

SKRIPSI

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM 4-QAM-OFDM PADA
LEO/MEO *INTERSATELLITE OPTICAL WIRELESS
COMMUNICATION (IS-OWC)***

*Performance Analysis of 4-QAM-OFDM System in LEO/MEO
Intersatellite Optical Wireless Communication (IS-OWC)*



Disusun oleh

FARHAN REVI FITRA HANDOYO

19101031

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

2023

SKRIPSI

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM 4-QAM-OFDM PADA
LEO/MEO *INTERSATELLITE OPTICAL WIRELESS
COMMUNICATION (IS-OWC)***

*Performance Analysis of 4-QAM-OFDM System in LEO/MEO
Intersatellite Optical Wireless Communication (IS-OWC)*



Disusun oleh

FARHAN REVI FITRA HANDOYO

19101031

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

2023

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM 4-QAM-OFDM PADA
LEO/MEO *INTERSATELLITE OPTICAL WIRELESS*
*COMMUNICATION (IS-OWC)***

*Performance Analysis of 4-QAM-OFDM System in LEO/MEO
Intersatellite Optical Wireless Communication (IS-OWC)*

Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar

Sarjana Teknik (S.T.)

Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto

2023

Disusun oleh

Farhan Revi Fitra Handoyo

19101031

DOSEN PEMBIMBING

Fauza Khair, S.T., M.Eng.

Eko Fajar Cahyadi, S.T., M.T., Ph.D.

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM 4-QAM-OFDM PADA LEO/MEO
INTERSATELLITE OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION (IS-OWC)**

*Performance Analysis of 4-QAM-OFDM System in LEO/MEO Intersatellite
Optical Wireless Communication (IS-OWC)*

Disusun Oleh:

Farhan Revi Fitra Handoyo

19101031

Telah dipertanggungjawabkan dihadapan Tim Penguji pada tanggal 8 Agustus
2023

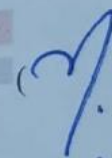
Susunan Tim Penguji


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

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


Penguji 1 : Bongga Arifwidodo, S.ST., M.T.
NIDN. 0603118901

Penguji 2 : Jafaruddin Gusti Amri Ginting, S.T., M.T.
NIDN. 0620108901

 15/08/23

 15/08/23

 15/08/23

 15/08/2023

MENGETAHUI,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto



Prasetyo Yuniandoro, S.T., M.T.

NIDN. 0620079201

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, Farhan Revi Fitra Handoyo, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM 4-QAM-OFDM PADA LEO/MEO *INTERSATELLITE 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 menerima resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan skripsi saya ini.

Purwokerto, 5 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Farhan Revi Fitra Handoyo)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM 4-QAM-OFDM PADA LEO/MEO INTERSATELLITE 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. Kedua orang tua beserta adik saya, yang senantiasa telah memberikan dukungan moral dan materil selama proses pengerjaan penelitian, serta do'a yang selalu menyertai penulis.
2. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
3. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
4. Bapak Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
5. Bapak Fauza Khair S.T., M.Eng. selaku pembimbing I yang telah membimbing dan meluangkan banyak waktu dalam memberikan arahan, menjelaskan tema, ide serta penulisan dan penyusunan tugas akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini
6. Bapak Eko Fajar Cahyadi S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing II yang telah membimbing, memberikan arahan, penjelasan, ide, serta saran dan motivasi dalam mendiskusikan penulisan serta penyusunan Tugas Akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen, Staff dan Karyawan Program studi S1 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto baik secara langsung dan tidak langsung telah membantu kelancaran penyusunan Tugas akhir ini.

8. Seluruh teman-teman penulis yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, baik secara langsung dan tidak langsung telah membantu penulis untuk dapat mencapai tahap ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas akhir.

Purwokerto, Juli 2023

(Farhan Revi Fitra Handoyo)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	1
SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
PRAKATA	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
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 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 DASAR TEORI	11
2.2.1 <i>Intersatellite Link</i>	11
2.2.1.1 Komunikasi Satelit.....	13
2.2.2 <i>Intersatellite Optical Wireless Communication (IS-OWC)</i>	13
2.2.2.1 <i>Optical spectrum</i>	16

2.2.2.2 IS-OWC <i>Transmission Design</i>	16
2.2.2.3 <i>Optical Wireless Channel</i>	17
2.2.2.4 IS-OWC <i>Receiver Design</i>	17
2.2.2.5 <i>Pointing Error</i>	18
2.2.3 <i>Low Earth Orbit</i>	19
2.2.4 <i>Medium Earh Orbit</i>	19
2.2.5 <i>Geostationary Earth Orbit</i>	20
2.2.6 <i>Optisystem</i>	20
2.2.7 <i>Quadrature Amplitude Moduation (QAM)</i>	20
2.2.8 <i>Multiplexing</i>	21
2.2.9 <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)</i>	22
2.2.9.1 <i>Keunggulan OFDM System</i>	23
2.2.9.2 <i>Kekurangan OFDM System</i>	24
2.2.10 <i>Low Pass Filter (LPF)</i>	24
2.2.11 <i>Mach Zehnder Modulator (MZM)</i>	25
2.2.12 <i>Bit Error Rate</i>	25
2.2.13 <i>Symbol Error Rate</i>	26
2.2.14 <i>Error Vector Magnitude</i>	26
2.2.15 <i>Coherent Detection</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 <i>Tempat Penelitian</i>	28
3.2 <i>Alat dan Bahan</i>	28
3.3 <i>Alur Penelitian</i>	29
3.3.1 <i>Blok Diagram Sistem</i>	31
3.3.2 <i>Blok Transmitter</i>	33
3.3.3 <i>Blok Medium Transmission</i>	34

3.3.4 Blok <i>Receiver</i>	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Analisis Pengaruh <i>Ponting Error Angle</i> Panjang Gelombang 1310 nm	38
4.1.1 Analisis Nilai <i>Error Vector Magnitude</i> (EVM) Panjang Gelombang 1310 nm	39
4.1.1 Analisis Nilai Daya Terima <i>Optical Wireless Channel</i> (OWC) Panjang Gelombang 1310 nm.....	41
4.1.2 Analisis Nilai <i>Symbol Error Rate</i> (SER) Panjang Gelombang 1310 nm ..	43
4.1.3 Analisis Nilai <i>Bit Error Rate</i> (BER) Panjang Gelombang 1310 nm	45
4.1.4 Analisis Nilai EVM, Daya Terima OWC, SER, Dan BER	47
4.2 Analisis Pengaruh <i>Ponting Error Angle</i> Panjang Gelombang 1550 nm	48
4.2.1 Analisis Nilai <i>Error Vector Magnitude</i> (EVM) Panjang Gelombang 1550 nm	48
4.2.2 Analisis Nilai Daya Terima <i>Optical Wireless Channel</i> (OWC) Panjang Gelombang 1550 nm.....	50
4.2.3 Analisis Nilai <i>Symbol Error Rate</i> (SER) Panjang Gelombang 1550 nm ..	52
4.2.4 Analisis Nilai <i>Bit Error Rate</i> (BER) Panjang Gelombang 1550 nm	54
4.2.5 Analisis Nilai EVM, Daya Terima OWC, SER, Dan BER	56
4.3 Perhitungan Teoritis Daya Terima OWC Pada Sistem IS-OWC Panjang Gelombang 1310 nm.....	57
4.4 Perhitungan Teoritis Daya Terima OWC Pada Sistem IS-OWC Panjang Gelombang 1550 nm.....	60
4.5 Perbandingan Tabel EVM Panjang Gelombang 1310 nm Dan 1550 nm	63
BAB V PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65

LAMPIRAN.....	70
Lampiran 1 Hasil Cek Plagiarisme	70
Lampiran 2 Perhitungan Teoritis 1310 nm	71
Perhitungan Daya Terima OWC Panjang Gelombang 1310 nm	71
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 0 μ rad:	72
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 1 μ rad:	74
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 2 μ rad:	76
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 3 μ rad:	79
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 4 μ rad:	81
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 5 μ rad:	83
Lampiran 3 Perhitungan Teoritis 1550 nm	85
Perhitungan Daya Terima OWC Panjang Gelombang 1550 nm	85
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 0 μ rad:	87
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 1 μ rad:	89
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 2 μ rad:	91
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 3 μ rad:	93
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 4 μ rad:	95
Perhitungan Daya Terima OWC <i>Pointing Error Transmitter</i> 5 μ rad:	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Intersatellite Optical Wireless Communication</i>	12
Gambar 2.2 Blok Diagram <i>Intersatellite Optical Wireless Communication</i>	14
Gambar 2.3 <i>Optical Radiation Wavelength</i>	16
Gambar 2.4 Tantangan <i>Optical Wireless Communication</i>	18
Gambar 2.5 Diagram Konstelasi 4 QAM.....	21
Gambar 2.6 OFDM <i>Transceiver Model</i>	22
Gambar 2.7 Perbandingan Konvensional FDM dan <i>Orthogonal FDM</i>	23
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian	29
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Transmisi	31
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Medium Transmisi	32
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Penerima	32
Gambar 3.5 Blok Sistem Transmisi.....	33
Gambar 3.6 Blok <i>Medium</i> Transmisi	35
Gambar 3.7 Blok Sistem Penerima.....	36
Gambar 4.1 Grafik Analisis EVM Panjang Gelombang 1310 nm	40
Gambar 4.2 Grafik Analisis Daya Terima OWC Panjang Gelombang 1310 nm	42
Gambar 4.3 Grafik Analisis SER Panjang Gelombang 1310 nm.....	44
Gambar 4.4 Grafik Analisis BER Panjang Gelombang 1310 nm	46
Gambar 4.5 Grafik Analisis EVM Panjang Gelombang 1550 nm	49
Gambar 4.6 Grafik Analisis Daya Terima OWC Panjang Gelombang 1550 nm	51
Gambar 4.7 Grafik Analisis SER Panjang Gelombang 1550 nm.....	53
Gambar 4.8 Analisa Grafik BER Panjang Gelombang 1550 nm	55
Gambar 4.9 Grafik Daya Terima Simulasi Panjang Gelombang 1310 nm ...	58
Gambar 4.10 Grafik Daya Terima Perhitungan Panjang Gelombang 1310 nm	59
Gambar 4.11 Grafik Daya Terima Simulasi Panjang Gelombang 1550 nm .	61
Gambar 4.12 Grafik Daya Terima Perhitungan Panjang Gelombang 1550 nm	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jurnal Acuan	9
Tabel 3.1 Parameter <i>Transmitter</i>	34
Tabel 3.2 Parameter <i>Optical Wiereless Communication</i>	35
Tabel 3.3 Parameter <i>Receiver</i>	36
Tabel 4.1 Hasil Data EVM Panjang Gelombang 1310 nm.....	39
Tabel 4.2 Hasil Data Daya Terima OWC Panjang Gelombang 1310 nm.....	41
Tabel 4.3 Hasil Data <i>Symbol Error Rate</i> (SER) Panjang Gelombang 1310 nm	43
Tabel 4.4 Hasil Data <i>Bit Error Rate</i> (BER) Panjang Gelombang 1310 nm....	45
Tabel 4.5 Hasil Data EVM Panjang Gelombang 1550 nm.....	48
Tabel 4.6 Hasil Data Daya Terima OWC Panjang Gelombang 1550 nm.....	50
Tabel 4.7 Hasil Data SER Panjang Gelombang 1550 nm	52
Tabel 4.8 Hasil Data BER Panjang Gelombang 1550 nm	54
Tabel 4.9 Hasil Data Simulasi Panjang Gelombang 1310 nm.....	57
Tabel 4.10 Hasil Data Perhitungan Teoritis Simulasi Panjang Gelombang 1310 nm	57
Tabel 4.11 Hasil Data Simulasi Panjang Gelombang 1550 nm.....	60
Tabel 4.12 Hasil Data Perhitungan Teoritis Simulasi Panjang Gelombang 1550 nm	60
Tabel 4.13 Hasil Data EVM Panjang Gelombang 1310 nm.....	63
Tabel 4.14 Hasil Data EVM Panjang Gelombang 1550 nm.....	63

DAFTAR SINGKATAN

ISL	: <i>Intersatellite Link</i>
RF	: <i>Radio Frequency</i>
IS-OWC	: <i>Intersatellite Optical Wireless Communication</i>
OFDM	: <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
QAM	: <i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
LEO	: <i>Low Earth Orbit</i>
MEO	: <i>Medium Earth Orbit</i>
GEO	: <i>Geostationary Earth Orbit</i>
ASK	: <i>Amplitude Shift Keying</i>
PSK	: <i>Phase Shift Keying</i>
PAM	: <i>Pulse Amplitude Modulation</i>
QPSK	: <i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
FDM	: <i>Frequency Division Multiplexing</i>
TDM	: <i>Time Division Multiplexing</i>
CP	: <i>Cyclic Prefix</i>
ICI	: <i>Intercarrier Interference</i>
PAPR	: <i>Peak-to-Average Power Ratio</i>
LPF	: <i>Low Pass Filter</i>
MZM	: <i>Mach Zehnder Modulator</i>
BER	: <i>Bit Error Rate</i>
SER	: <i>Symbol Error Rate</i>
EVM	: <i>Error Vector Magnitude</i>
OWC	: <i>Optical Wireless Channel</i>
CW Laser	: <i>Continuous Wave Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>