

**DESAIN DAN ANALISIS SISTEM KOMUNIKASI *RADIO OVER FSO*
(RoFSO) DENGAN TEKNIK MODULASI EKSTERNAL UNTUK
CUACA YANG BERVARIASI**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

TITAH INDYRA PASHA

NIM. 145060307111012

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN DAN ANALISIS SISTEM KOMUNIKASI *RADIO OVER FSO*
(RoFSO) DENGAN MODULASI EKSTERNAL UNTUK CUACA
YANG BERVARIASI

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



TITAH INDYRA PASHA
NIM. 145060307111012

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 6 Maret 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dosen Pembimbing

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

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.
NIP. 19580728 198701 1 001

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, 2 Maret 2018

Mahasiswa,

Titah Indyra Pasha
NIM. 145060307111012

Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:

Bapak dan Ibu tercinta

RINGKASAN

Titah Indyra Pasha, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, Desain dan Analisis Sistem Komunikasi *Radio over FSO (RoFSO)* dengan Modulator Eksternal untuk Cuaca yang Bervariasi, Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.

Teknologi *Radio over Fiber (RoF)* merupakan jaringan yang baik untuk integrasi sistem komunikasi nirkabel dan sistem komunikasi optik. Implementasi RoF tergantung pada ketersediaan instalasi kabel serat optik, oleh karena itu, dengan tidak adanya infrastruktur serat, sistem RoFSO yang diusulkan bisa dengan mudah diaplikasikan. Sistem komunikasi FSO bila dibandingkan dengan sistem komunikasi nirkabel lainnya yaitu *bandwidth* yang lebih lebar, biaya instalasi yang lebih murah dibandingkan dengan serat optik, lebih mudah dan cepat dalam proses penyebaran, tidak membutuhkan lisensi, dan praktis karena *transceiver* FSO dapat diletakkan di dekat jendela manapun pada atap gedung. Kondisi cuaca seperti hujan, debu, salju, dan kabut / asap menjadi kendala pada media transmisi sistem FSO.

Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan *Optisystem* yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh kondisi cuaca pada performansi sistem komunikasi RoFSO menggunakan teknik modulasi eksternal. Pengujian dilakukan pada panjang gelombang 1550.12 nm untuk kanal 1 dan 1558.98 nm untuk kanal 2, bit rate 10 Gbps dan 15 Gbps. Atenuasi cuaca cerah yang digunakan 0,233 dB/km dan cuaca hujan lebat 19,28 dB/km untuk kanal 1 sedangkan 19,95 dB/km untuk kanal 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada cuaca cerah, kombinasi rangkaian sistem komunikasi RoFSO yang memberikan performansi parameter BER terbaik yaitu *bit rate* 10 Gbps, *line coding* NRZ, panjang gelombang 1550.12 nm, dan jarak transmisi 1 km. Nilai terendah BER yaitu $3,132 \times 10^{-13}$ dan *Q-Factor* tertinggi pada nilai 7,1895. Pada cuaca hujan lebat, kombinasi rangkaian sistem komunikasi RoFSO yang memberikan performansi parameter BER terbaik yaitu *bit rate* 10 Gbps, *line coding* NRZ, panjang gelombang 1550.12 nm, dan jarak transmisi 100 m. Nilai terendah BER yaitu $3,114 \times 10^{-13}$ dan *Q-Factor* tertinggi pada nilai 7,1899.

Kata kunci : RoFSO, cuaca, modulator eksternal, BER, *Q-Factor*, *Optisystem*

SUMMARY

Titah Indyra Pasha, *Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, March 2018, Desain and Analysis of Radio over FSO Communication System (RoFSO) with External Modulator for Various Wheather, Academic Supervisor: Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.*

Radio over Fiber (RoF) technology is a good network for the integration of wireless communication and optical communication systems. RoF implementation depends on the availability of fiber optic cable installation, therefore, in the absence of fiber infrastructure, the proposed RoFSO system can be easily applied. . FSO communication system when compared with other wireless communication system that is wider bandwidth, cheaper installation cost compared to optical fiber, easier and faster in spreading process, no license required, and practical because FSO transceiver can be placed near any window on The weather conditions such as rain, dust, snow, and fog / smoke become constraints on the transmission media of the FSO system.

This research was conducted simulation with Optisystem which aims to examine the effect of weather conditions on RoFSO communication system performance using external modulation technique. The tests were performed at a wavelength of 1550.12 nm for channel 1 and 1558.98 nm for channel 2, bit rate 10 Gbps and 15 Gbps. Attenuasi sunny weather used 0.233 dB / km and rainy weather 19,28 dB / km for channel 1 while 19,95 dB / km for channel 2.

The results showed that in sunny weather, the combination of RoFSO communication system sequence which gives the best BER parameter performance is 10 Gbps bit rate, NRZ line coding, wavelength 1550.12 nm, and transmission distance 1 km. The lowest BER was $3,132 \times 10^{-13}$ and the highest Q-Factor at 7.1895. In heavy rainy weather, the combination of RoFSO communications system sequences that provide the best BER parameter performance is 10 Gbps bit rate, NRZ line coding, wavelength 1550.12 nm, and transmission distance 100 m. The lowest BER was $3,114 \times 10^{-13}$ and the highest Q-Factor was 7.1899.

Keyword : RoFSO, weather, external modulator, BER, Q-Factor, Optisystem

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “DESAIN DAN ANALISIS SISTEM KOMUNIKASI *RADIO OVER FSO* (RoFSO) DENGAN MODULATOR EKSTERNAL UNTUK CUACA YANG BERVARIASI” 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:

1. Bapak, Mama, Adek, dan seluruh keluarga besar tercinta, Bapak Sugik Hernawan, Mama Asmiyati, Adek Ghayu Sabilla Pasha dan Elfath Maghfira Pasha. Terima kasih untuk dukungan dan doa tak pernah putus telah diberikan.
2. Bapak Ir. Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D, IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Ibu Ir. Nurussa’adah, MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu dan tenaga sejak bimbingan awal, memberikan saran, nasehat, dan pelajaran.
6. Ibu Rusmi Ambarwati S.T.,M.T, selaku KKDK konsentrasi telekomunikasi yang banyak memberikan pengarahan dalam hal akademik dan penulisan skripsi.
7. Danang Ardhy Haryanto, selaku ketua angkatan yang senantiasa menyemangati dan membantu di setiap proses penulisan.
8. Teman seperjuangan, Anastiti Putri Ramadhani Sudaryono yang selalu mendorong dan memotivasi penulis untuk bersama-sama menyelesaikan skripsi secepat dan sebaik mungkin.

9. Sahabat Myluv, Nola, Muthia, Arby yang telah menjadi teman diskusi tentang apapun.
10. Teman-teman HME 2017/2018 yang telah mengisi waktu semester tua dengan kegiatan bermanfaat.
11. Keluarga besar Teknik Telekomunikasi (ISNAINI CREW) 2014 dan DIODA 2014 yang telah berbagi ilmu telekomunikasi, pelajaran kehidupan, kenangannya.
12. Rekan-rekan asisten Laboratorium Telekomunikasi 2012, 2013, 2014 dan 2015.
13. 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, 2 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Komunikasi <i>Radio over Fiber</i> (RoF).....	5
2.1.1 Merancang dan Menganalisis <i>Radio over Fiber</i> (RoF).....	6
2.1.2 Meningkatkan Kinerja Sistem RoF.....	9
2.2 Sistem Komunikasi <i>Free Space Optical</i> (FSO).....	10
2.2.1 Arsitektur <i>Free Space Optical</i> (FSO).....	11
2.2.2 Propagasi <i>Line of Sight</i> (LoS).....	12
2.2.3 Konsep Redaman Optik.....	13
2.2.4 Pengaruh Hujan Terhadap Sistem FSO	13
2.3 Sistem Komunikasi RoFSO	15
2.4 Arsitektur RoFSO	15
2.4.1 <i>Line Coding</i>	16
2.4.2 <i>Non Return to Zero</i> (NRZ)	17
2.4.3 <i>Return to Zero</i> (RZ).....	17
2.4.4 Pemancar Optik	18
2.4.5 <i>Optical Modulator</i>	18
2.4.6 <i>Mach-Zehnder Modulator</i>	19
2.4.7 <i>Receiver</i>	20

2.5	<i>Wavelength Division Multiplexing (WDM)</i>	21
2.6	Parameter Performa.....	22
2.6.1	<i>Bit Error Rate (BER)</i>	22
2.6.2	<i>Q-factor</i>	23
2.7	<i>Software Optisystem</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Penentuan Jenis dan Cara Pengambilan Data	25
3.2	Pengambilan Data Primer	26
3.3	Pengambilan Data Sekunder	27
3.4	Variabel dan Cara Analisis Data	30
3.5	Kerangka Solusi Masalah.....	30
3.5.1	Pengujian Variasi <i>Bit Rate</i> terhadap Jarak Transmisi.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Konfigurasi Rangkaian Eksperimen	33
4.2	Komponen Perangkat Eksperimen.....	34
4.3	Prosedur Pengambilan Data	39
4.4	Hasil Eksperimen dan Pembahasan	42
4.4.1	Analisis Jarak dan Atenuasi terhadap <i>Bit Error Rate</i> pada <i>Bit Rate</i> 10 Gbps	42
4.4.2	Analisis Jarak dan Atenuasi terhadap <i>Q-Factor</i> pada <i>Bit Rate</i> 10 GBps.....	44
4.4.3	Analisis Jarak dan Atenuasi terhadap <i>Bit Error Rate</i> pada <i>Bit Rate</i> 15 Gbps	45
4.4.4	Analisis Jarak dan Atenuasi terhadap <i>Q-Factor</i> pada <i>Bit Rate</i> 15 Gbps	47
BAB V PENUTUP		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN 1		52
LAMPIRAN 2		53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia Menurut BMKG	13
Tabel 3.1	Spesifikasi Sistem Komunikasi FSO.....	28
Tabel 3.2	Spesifikasi CW Laser	28
Tabel 4.1	Parameter Perhitungan Atenuasi Cuaca Hujan Lebat	40
Tabel 4.2	Kombinasi Desain Simulasi Sistem Komunikasi RoFSO	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok Diagram Sistem RoF	6
Gambar 2.2	Aplifier pada Link Dasar RoF.....	10
Gambar 2.3	Gambar Skema Konfigurasi Link FSO	10
Gambar 2.4	Blok Diagram Sistem Komunikasi FSO secara umum	11
Gambar 2.5	<i>Line of Sight (LoS)</i>	12
Gambar 2.6	Konsep Sistem RoFSO	14
Gambar 2.7	Blok Diagram Sistem RoFSO.....	15
Gambar 2.8	Blok Diagram <i>Line Coding</i>	16
Gambar 2.9	Konfigurasi Pemancar dengan Modulasi Eksternal	18
Gambar 2.10	<i>Mach Zehnder Modulator (MZM)</i>	19
Gambar 2.11	Proses Modulator Eksternal	20
Gambar 2.12	<i>Electroabsorption (EAM)</i>	20
Gambar 2.13	Komponen Penerima Optik	21
Gambar 2.14	Konsep WDM.....	21
Gambar 2.15	Penggunaan <i>Repetear</i> Regeneratif pada Link WDM	25
Gambar 2.16	<i>Software</i> simulasi <i>Optisystem</i>	23
Gambar 3.1	Diagram Alir Langkah Penelitian	25
Gambar 3.2	Diagram Alir Pengambilan Data.....	26
Gambar 3.3	Blok Diagram Sistem RoFSO	29
Gambar 3.4	Diagram Alir Pengujian <i>Bit Rate</i> terhadap Jarak Transmisi.....	32
Gambar 4.1	Desain Konfigurasi Sistem Komunikasi RoFSO	33
Gambar 4.2	Komponen <i>Pseudo-Random Bit Sequence Generator</i>	35
Gambar 4.3	Komponen <i>Pulse Generator</i>	35
Gambar 4.4	Komponen <i>Sine Generator</i>	36
Gambar 4.5	Komponen <i>Electrical Adder</i>	36
Gambar 4.6	Komponen WDM Mux	36
Gambar 4.7	Komponen Sumber Cahaya	37
Gambar 4.8	Komponen Modulator Eksternal.....	37
Gambar 4.9	Komponen <i>Free Space Optic</i>	38
Gambar 4.10	Komponen <i>Photodetector</i>	38
Gambar 4.11	Komponen <i>Filter</i>	39

Gambar 4.12	Komponen BER Analyzer.....	39
Gambar 4.13	Grafik Jarak terhadap BER pada Cuaca Terang.....	43
Gambar 4.14	Grafik Jarak terhadap BER pada Cuaca Hujan Lebat	43
Gambar 4.15	Grafik Jarak terhadap <i>Q-Factor</i> pada Cuaca Terang.....	44
Gambar 4.16	Grafik Jarak terhadap <i>Q-Factor</i> pada Cuaca Hujan Lebat	45
Gambar 4.17	Grafik Jarak terhadap BER pada Cuaca Terang	46
Gambar 4.18	Grafik Jarak terhadap BER pada Cuaca Hujan Lebat	46
Gambar 4.19	Grafik Jarak terhadap <i>Q-Factor</i> pada Cuaca Terang.....	47
Gambar 4.20	Grafik Jarak terhadap <i>Q-Factor</i> pada Cuaca Hujan Lebat	47

DAFTAR TABEL

Lampiran 1. Desain Konfigurasi Sistem Komunikasi RoFSO	52
Lampiran 2. Data Hasil Penelitian.....	53