### *ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF 16-QAM OFDM MODULATION ON FREE SPACE OPTIC SYSTEM TO FOG ATTENUATION INTERFERENCE*

DISUSUN OLEH  
MUHAMMAD RANGGA PRAYUDA  
19101070

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 11 Agustus 2023

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama

: Fauza Khair, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0622039001

Pembimbing Pendamping

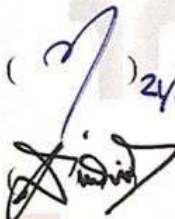
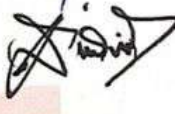


: Dadiek Pranindito, S.T., M.T.  
NIDN. 0626108502

Penguji 1

: Eko Fajar Cahyadi, S.T., M.T., Ph.D  
NIDN. 0616098703

Penguji 2

: Jafaruddin Gusti Amri Ginting, S.T., M.T.  
NIDN. 0620108901

  
24/08/23  
  
  
22/8  
  
22/8 23

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

  
Prasetyo Nugentoro, S.T., M.T.  
NIDN. 0620079201

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **MUHAMMAD RANGGA PRAYUDA**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**ANALISIS KINERJA MODULASI 16-QAM OFDM PADA SISTEM FREE SPACE OPTIC TERHADAP GANGGUAN REDAMAN KABUT**" adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung resiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 31 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Muhammad Rangga Prayuda)

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan draft skripsi yang berjudul “ANALISIS KINERJA MODULASI 16-QAM OFDM PADA SISTEM *FREE SPACE OPTIC* TERHADAP GANGGUAN REDAMAN KABUT”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan draft skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak sehingga kendala-kendala yang dihadapi dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan dan hidayahNya.
2. Ayah, Ibu, Adik, dan Saudara yang mensupport dari segi mental dan material.
3. Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
4. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
5. Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
6. Pembimbing I. Bapak Fauza Khair, S.T., M.Eng.
7. Pembimbing II. Bapak Dadiék Pranindito, S.T., M.T.
8. Seluruh dosen, staf dan karyawan Program studi S1 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
9. Seorang teman saya yang bernama Sandry Oktanta Bangun dengan NIM 19101069 yang berperan penting dalam proses pembuatan skripsi ini.
10. Mahasiswi dengan NIM 19101146 yang selalu mensupport saya dalam segi apapun selama mengerjakan skripsi ini.
11. Seluruh teman-teman yang memberikan dorongan agar tugas akhir ini selesai.

Purwokerto, 20 Januari 2023

(Muhammad Rangga Prayuda)

## DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH .....	3
1.3 BATASAN MASALAH .....	3
1.4 TUJUAN .....	4
1.5 MANFAAT .....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.2 <i>FREE SPACE OPTIC</i> .....	9
2.3 <i>OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION</i> .....	10
2.4 <i>LIGHT AMPLIFICATION BY SIMULATED EMISSION OF RADIATION</i> 11	
2.5 KANAL ATMOSFER.....	12
2.5.1. <i>Visibility</i> .....	12
2.5.2. Model kanal <i>Kim</i> .....	13
2.6 <i>ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING</i> .....	14
2.7 <i>M-Ary QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION</i> .....	15
2.8 <i>PHOTODETECTOR</i> .....	16
2.9 <i>GAUSSIAN OPTICAL FILTER</i> .....	18
2.10 <i>WAVELENGTH RANGE</i> .....	19
2.11 <i>COHERENT OPTICAL DETECTION</i> .....	19
2.12 <i>ERROR VECTOR MAGNITUDE</i> .....	21
2.13 <i>BIT ERROR RATE</i> .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>24</b>
3.1 ALUR PENELITIAN .....	24
3.1.1 Diagram Alir Perancangan .....	24

3.2 DESAIN SISTEM .....	26
3.2.1 <i>Digital Information</i> .....	27
3.2.2 <i>Digital Modulator</i> .....	27
3.2.3 <i>OFDM Multiplexer</i> .....	27
3.2.4 <i>Optical Filter</i> .....	27
3.2.5 <i>Optical Modulator</i> .....	27
3.2.6 <i>Optical Fiber</i> .....	28
3.2.7 <i>Optical Gain</i> .....	28
3.2.8 <i>FSO Channel</i> .....	28
3.2.9 <i>Coherent Detection</i> .....	28
3.2.10 <i>OFDM Demodulation</i> .....	28
3.2.11 <i>Demodulator</i> .....	29
3.2.12 <i>BER Analyzer</i> .....	29
3.3 PARAMETER SIMULASI .....	29
3.4 LAYOUT SIMULASI .....	30
3.4.1 Blok <i>Transmitter</i> dan <i>Medium Transmisi</i> .....	31
3.4.2 Blok <i>Receiver</i> .....	32
3.5 SKENARIO SISTEM .....	33
3.3.1 Skenario I .....	33
3.3.2 Skenario II .....	34
3.3.3 Skenario III .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 PARAMETER PENGUJIAN .....	37
4.2 ANALISIS PENGUJIAN .....	38
4.2.1 Skenario I .....	38
4.2.2 Skenario II .....	47
4.2.3 Skenario III .....	57
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>68</b>
5.1 KESIMPULAN .....	68
5.2 SARAN .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi FSO .....	9
Gambar 2.2 Ilustrasi OWC European Data Relay Satellite (EDRS) .....	11
Gambar 2.3 Ilustrasi <i>LASER</i> dalam FSO .....	11
Gambar 2.4 Radiasi kabut .....	12
Gambar 2.5 Ilustrasi visibilitas dan redaman kondisi cuaca berbeda .....	13
Gambar 2.6 Perbandingan OFDM dengan FDM .....	14
Gambar 2.7 Diagram Konstelasi (a) 4-QAM (b) 16-QAM (c) 64-QAM .....	16
Gambar 2.8 Konstruksi APD <i>Photodetector</i> .....	17
Gambar 2.9 Arsitektur <i>Coherent Detection</i> tipe <i>homodyne</i> .....	20
Gambar 2.10 Arsitektur <i>Coherent Detection</i> tipe <i>heterodyne</i> .....	20
Gambar 2.11 <i>Error Vector</i> antara simbol yang diterima dan lokasi yang ideal ....	22
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Diagram sistem penelitian.....	26
Gambar 3.3 <i>Layout</i> Simulasi 16-QAM OFDM Pada Sistem FSO .....	30
Gambar 3.4 Blok <i>Transmitter</i> .....	31
Gambar 3.5 Blok <i>Medium</i> .....	32
Gambar 3.6 Blok <i>Receiver</i> .....	32
Gambar 3. 7 Ilustrasi Skenario I .....	34
Gambar 3. 8 Ilustrasi Skenario II.....	35
Gambar 3. 9 Ilustrasi Skenario III.....	36
Gambar 4.1 Hasil Atenuasi <i>Clear Air</i> dengan wavelength 1550 nm.....	39
Gambar 4.2 Grafik Log Min BER Daya dan Jarak Kondisi <i>Clear Air</i> .....	40
Gambar 4.3 Grafik SER Daya dan Jarak Kondisi <i>Clear Air</i> .....	42
Gambar 4.4 Grafik EVM Daya dan Jarak Kondisi <i>Clear Air</i> .....	45
Gambar 4.5 Hasil Atenuasi <i>Moderate Fog</i> Dengan Wavelength 1550 nm.....	48
Gambar 4.6 Grafik Log Min BER Daya dan Jarak Kondisi <i>Moderate Fog</i> .....	49
Gambar 4.7 Grafik SER Daya dan Jarak Kondisi <i>Moderate Fog</i> .....	52
Gambar 4.8 Grafik EVM Daya dan Jarak Kondisi <i>Moderate Fog</i> .....	54
Gambar 4.9 Hasil Atenuasi <i>Thick Fog</i> Dengan Wavelength 1550 nm .....	58
Gambar 4.10 Grafik Log Min BER Daya dan Jarak Kondisi <i>Thick Fog</i> .....	59
Gambar 4.11 Grafik SER Daya dan Jarak Kondisi <i>Thick Fog</i> .....	62
Gambar 4.12 Grafik EVM Daya dan Jarak Kondisi <i>Thick Fog</i> .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka .....	7
Tabel 2. 2 Parameter redaman nilai <i>Visibility</i> .....	13
Tabel 2. 3 Panjang Gelombang Operasi.....	16
Tabel 2.4 Parameter rumus <i>Photodetector</i> .....	18
Tabel 2.5 Wilayah Panjang Gelombang .....	19
Tabel 3. 1. Parameter simulasi .....	29
Tabel 3. 2 Parameter Skenario I.....	33
Tabel 3. 3 Parameter Skenario II.....	35
Tabel 3. 4 Parameter skenario III.....	36
Tabel 4. 1 Tabel nilai <i>Min log</i> BER pada kondisi <i>Clear Air</i> .....	41
Tabel 4. 2 Tabel nilai SER pada kondisi <i>Clear Air</i> .....	44
Tabel 4. 3 Tabel nilai EVM pada kondisi <i>Clear Air</i> .....	46
Tabel 4. 4 Tabel nilai <i>Log Min</i> BER pada kondisi <i>Moderate Fog</i> .....	50
Tabel 4. 5 Tabel nilai SER pada kondisi <i>Moderate Fog</i> .....	53
Tabel 4. 6 Tabel nilai EVM pada kondisi <i>Moderate Fog</i> .....	56
Tabel 4. 7 Tabel nilai <i>Log Min</i> BER pada kondisi <i>Thick Fog</i> .....	61
Tabel 4. 8 Tabel nilai SER pada kondisi <i>Thick Fog</i> .....	63
Tabel 4. 9 Tabel nilai EVM pada kondisi <i>Thick Fog</i> .....	66