

**SKRIPSI**

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM OFDM MENGGUNAKAN  
MODULASI 4-QAM PADA SISTEM *INTER SATELLITE-  
OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC)***

***PERFORMANCE ANALYSIS OF OFDM SYSTEM USING 4-  
QAM MODULATION ON INTER SATELLITE-OPTICAL  
WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC) SYSTEM***



Disusun oleh

**NUNIK IRMAWATI  
18101025**

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

**2022**

**SKRIPSI**

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM OFDM MENGGUNAKAN  
MODULASI 4-QAM PADA SISTEM *INTER SATELLITE-  
OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC)***

***PERFORMANCE ANALYSIS OF OFDM SYSTEM USING 4-  
QAM MODULATION ON INTER SATELLITE-OPTICAL  
WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC) SYSTEM***



Disusun oleh

**NUNIK IRMAWATI**

**18101025**

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

**2022**

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM OFDM MENGGUNAKAN  
MODULASI 4-QAM PADA SISTEM *INTER SATELLITE-  
OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC)*  
*PERFORMANCE ANALYSIS OF OFDM SYSTEM USING 4-  
QAM MODULATION ON INTER SATELLITE-OPTICAL  
WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC) SYSTEM***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto  
2022**

Disusun oleh

**NUNIK IRMAWATI  
18101025**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Eka Setia Nugraha, S.T., M.T.  
Fauza Khair, S.T., M.Eng.**

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

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**


**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM OFDM MENGGUNAKAN  
MODULASI 4-QAM PADA SISTEM INTER SATELLITE-OPTICAL  
WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC)**

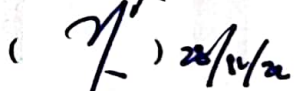
**PERFORMANCE ANALYSIS OF OFDM SYSTEM USING 4-QAM  
MODULATION ON INTER SATELLITE-OPTICAL WIRELESS  
COMMUNICATION (IS-OWC) SYSTEM**


Disusun oleh  
NUNIK IRMAWATI  
18101025


Telah dipertanggung jawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 22 November 2022

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : Eka Setia Nugraha, S.T., M.T. (  )  
NIDN. 0629018602

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

Penguji 1 : Dr. Wahyu Pamungkas, S.T., M.T. (  )  
NIDN. 0606037801

Penguji 2 : Eka Wahyudi, S.T., M.Eng. (  )  
NIDN. 0617117601

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi SI Teknik Telekomunikasi  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto**

  
Prasetyo Yulianto, S.T., M.T.

NIDN. 0620079201

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **NUNIK IRMAWATI**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM OFDM MENGGUNAKAN MODULASI 4-QAM PADA SISTEM *INTER SATELLITE-OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC)*”** 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, 22 November 2022

Yang menyatakan,



Nunik Irmawati

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Unjuk Kerja Sistem OFDM Menggunakan Modulasi 4-QAM Pada Sistem *Inter Satellite-Optical Wireless Communication (IS-OWC)*”**.

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. Bapak dan Mamak yang telah memberikan dorongan baik berupa moral dan materi selama pengerjaan penelitian serta dukungan, do'a yang tiada hentinya.
2. Bapak Eka Setia Nugraha, S.T., M.T. selaku pembimbing I, yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih memahami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Fauza Khair, S.T., M.Eng. selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan banyak ide dan masukan, serta pemikirannya yang ikhlas dan selalu memberikan penjelasan sehingga penulis lebih memahami Tugas Akhir yang dilakukan.
4. Bapak Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
5. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng. selaku dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro (FTTE) Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
6. Bapak Dr. Arfianto Fahmi, S.T., M.T., IPM selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
7. Seluruh dosen, staff dan karyawan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro (FTTE) Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
8. Terkhusus untuk Aditya Pratomo Sutrisno S.Kom orang spesial, yang telah memberikan dukungan serta motivasi dan do'a yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Terkhusus untuk Ulfa Fitria, Levi Nur Anggraeni dan Nareza Ocha Safira yang telah mendukung dan selalu memotivasi penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
10. Seluruh teman-teman yang telah memberikan sharing ilmu, memberikan do'a, semangat dan dorongan serta bantuannya.

Purwokerto, 22 November 2022



Nunk Irmawati

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PRAKATA.....	6
ABSTRAK.....	8
<i>ABSTRACT</i> .....	9
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR GAMBAR.....	12
DAFTAR TABEL.....	14
DAFTAR SINGKATAN.....	15
BAB 1 PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang.....	16
1.2 Rumusan Masalah.....	18
1.3 Batasan Masalah.....	18
1.4 Tujuan.....	19
1.5 Manfaat.....	19
1.6 Sistematika Penulisan.....	19
BAB 2 DASAR TEORI.....	21
2.1 Kajian Pustaka.....	21
2.2 Dasar Teori.....	24
2.2.1 <i>Inter Satellite-Optical Wireless Communication (IS-OWC)</i> .....	24
2.2.2 <i>Optical Wireless Communication (OWC)</i> .....	28
2.2.3 <i>Quadrature Amplitude Modulation (QAM)</i> .....	30
2.2.4 <i>Multiplexing</i> .....	31
2.2.5 <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)</i> .....	34
2.2.6 <i>Bit Error Rate (BER)</i> .....	40
2.2.7 <i>Symbol Error Rate (SER)</i> .....	41
2.2.8 <i>Error Vector Magnitude (EVM)</i> .....	41
2.2.9 <i>Low Pass Filter (LPF)</i> .....	42
2.2.10 <i>Mach Zehnder Modulator (MZM)</i> .....	42
2.2.11 <i>Coherent Detection</i> .....	43
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	44
3.1 Tempat Penelitian.....	44
3.2 Alat dan Bahan.....	44



3.3	Alur Penelitian .....	45
3.4	Pemodelan Sistem.....	46
3.4.1	Blok <i>Transmitter</i> dan <i>Medium</i> Transmisi .....	47
3.4.2	Blok <i>Receiver</i> .....	49
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		51
4.1	Analisis Pengaruh Variasi Daya Modulator OFDM terhadap Sistem ISOWC. 51	
4.1.1	Analisis Daya OFDM pada Bit Rate 10 Gbps .....	51
4.1.2	Analisis Daya OFDM pada Bit Rate 20 Gbps .....	54
4.1.3	Analisis Daya OFDM pada Bit Rate 30 Gbps .....	57
4.1.4	Analisis Daya OFDM pada Bit Rate 40 Gbps .....	60
4.2	Analisis Pengaruh Jarak Transmisi pada Sistem OFDM-ISOWC.....	63
4.2.1	Analisis Jarak transmisi OFDM pada Bit Rate 10 Gbps.....	63
4.2.2	Analisis Jarak transmisi OFDM pada Bit Rate 20 Gbps.....	66
4.2.3	Analisis Jarak transmisi OFDM pada Bit Rate 30 Gbps.....	69
4.2.4	Analisis Jarak transmisi OFDM pada Bit Rate 40 Gbps.....	72
4.3	Analisis Perbandingan Pengaruh Daya dan Jarak Transmisi pada Sistem OFDM-ISOWC.....	75
4.3.1	Analisis pada Bit Rate 10 Gbps dan <i>aperture</i> diameter 15 cm .....	75
4.3.2	Analisis pada Bit Rate 20 Gbps dan <i>aperture</i> diameter 15 cm .....	82
4.3.3	Analisis pada Bit Rate 30 Gbps dan <i>aperture</i> diameter 15 cm .....	91
4.3.4	Analisis pada Bit Rate 40 Gbps dan <i>aperture</i> diameter 15 cm .....	97
4.4	Perhitungan Teoritis Daya Terima Sistem OFDM-ISOWC .....	103
a.	Perhitungan Teoritis dengan Daya 10 dBm pada jarak 500 – 5000 km..	106
b.	Perhitungan Teoritis dengan Daya 12 dBm pada jarak 500 – 5000 km..	109
c.	Perhitungan Teoritis dengan Daya 14 dBm pada jarak 500 – 5000 km..	112
d.	Perhitungan Teoritis dengan Daya 16 dBm pada jarak 500 – 5000 km..	115
e.	Perhitungan Teoritis dengan Daya 18 dBm pada jarak 500 – 5000 km..	118
f.	Perhitungan Teoritis dengan Daya 20 dBm pada jarak 500 – 5000 km..	121
BAB 5 PENUTUP .....		124
DAFTAR PUSTAKA .....		125
LAMPIRAN.....		129

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Blok diagram IS-OWC[9] .....	25
Gambar 2. 2 Topologi Network pada Komunikasi Satelit .....	26
Gambar 2. 3 Blok diagram QAM[17] .....	31
Gambar 2. 4 Konsep Dasar <i>Multiplexing</i> .....	32
Gambar 2. 5 <i>Frequency Division Multiplexing</i> (FDM) .....	33
Gambar 2. 6 <i>Time Division Multiplexing</i> (TDM) .....	34
Gambar 2. 7 Arsitektur <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> (OFDM)[20]. .....	34
Gambar 2. 8 Blok <i>Transmitter</i> OFDM[21]. .....	36
Gambar 2. 9 Blok <i>Receiver</i> OFDM[21]. .....	36
Gambar 2. 10 Perbandingan teknik FDM dan OFDM [23] .....	38
Gambar 2. 11 Prinsip OFDM[23] .....	38
Gambar 2. 12 Penyisipan <i>Cyclic Prefix</i> [23]. .....	39
Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....	46
Gambar 3. 2 Rangkaian 4 QAM-OFDM ISOWC Secara Umum .....	46
Gambar 3. 3 Blok <i>Transmitter</i> .....	47
Gambar 3. 4 <i>Medium</i> Transmisi.....	48
Gambar 3. 5 Blok <i>Receiver</i> .....	49
Gambar 4. 1 Grafik Min BER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 10 Gbps .....	51
Gambar 4. 2 Grafik SER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 10 Gbps .....	52
Gambar 4. 3 Grafik EVM Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 10 Gbps.....	53
Gambar 4. 4 Grafik Min BER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 20 Gbps .....	54
Gambar 4. 5 Grafik SER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 20 Gbps .....	55
Gambar 4. 6 Grafik EVM Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 20 Gbps.....	56
Gambar 4. 7 Grafik Min BER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 30 Gbps .....	57
Gambar 4. 8 Grafik SER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 30 Gbps .....	58
Gambar 4. 9 Grafik EVM Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 30 Gbps.....	59
Gambar 4. 10 Grafik Min BER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 40 Gbps .....	60
Gambar 4. 11 Grafik SER Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 40 Gbps .....	61
Gambar 4. 12 Grafik EVM Jarak Terbatas 5000 km Bit Rate 40 Gbps.....	62
Gambar 4. 13 Grafik Min BER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 10 Gbps .....	63
Gambar 4. 14 Grafik SER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 10 Gbps .....	64
Gambar 4. 15 Grafik EVM Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 10 Gbps .....	65
Gambar 4. 16 Grafik Min BER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 20 Gbps .....	66
Gambar 4. 17 Grafik SER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 20 Gbps .....	67

Gambar 4. 18 Grafik EVM Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 20 Gbps .....	68
Gambar 4. 19 Grafik Min BER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 30 Gbps .....	69
Gambar 4. 20 Grafik SER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 30 Gbps .....	70
Gambar 4. 21 Grafik EVM Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 30 Gbps .....	71
Gambar 4. 22 Grafik Min BER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 40 Gbps .....	72
Gambar 4. 23 Grafik SER Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 40 Gbps .....	73
Gambar 4. 24 Grafik EVM Daya Terbatas 20 dBm Bit Rate 40 Gbps .....	74
Gambar 4. 25 Grafik Analisis Min BER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 10 Gbps .....	76
Gambar 4. 26 Grafik Analisis SER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 10 Gbps .....	79
Gambar 4. 27 Grafik Analisis EVM Daya dan Jarak dengan Bit Rate 10 Gbps.....	81
Gambar 4. 28 Grafik Analisis Min BER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 20 Gbps .....	83
Gambar 4. 29 Grafik Analisis SER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 20 Gbps .....	87
Gambar 4. 30 Grafik Analisis EVM Daya dan Jarak dengan Bit Rate 20 Gbps.....	90
Gambar 4. 31 Grafik Analisis BER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 30 Gbps.....	92
Gambar 4. 32 Grafik Analisis SER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 30 Gbps .....	94
Gambar 4. 33 Grafik Analisis EVM Daya dan Jarak dengan Bit Rate 30 Gbps.....	96
Gambar 4. 34 Grafik Analisis Min BER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 40 Gbps .....	98
Gambar 4. 35 Grafik Analisis SER Daya dan Jarak dengan Bit Rate 40 Gbps .....	100
Gambar 4. 36 Grafik Analisis EVM Daya dan Jarak dengan Bit Rate 40 Gbps.....	102
Gambar 4. 37 Grafik Daya Terima Hasil Simulasi .....	104
Gambar 4. 38 Grafik Daya Terima Perhitungan Teoritis.....	105

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>Transmitter</i> .....	48
Tabel 3. 2 Spesifikasi Medium Transmisi .....	49
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Receiver</i> .....	50
Tabel 4. 1 Hasil Data Min BER Daya dan Jarak Bit Rate 10 Gbps .....	75
Tabel 4. 2 Hasil Data SER Daya dan Jarak Bit Rate 10 Gbps .....	78
Tabel 4. 3 Hasil Data EVM Daya dan Jarak Bit Rate 10 Gbps .....	80
Tabel 4. 4 Hasil Data Min BER Daya dan Jarak Bit Rate 20 Gbps .....	82
Tabel 4. 5 Hasil Data SER Daya dan Jarak Bit Rate 20 Gbps .....	85
Tabel 4. 6 Hasil Data EVM Daya dan Jarak Bit Rate 20 Gbps .....	88
Tabel 4. 7 Hasil Data Min BER Daya dan Jarak Bit Rate 30 Gbps .....	91
Tabel 4. 8 Hasil Data SER Daya dan Jarak Bit Rate 30 Gbps .....	93
Tabel 4. 9 Hasil Data EVM Daya dan Jarak Bit Rate 30 Gbps .....	95
Tabel 4. 10 Hasil Data Min BER Daya dan Jarak Bit Rate 40 Gbps .....	97
Tabel 4. 11 Hasil Data SER Daya dan Jarak Bit Rate 40 Gbps .....	99
Tabel 4. 12 Hasil Data EVM Daya dan Jarak Bit Rate 40 Gbps.....	101
Tabel 4. 13 Nilai Daya Terima Hasil Simulasi .....	103
Tabel 4. 14 Nilai Daya Terima Hasil Perhitungan Teoritis .....	103

## DAFTAR SINGKATAN

APD	: <i>Avalanche photodiode</i>
ASK	: <i>Amplitude Shift Keying</i>
ATDM	: <i>Asynchronous Time Division Multiplexing</i>
BER	: <i>Bit Error Rate</i>
EVM	: <i>Error Vector Magnitude</i>
FDM	: <i>Frequency Division Multiplexing</i>
FFT	: <i>Fast Fourier Transform</i>
GEO	: <i>Geostationary Earth Orbit</i>
GSO	: <i>Geosynchronous Earth Orbit</i>
IFFT	: <i>Inverse Fast Fourier Transform</i>
IS – OWC	: <i>Inter Satellite – Optical Wireless Communication</i>
LASER	: <i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LED	: <i>Light emitting diode</i>
LEO	: <i>Low Earth Orbit</i>
LOS	: <i>Line of Sight</i>
MEO	: <i>Medium Earth Orbit</i>
MZM	: <i>Mach-Zehnder Modulator</i>
OFDM	: <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
OWC	: <i>Optical Wireless Channel</i>
PAPR	: <i>Peak to Average Power Ratio</i>
PSK	: <i>Phase Shift Keying</i>
QAM	: <i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
SER	: <i>Symbol Error Rate</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
STDM	: <i>Synchronous Time Division Multiplexing</i>
TDM	: <i>Time Division Multiplexing</i>
TT&C	: <i>Telemetry, Tracking and Communication</i>