

**ANALISIS PERFORMA SISTEM KOMUNIKASI OPTIK
EKSTERNAL MODULATOR DENGAN VARIASI *BIT RATE* DAN
*LINE CODING***

SKRIPSI
TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANASTITI PUTRI RAMADHANI SUDARYONO
NIM. 145060307111030

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PERFORMA SISTEM KOMUNIKASI OPTIK
EKSTERNAL MODULATOR DENGAN VARIASI *BIT RATE* DAN
LINE CODING

SKRIPSI
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANASTITI PUTRI RAMADHANI SUDARYONO
NIM. 145060307111030

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 2 April 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

JUDUL SKRIPSI

ANALISIS PERFORMA SISTEM KOMUNIKASI OPTIK EKSTERNAL MODULATOR
DENGAN VARIASI *BIT RATE* DAN *LINE CODING*

Nama Mahasiswa : Anastiti Putri Ramadhani Sudaryono

NIM : 145060307111030

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Konsentrasi : TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Dwi Fadila Kurniawan, S.T., M.T.

Dosen Penguji 2 : Ir. Endah B. Purnomowati, M.T.

Dosen Penguji 3 : Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng.

Dosen Penguji Saksi : Sapriesty Nainy Sari, S.T., M.T.

Tanggal Ujian : 23 Maret 2018

SK Penguji : 623/UN10.F07/SK/2018

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, 15 Maret 2018

Mahasiswa,

Anastiti Putri Ramadhani Sudaryono
NIM. 145060307111030

RIWAYAT HIDUP

Hilman Yanuar Rahmadi, Ujung Pandang, 16 Januari 1997 anak dari ayah Sudaryono dan Ibu Wahdayuni Kasman, SD sampai SMA di kota Semarang lulus SMA tahun 2014, lulus program sarjana teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2018 Pengalaman kerja sebagai asisten laboratorium di Laboratorium Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2016 hingga 2018.

Malang . Maret 2018

Penulis

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Ayah dan ibu.

Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta, atas dorongan yang kuat, kebijaksanaan dan do'a.

Malang, Maret 2018

Penulis

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Papa dan Mama tercinta*

RINGKASAN

Anastiti Putri Ramadhani Sudaryono, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Analisis Performa Sistem Komunikasi Optik Eksternal Modulator Dengan Variasi Bit rate dan Line Coding*. Dosen Pembimbing: Sholeh Hadi P.

Modulator Optik berfungsi untuk menumpangkan sinyal-sinyal informasi berupa pulsa-pulsa cahaya ke dalam sinyal pembawa (*carrier*) agar dapat ditransmisikan. Secara umum, terdapat empat jenis eksternal modulator yaitu *electro-optics*, *acousto optics*, dan *electro-absorption*. Modulator yang kini sering digunakan adalah *Mach-Zehnder Modulator* (MZM) dan *Electro-absorption Modulator* (EAM). Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap performa sistem dari eksternal modulator *Mach-Zehnder Modulator* (MZM) dan *Electro-absorption Modulator* (EAM) dengan variasi *bit rate* 10 Gbps dan 40 Gbps, *line coding* *Non Return to Zero* (NRZ) dan *Return to Zero* (RZ). Penelitian ini dilakukan dengan simulasi *software optisystem 7.0*. Sinyal informasi di bangkitkan dengan menggunakan *Pseudo-Random Bit Sequence* lalu sinyal tersebut diubah menjadi sinyal digital menggunakan *line coding*, sinyal *carrier* dengan panjang gelombang 1550,12 nm dan 1558,98 nm dihasilkan dari CW Laser lalu proses modulasi dilakukan pada eksternal modulator. Sinyal termodulasi tersebut akan di transmisikan melalui *single mode fiber* sepanjang 10 km – 100 km dengan menggunakan variasi *bit rate* 10 Gbps sedangkan 1 km- 10 km dengan menggunakan variasi *bit rate* 40 Gbps, lalu akan diterima pada *photodetector* APD.

Analisis performa modulator optik pada sistem komunikasi optik menggunakan parameter dari nilai BER, *Q-Factor*, dan *loss*. Setelah melakukan simulasi didapatkan bahwa semakin jauh jarak transmisi maka nilai BER akan semakin besar, nilai *Q-factor* berbanding terbalik dengan nilai BER dimana, semakin jauh jarak transmisi maka nilai *Q-Factor* akan semakin kecil. *Loss* yang terjadi pada jarak transmisi yang jauh akan besar. Hasil simulasi performa sistem komunikasi optik terbaik yaitu menggunakan *Electro-absorption modulator* (EAM) dengan panjang gelombang 1550,12 nm, *bit rate* 10 Gbps dan menggunakan *line coding* RZ didapatkan nilai BER $1,18 \times 10^{-45}$, *Q-Factor* sebesar 14,1270, dan *loss* sebesar 0,2 dB pada jarak 10 km.

Kata kunci: *external modulator, fiber optic, MZM, EAM.*

SUMMARY

Anastiti Putri Ramadhani Sudaryono, *Departmen of Electrical Engineering, Brawijaya University, January 2018, Performance Analysis of Optical Fiber Communicatio System External Modulator with Bit rate and Line Coding Variations. Advisor : Sholeh Hadi P.*

Optical Modulator serves to lay off the information signals of light pulses into the carrier signal (carrier) in order to be transmitted. In general, there are four types of external modulators namely electro-optics, acousto optics, and electro-absorption. Current modules are Mach-Zehnder Modulator (MZM) and Electro-absorption Modulator (EAM). In this research, an analysis of system performance from external modulator Mach-Zehnder Modulator (MZM) and Electro-absorption Modulator (EAM) with variation of 10 Gbps and 40 Gbps bit rate, Non Return to Zero (NRZ) and Return to Zero RZ). This research was conducted with optical system 7.0 simulation. The information signal is generated by using Pseudo-Random Bit Sequence then the signal is converted into digital signal using line coding, carrier signal with wavelength 1550,12 nm and 1558,98 nm is produced from CW Laser then modulation is done on external modulator. The modulated signal will be transmitted through single mode fiber along 10 km - 100 km by using 10 Gbps bit rate variation while 1 km - 10 km using variation bit rate 40 Gbps, then will be received on photodetector APD.

Analysis of optical modulator performance on optical communication system using parameters of BER, Q-Factor, and loss. After doing the simulation it is found that the longer the transmission distance to eat the value of BER will be greater, the value of Q-factor inversely proportional to the value of BER where, the further the transmission distance, the Q-Factor value will be smaller. Loss that occur at a large transmission distance will be large. The best performance of optical communication system simulation is using Electro-absorption modulator (EAM) with wavelength 1550,12 nm, 10 Gbps bit rate and using RZ line coding obtained BER value of 1.18×10^{-45} , Q-Factor of 14, 1270, and the loss of 0,2 dB at a distance of 10 km.

Keywords: external modulator, fiber optic, MZM, EAM.

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS PERFORMA SISTEM KOMUNIKASI OPTIK EKSTERNAL MODULATOR DENGAN VARIASI *BIT RATE* DAN *LINE CODING*” 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:

- Papa Sudaryono, Mama Nunik, Kakak A, dan Dek Ajid yang selalu memberikan kasih sayang dan do’a yang tak pernah putus.
- Bapak Ir. Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D, IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ibu Ir. Nurussa’adah, MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS. sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan kesempatan, ilmu, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan.
- Ibu Rusmi Ambarwati S.T.,M.T, selaku KKDK konsentrasi telekomunikasi yang banyak memberikan pengarahan dalam hal akademik dan penulisan skripsi.
- Hilman Yanuar Rahmadi yang telah memberikan semangat, motivasi, tips dan trik bagi penulis.
- Teman seperjuangan, Titah Indyra Pasha Ungu yang selalu mendorong dan memotivasi penulis untuk bersama-sama menyelesaikan skripsi secepat dan sebaik mungkin.
- Keluarga besar Teknik Telekomunikasi (ISNAINI CREW) 2014 dan DIODA 2014 untuk dukungan dan semangat.
- Teman-teman Workshop Divisi Robotika angkatan 2012, 2013, 2014, 2015 dan 2016.
- Rekan-rekan asisten Laboratorium Telekomunikasi 2012, 2013, 2014 dan 2015.
- Teman-teman myluv Muthia, Nola, Arby, dan teman-teman Fans Aku Imantaka, Bima, Fajri dan Muis yang telah memberikan semangat kepada penulis.

- 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, 15 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Transmisi Serat Optik.....	5
2.1.1 Definisi Serat Optik <i>Single mode</i>	6
2.2 <i>Wavelength Division Multiplexing</i> (WDM).....	6
2.2.1 <i>Coarse Wavelength Division Multiplexing</i> (CWDM)	7
2.3 Jaringan Lokal Akses Fiber	8
2.4 <i>Line coding</i>.....	10
2.4.1 <i>Non Return to Zero</i> (NRZ).....	10
2.4.2 <i>Return to Zero</i> (RZ)	11
2.5 Sumber Optik.....	12
2.5.1 CW Laser	13
2.5.2 Prinsip Kerja Laser	13
2.6 Modulator Optik	14
2.6.1 <i>Mach Zehnder Modulator</i>	15
2.6.2 <i>Electroabsorption Modulator</i>	16

2.7 Komponen Komunikasi Optik.....	17
2.7.1 <i>Erbium Doped Fiber Amplifier</i> (EDFA)	17
2.7.2 Penerima optik.....	20
2.8 Parameter Performansi.....	21
2.8.1 <i>Bit Error Rate</i> (BER).....	21
2.8.2 <i>Q-factor</i>	21
2.8.3 <i>Loss</i>	22
2.9 <i>Software OptiSystem</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Jenis dan cara pengambilan data	23
3.2 Pengambilan Data primer	24
3.3 Data Sekunder	25
3.4. Variabel dan Cara Analisis Data.....	27
3.5. Kerangka Solusi Masalah	27
3.5.1 Pengujian Variasi <i>Bit rate</i>	27
3.5.2 Pengujian variasi <i>Line coding</i>	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Konfigurasi Perangkat Eksperimen.....	33
4.2 Prosedur Pengambilan Data	38
4.2.1 Konfigurasi Rangkaian Sistem Komunikasi Serat Optik dengan menggunakan <i>Software Optisystem 7.0</i>	39
4.3 Hasil Eksperimen dan Pembahasan.....	42
4.3.1 Analisis Performansi Sistem Komunikasi Serat Optik Menggunakan <i>Bit rate</i> 10 Gbps	43
4.3.1.1 BER dengan <i>Bit rate</i> 10 Gbps	43
4.3.1.2 <i>Q-Factor</i> dengan <i>Bit rate</i> 10 Gbps	44
4.3.1.3 <i>Loss</i> dengan <i>Bit rate</i> 10 Gbps	46
4.3.2 Analisis Performansi Sistem Komunikasi Serat Optik Menggunakan <i>Bit rate</i> 40 Gbps	47
4.3.2.1 BER dengan <i>Bit rate</i> 40 Gbps	47
4.3.2.2 <i>Q – Factor</i> dengan <i>Bit rate</i> 40 Gbps	48
4.3.2.3 <i>Loss</i> dengan <i>Bit rate</i> 40 Gbps	50
BAB V PENUTUP	51

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Perbandingan Karakteristik Detektor Optik	20
Tabel 3.1	Spesifikasi Sumber Optik	25
Tabel 3.2	Spesifikasi kabel Optik	25
Tabel 3.4	Spesifikasi APD InGaAs	26
Tabel 4.1	Spesifikasi komponen yang digunakan.....	36
Tabel 4.2	Kombinasi Desain Simulasi Sistem Komununikasi Serat Optik	38
Tabel 4.3	Variasi Jarak	42

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur dasar serat optik.....	5
Gambar 2.2	Panjang Gelombang CWDM.....	8
Gambar 2.3	Konfigurasi <i>Fiber To The Zone</i>	8
Gambar 2.4	Konfigurasi <i>Fiber To The Curb</i>	9
Gambar 2.5	Konfigurasi <i>Fiber To The Building</i>	9
Gambar 2.6	Konfigurasi <i>Fiber To The Building</i>	9
Gambar 2.7	<i>Line coding</i>	10
Gambar 2.8	Skema NRZ unipolar.....	10
Gambar 2.9	Skema NRZ polar.....	11
Gambar 2.10	<i>Komponen Dasar Laser</i>	13
Gambar 2.11	Struktur <i>Mach-Zehnder Modulation</i>	15
Gambar 2.12	(a) Konfigurasi modulator LiNbO ₃ pada Mach–Zehnder; (b) Semikonduktor modulator berdasarkan <i>Electroabsorption</i>	17
Gambar 2.13	Ilustrasi dari EDFA.....	17
Gambar 2.14	<i>in-line optical amplifiers</i>	19
Gambar 2.15	<i>Preamplifier</i>	19
Gambar 2.16	<i>Power (booster) amplifier</i>	19
Gambar 2.17	<i>Software Optisystem</i>	22
Gambar 3.1	Diagram alir tahapan kajian.....	23
Gambar 3.2	Diagram alir pengambilan data.....	24
Gambar 3.3	Blok diagram sistem komunikasi optik.....	26
Gambar 3.4	Diagram alir langkah pengujian <i>bit rate</i> terhadap jarak transmisi.....	29
Gambar 3.5	Diagram alir langkah pengujian variasi <i>line coding</i>	31
Gambar 4.1	Komponen <i>Pseudo-Random Bit Sequence Generator</i>	33
Gambar 4.2	Komponen CW Laser.....	34
Gambar 4.3	Komponen <i>Pulse Generator</i>	34
Gambar 4.4	Komponen Eksternal <i>Modulator</i>	35
Gambar 4.5	Komponen <i>Multiplexer</i>	35
Gambar 4.6	Komponen <i>demultiplexer</i>	35
Gambar 4.7	<i>Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)</i>	36

Gambar 4.8 <i>Photodetector APD</i>	37
Gambar 4.9 <i>Low Pass Filter</i>	37
Gambar 4.10 <i>BER Analyzer</i>	37
Gambar 4.11 <i>Komponen Power Meter</i>	38
Gambar 4.12 <i>Konfigurasi sistem komunikasi serat optik dengan menggunakan Mach-Zehnder Modulator</i>	39
Gambar 4.13 <i>Konfigurasi sistem komunikasi serat optik dengan Electroabsorbtion Modulator</i>	40
Gambar 4.14 <i>Grafik BER dengan bit rate 10 Gbps</i>	43
Gambar 4.15 <i>Grafik Q-Factor dengan bit rate 10 Gbps</i>	45
Gambar 4.16 <i>Grafik Loss dengan bit rate 10 Gbps</i>	46
Gambar 4.17 <i>Grafik BER dengan bit rate 10 Gbps</i>	47
Gambar 4.18 <i>Grafik Q-Factor dengan bit rate 40 Gbps</i>	49
Gambar 4.19 <i>Grafik Q-Factor dengan bit rate 10 Gbps</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Tabel Hasil <i>Mach-Zehnder Modulator</i>	55
Lampiran 2.	Tabel Hasil <i>Electro-Absorption Modulator</i>	58
Lampiran 3.	Tabel Loss	61

