

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji dan syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan dan petunjuk untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat serta pengikutnya hingga akhir zaman.

Dalam Tugas akhir yang berjudul “Simulasi Dan Analisis Distorsi Sinyal Sistem Ganda LTE-WCDMA Melalui Link Serat Optik” ini akan membahas mengenai pengaruh sumber-sumber ketidaklinearan yang ada pada perangkat di sistem RoF terhadap sinyal LTE dan WCDMA yang ditransmisikan melalui sistem RoF tersebut. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan pada Program Sarjana Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membantu dalam pengembangan selanjutnya.

Terimakasih.

Bandung, 26 November 2014

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, aku ingin mencurahkan rasa syukur yang tak terhingga atas segala cinta, dukungan, dan ketulusan yang selalu aku rasakan dari yang terkasih:

1. Allah SWT atas segala nikmat, petunjuk, dan ilmu yang Engkau berikan.
2. Nabi Muhammad SAW atas segala perjuangan penyampaian risalahNya sehingga aku mengetahui bagaimana aku harus menjalani kehidupan ini. Serta para sahabat nabi, para ulama, dan duat penerus perjuangan beliau yang hadir hingga akhir zaman.
3. Kedua orang tua ku, Ayahanda Syamsudin dan Ibunda Rini Lestari. Terima kasih atas cinta, ketulusan, pengorbanan, dukungan dan kesabaran yang kalian beri untuk ku. Maafkan aku atas setiap air mata yang jatuh dan peluh yang kalian rasa dalam membesarkan ku. Aku takkan bisa membalas kebaikan kalian, namun ku berharap kalian rido pada setiap kebaikan yang aku lakukan.
4. Adik-adik ku Arbianto Akbar Farizqi dan M. Affan Fahrezy beserta keluarga besar atas dukungan yang selalu mengalir.
5. Bapak Akhmad Hambali, Ir., MT. dan Bapak Uke Kurniawan Usman, Ir., MT. atas ilmu, kesediaan, ketulusan dan kesabaran yang kalian berikan dalam membimbing saya mengerjakan tugas akhir ini. Dan secara umum dosen-dosen pengajar di Telkom University atas seluruh ilmu yang telah diberikan.
6. Nur Sabaha atas kesediaan dan ketulusan meminjami saya laptop dan kosan untuk mengerjakan tugas akhir. Juga untuk Hanimaulia yang telah membantu saya dalam proses pendaftaran sidang. Ayo kita wisuda bareng!
7. Teman-teman seperjuangan di TT-34-05 atas keragaman warna yang telah terlukis indah dari cerita perjuangan menyelesaikan kuliah. *Special mention* untuk Andri, Riany, dan Hanimaulia, terima kasih atas kebersamaannya hingga akhir.
8. Keluarga Laboratorium Elektronika atas dukungan, semangat, ilmu, dan pengalaman yang telah tersimpul indah menjadi satu. Terima kasih Agus, Adri, Andre, Saba, Sari, Irpan, Rifqi, Kevin, Tourino, Agatha, Dhyta, dan Fika juga Hernawan Cs.
9. Alumni SMAN 1 Bekasi di Telkom University. Terima kasih untuk setiap dukungan dan semangat yang selalu ada dari Adhi, Aditya Qwee, dan Gentur.
10. Keluarga Syamsul Ulum atas beribu inspirasi yang telah diberikan. Terima kasih untuk Kang Anwar, Kang Indra, Kak Faisal, Faizal, dkk dari keluarga MQSU serta Irphan, Abdul Rahman, mas Alip dari keluarga DKM Syamsul Ulum.
11. Seluruh pihak yang secara khilaf belum disebut.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

|                                                                        |                              |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| ABSTRAK.....                                                           | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRACT.....                                                          | Error! Bookmark not defined. |
| KATA PENGANTAR .....                                                   | iii                          |
| UCAPAN TERIMA KASIH.....                                               | iv                           |
| DAFTAR ISI.....                                                        | v                            |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                    | vii                          |
| DAFTAR TABEL.....                                                      | ix                           |
| DAFTAR SINGKATAN .....                                                 | x                            |
| DAFTAR ISTILAH .....                                                   | xi                           |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                                 | Error! Bookmark not defined. |
| 1.1    Latar Belakang .....                                            | Error! Bookmark not defined. |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                                           | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3    Tujuan Penelitian .....                                         | Error! Bookmark not defined. |
| 1.4    Batasan Masalah .....                                           | Error! Bookmark not defined. |
| 1.5    Tahapan Penelitian.....                                         | Error! Bookmark not defined. |
| 1.6    Sistematika Penulisan .....                                     | Error! Bookmark not defined. |
| BAB II DASAR TEORI .....                                               | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1    Radio Over Fiber.....                                           | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2    Transmisi Sinyal RF Melalui Serat Optik.....                    | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3    Sumber Distorsi Pada Sistem Radio over Fiber.....               | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3.1    Sumber Distorsi Pada Pengirim .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3.2    Sumber Distorsi Pada Serat Optik .....                        | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3.3    Sumber Distorsi Pada Penerima.....                            | Error! Bookmark not defined. |
| 2.4    Sistem Ganda LTE-WCDMA .....                                    | Error! Bookmark not defined. |
| BAB III PEMODELAN DAN SIMULASI SISTEM.....                             | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1    Model Sistem Simulasi RoF untuk Sistem Ganda LTE dan WCDMA..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.1    Model Sistem Pengirim WCDMA .....                             | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.2    Model Sistem Pengirim LTE .....                               | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1.3    Model Sistem RoF .....                                        | Error! Bookmark not defined. |

|                                      |                                                          |                                     |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 3.2                                  | Pengukuran Nilai SNR.....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.3                                  | Skenario Simulasi .....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.3.1                                | Skenario pertama.....                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.3.2                                | Skenario Kedua .....                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.3.3                                | Skenario ketiga.....                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI ..... |                                                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.1                                  | Analisis Pengaruh Ketidaklinearan Perangkat Sistem RoF . | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.2                                  | Analisis Pengaruh Karakteristik Laser.....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.3                                  | Analisis Pengaruh Penggunaan Jenis WDM.....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.4                                  | Analisis Hubungan SNR dan Peluang Bit Error .....        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.5                                  | Hasil Akhir Analisis.....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....      |                                                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.1                                  | Kesimpulan .....                                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.2                                  | Saran .....                                              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| DAFTAR PUSTAKA .....                 |                                                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| LAMPIRAN                             |                                                          |                                     |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Pemodelan sederhana sebuah sistem RoF .....                        | 5  |
| Gambar 2.2 Sistem RFOF .....                                                  | 6  |
| Gambar 2.3 Teknik IM-DM .....                                                 | 6  |
| Gambar 2.4 <i>Frequency Chirping</i> Laser.....                               | 7  |
| Gambar 2.5 Ilustrasi Distorsi Sinyal Pada Serat Optik.....                    | 9  |
| Gambar 2.6 Arsitektur Sistem Ganda LTE-WCDMA.....                             | 11 |
| Gambar 2.7 Model sistem RoF untuk sistem ganda LTE dan WCDMA.....             | 11 |
| Gambar 2.8 Penggunaan bandwidth sistem ganda LTE dan WCDMA.....               | 12 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....                                      | 13 |
| Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem.....                                           | 14 |
| Gambar 3.3 Simulasi Sistem Pada <i>Optisystem 13</i> .....                    | 14 |
| Gambar 3.4 Parameter Global <i>Optisystem 13</i> .....                        | 15 |
| Gambar 3.5 Blok Diagram Pengirim WCDMA .....                                  | 15 |
| Gambar 3.6 Simulasi Sistem Pengirim WCDMA Pada Optisystem 13.....             | 16 |
| Gambar 3.7 Sinyal RF WCDMA.....                                               | 17 |
| Gambar 3.8 Blok Diagram Pengirim LTE .....                                    | 17 |
| Gambar 3.9 Simulasi Sistem Pengirim LTE Pada Optisystem 13 .....              | 18 |
| Gambar 3.10 Sinyal RF LTE.....                                                | 19 |
| Gambar 3.11 Simulasi Sistem RoF Pada <i>Optisystem 13</i> .....               | 19 |
| Gambar 3.12 Nilai Parameter Simulasi <i>Direct Modulation Laser</i> .....     | 20 |
| Gambar 3.13 Nilai Parameter Simulasi Serat Optik .....                        | 20 |
| Gambar 3.14(a) Nilai Parameter Simulasi <i>Photodiode</i> Responsivitas ..... | 21 |
| Gambar 3.14(b) Nilai Parameter Simulasi <i>Photodiode Noise</i> .....         | 21 |
| Gambar 3.15 Cara Mengukur Nilai SNR .....                                     | 22 |
| Gambar 3.16(a) Pengukuran Nilai Daya Sinyal dengan Power Meter .....          | 22 |
| Gambar 3.16(b) Pengukuran Nilai Daya Noise dengan Power Meter .....           | 22 |
| Gambar 3.17(a) Nilai Parameter Dispersi .....                                 | 23 |
| Gambar 3.17(b) Nilai Parameter Nonlinearitas Serat Optik .....                | 24 |
| Gambar 3.18 Nilai Parameter <i>Frequency Chirping</i> .....                   | 24 |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.19 Diagram Alir Skenario Simulasi Pertama .....                             | 25 |
| Gambar 3.20 Parameter <i>Frequency Chirping</i> Pada DML Dominan Transient Chirp ... | 26 |
| Gambar 3.21 Diagram Alir Skenario Simulasi Kedua.....                                | 27 |
| Gambar 3.22 Diagram Alir Skenario Simulasi Ketiga.....                               | 28 |
| Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Pada Skenario Simulasi Pertama.....                | 30 |
| Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Pada Skenario Simulasi Kedua .....                 | 32 |
| Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Pada Skenario Simulasi Ketiga .....                | 34 |
| Gambar 4.4(a) Pengukuran Efek FWM dengan OSA Pada CWDM.....                          | 35 |
| Gambar 4.4(b) Pengukuran Efek FWM dengan OSA Pada DWDM .....                         | 35 |
| Gambar 4.5(a) Efek FWM pada CWDM .....                                               | 36 |
| Gambar 4.5(b) Efek FWM pada DWDM.....                                                | 36 |
| Gambar 4.6(a) Sinyal di output demultiplekser CWDM .....                             | 37 |
| Gambar 4.6(b) Sinyal di output demultiplekser DWDM.....                              | 37 |
| Gambar 4.7 Grafik Hubungan $P_e$ dan SNR.....                                        | 39 |

## DAFTAR TABEL

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Sistem ganda LTE-WCDMA .....         | 12 |
| Tabel 3.1 Parameter Simulasi Pengirim WCDMA.....           | 16 |
| Tabel 3.2 Parameter Simulasi Pengirim LTE .....            | 18 |
| Tabel 4.1 Nilai SNR Hasil Pengujian Skenario Pertama ..... | 29 |
| Tabel 4.2 Nilai SNR Hasil Pengujian Skenario Kedua.....    | 32 |
| Tabel 4.3 Nilai SNR Hasil Pengujian Skenario Ketiga.....   | 34 |
| Tabel 4.4 Perbandingan Nilai SNR.....                      | 40 |