



**ANALISIS KEHANDALAN SISTEM WIMAX BERBASIS OFDM
(*ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING*)
MENGUNAKAN TEKNIK MODULASI ADAPTIF**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**NATASHA KUSUMA WARDHANI
NIM 091910201010**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Tak henti-hentinya ku ucap syukur karena tak hanya dengan kerja kerasku skripsi ini bisa terselesaikan tetapi juga dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT karena berkat rahmat, kuasa, serta hidayahNya pengerjaan skripsi ini dapat selesai seperti yang diharapkan;
2. Kedua orang tuaku -Maulana Surya Kusumah dan Wahyu Dyah Laksmi-, kedua adekku -Evan dan Ian-, Mbah Putri, Eyang-Enin yang selalu membimbing, merawat, mendoakan serta menyemangati untuk tercapainya semua cita-cita dan masa depan yang indah;
3. Semua saudara-saudaraku yang selalu menanyakan “kapan lulus?” sehingga menjadi motivasi untuk segera lulus;
4. Guru-guruku sejak TK hingga perguruan tinggi;
5. Pak Catur, Pak Bambang Supeno, serta Bu Sofia selaku dosen pembimbing, yang tiada lelah meluangkan waktu untuk selalu memberi saran serta kritik demi selesainya skripsi ini;
6. Seluruh dosen teknik elektro Unej yang telah memberikan ilmu yang dahulu tidak tahu kini menjadi mengerti dan mampu mengaplikasikan pada masa yang akan datang;
7. Pak Andik Harjono yang telah mengajarkan tak hanya tentang ilmu telekomunikasi tetapi juga tentang kehidupan. Banyak motivasi yang saya dapatkan. Terima kasih Pak Andik;
8. Sahabatku Qorina Ilmaniar, Tiara Ratih, Neoni, Mawar Anninditya yang selalu mendengarkan curahan hatiku ketika ku hampir menyerah;

9. Sahabat KOTA (Koplak-Tambun) Satriyo, Yoga, Fathur, Dawan, Roni, Rino, Dito, Mas Nug, Intan, Bunga, Revi, Anin yang selalu ada saat senang ataupun sedih.
10. Dan semua teman-teman elektro angkatan 2009, *sak lawase tetep dulur*.
Makasih banyak teman-teman;
11. Almamater tercinta, Fakultas Teknik Universitas Jember.
12. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

MOTTO

“Dan bersabarlah, dan tidaklah ada kesabaranmu itu kecuali dari Allah.”

(QS. An-Nahl: 128)

“Lihatlah mereka yang lebih tidak beruntung dari pada dirimu, sehingga kau tidak mungkin berpuas diri atas keberuntungan yang diberikan Allah kepadamu”

(Nabi Muhammad SAW)

Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali terjatuh

(Confusius)

“Bermimpilah dalam hidup, jangan hidup dalam mimpi.”

([Andrea Hirata](#))

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Natasha Kusuma Wardhani

NIM : 091910201010

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ Analisis Keandalan Sistem WiMAX Berbasis OFDM (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING) Menggunakan Teknik Modulasi Adaptif ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 01 Oktober 2013

Yang Menyatakan,

Natasha Kusuma Wardhani

NIM. 091910201010

SKRIPSI

**ANALISIS KEHANDALAN SISTEM WIMAX BERBASIS OFDM
(*ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING*)
MENGUNAKAN TEKNIK MODULASI ADAPTIF**

Oleh

Natasha Kusuma Wardhani

NIM 091910201010

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Catur Suko Sarwono, S.T.

Dosen Pembimbing Anggota: Bambang Supeno, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Keandalan Sistem WiMAX Berbasis OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) Menggunakan Teknik Modulasi Adaptif” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 25 September 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Catur Suko Sarwono, S.T.
NIP. 196801191997021001

Bambang Supeno, S.T., M.T.
NIP. 196906301995121001

Penguji I,

Penguji II,

Ike Fibriani, S.T., M.T.
NIP. 760011391

Widjonarko, S.T., M.T.
NIP.197109081999031001

Mengesahkan
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 196104141989021001

Analisis Keandalan Sistem WiMAX Berbasis OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) Menggunakan Teknik Modulasi Adaptif (*Analysis Of WiMAX Reliability System Based OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Using Adaptive Modulation Technique*)

Natasha Kusuma Wardhani

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) merupakan salah satu pengembangan di bidang jaringan nirkabel. WiMAX dihadirkan guna menggantikan teknologi sebelumnya yaitu WiFi (*Wireless Fidelity*). Salah satu yang menjadi titik pusat perkembangan dari teknologi ini yaitu keandalan yang akan dihasilkan oleh WiMAX. Untuk mengetahui keandalan sistem telekomunikasi dapat dilihat dari nilai BER (*Bit Error Rate*) yang dihasilkan. Standart WiMAX yang digunakan pada skripsi ini adalah sistem WiMAX yang berstandart IEEE 802.16 Rev-D dengan spektrum frekuensi sebesar 2-11 GHz dan kanal *bandwidth* sebesar 10 MHz. Parameter yang menjadi acuan utama adalah jenis modulasi yang digunakan. Modulasi yang digunakan ada empat jenis yaitu BPSK, QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Selain menggunakan simulasi, nilai BER juga dicari dengan persamaan matematis, lalu dilakukan perbandingan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hasil secara simulasi jauh lebih baik daripada menggunakan perhitungan. Dari simulasi ini diketahui bahwa terdapat dua modulasi yang mampu mendukung keandalan sistem WiMAX, yaitu modulasi QPSK yang mampu bekerja pada kondisi kanal dengan nilai SNR rendah yaitu 9 dB sehingga menghasilkan BER rendah dengan nilai secara perhitungan sebesar $3,38358 \times 10^{-5}$ dan secara simulasi sebesar 0. Serta modulasi 64-QAM yang mampu bekerja pada kondisi kanal dengan nilai SNR tinggi sebesar 22 dB sehingga mampu menghasilkan BER secara perhitungan 0.01861 dan simulasi 0.0007.

Kata Kunci: BER, Modulasi Adaptif, OFDM, SNR, WiMAX.

Analisis Keandalan Sistem WiMAX Berbasis OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Menggunakan Teknik Modulasi Adaptif (Analysis Of WiMAX Reliability System Based OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Using Adaptive Modulation Technique)

Natasha Kusuma Wardhani

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) is one of the development in the field of wireless networks. WiMAX is presented in order to replace the previous technology called WiFi (Wireless Fidelity). One of the point for this technology is the reliability that will be generated by WiMAX. To find out the reliability of the telecommunications system can be seen from the BER (Bit Error Rate). WiMAX Standard use IEEE 802.16 Rev-D with frequency spectrum is 2-11 GHz and the channel bandwidth use 10 MHz. The main parameters are the type of adaptive modulation. there are BPSK modulation, QPSK modulation, 16-QAM modulation and 64-QAM modulation. Beside using the simulation, BER can be detected by mathematics calculation. Then they will be compared. From the simulations it is known that there are two modulation that is capable of support WiMAX system reliability, the QPSK modulation is able to work on channel conditions with lower SNR value, that is 9 dB than it get a lower BER by mathematics calculation is $3,38358 \times 10^{-5}$ and by simulation is 0. Then 64-QAM modulation is able to work on channel conditions with high SNR values, that is 22 dB than it get a lower BER by mathematics calculation is 0.01861 and by simulation is 0.0007.

Keyword: *Adaptive Modulation, BER, OFDM, SNR, WIMAX.*

RINGKASAN

Analisis Keandalan Sistem Wimax Berbasis OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) Menggunakan Teknik Modulasi Adaptif; Natasha Kusuma Wardhani, 091910201010; 2009; 99 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dengan berkembangnya zaman, perkembangan telekomunikasi sangatlah pesat. Terbukti dari pengguna akan jaringan telekomunikasi pun semakin meningkat. Begitu juga dengan cara mendapatkan informasi dan berkomunikasi, tidak lagi berupa suara tetapi kini dapat berupa multimedia baik itu gambar ataupun video. Sehingga pengguna telekomunikasi mengharapkan fasilitas yang nyaman dalam berkomunikasi baik dalam hal jangkauan, fleksibilitas hingga keandalan sistem telekomunikasi yang digunakan.

Maka munculah teknologi baru yang disebut dengan 4G, salah satunya yaitu WiMAX. WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Acces*) berada pada area WMAN (*Wireless Metro Area Network*) yang merupakan perkembangan dari teknologi sebelumnya yaitu WiFi (*Wireless Fidelity*). WiMAX dikembangkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers* dengan harapan mampu menggantikan teknologi sebelumnya baik dalam hal jangkauan, kecepatan akses, serta keandalan. WiMAX mampu dijangkau hingga jarak 50 Km, dengan kecepatan akses data hingga 75 Mbps pada kanal *bandwidth* 20 MHz.

Pada tugas akhir ini akan dibuat suatu simulasi sistem WiMAX untuk mengetahui keandalan yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Keandalan dapat diketahui dari nilai BER (*Bit Error Rate*) dan SNR (*Signal to Noise Ratio*). Sistem ini menggunakan OFDM dan modulasi adaptif (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM) sebagai pemodulasi multicarrier. Serta menggunakan kanal AWGN sesuai dengan kanal ideal sistem pentransmisian data.

Masukan dari simulasi sistem WiMAX berupa sinyal acak yang kemudian terjadi proses modulasi menggunakan modulasi adaptif dan terjadi pembentukan cyclic prefix pada blok transmitter bertujuan untuk menghindari *multipath fading* saat proses pentransmisian data.

Hasil dari simulasi akan dibandingkan dengan perhitungan matematis dan menunjukkan bahwa hasil simulasi lebih baik daripada perhitungan sebab pada simulasi semua nilai parameter dipergunakan sedangkan pada perhitungan nilai parameter hanya beberapa yang diabaikan seperti nilai *cyclic prefix* dan simbol OFDM.

Sehingga menghasilkan dua modulasi yang mendukung kehandalan sistem WiMAX yaitu modulasi QPSK $\frac{1}{2}$ dan 64-QAM $\frac{3}{4}$. Pada modulasi QPSK $\frac{1}{2}$ mampu menghasilkan BER yang rendah sekitar 0 meskipun nilai SNR rendah yaitu 9 dB. Sebab modulasi QPSK memiliki nilai orde yang rendah dan nilai *code rate* yang tinggi sehingga modulasi ini sangat cocok dengan SNR yang rendah serta jumlah data yang dimodulasi kecil. Pada modulasi QPSK mampu memodulasikan data sebanyak 2 bit/symbol, sedangkan modulasi tersebut memiliki simbol sebanyak 4 simbol.

Dan untuk modulasi 64-QAM mampu menghasilkan BER yang rendah sekitar 0.0007 ketika nilai SNR tinggi yaitu 22 dB. Sebab selain memiliki nilai orde yang tinggi tetapi modulasi 64-QAM juga memiliki *code rate* rendah, sehingga modulasi ini sangat cocok dengan SNR yang tinggi serta jumlah data yang dimodulasi besar. Pada modulasi 64-QAM mampu memodulasikan data sebanyak 6 bit/symbol, dengan jumlah simbol sebanyak 64 simbol. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kehandalan sistem WiMAX sangat dipengaruhi oleh jenis modulasi yang digunakan.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Keandalan Sistem WiMAX Berbasis OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) Menggunakan Teknik Modulasi” guna memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan program studi teknik elektro strata satu (S1) dan mencapai gelar sarjana Fakultas Teknik Universitas Jember. Selain itu penulis berharap agar skripsi yang telah tersusun ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pada khususnya maupun bagi masyarakat pada umumnya.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari dukungan serta bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya khususnya kepada:

1. Bapak Drs. Moh. Hasan., M.Sc.,Ph.D., selaku Rektor Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Sumardi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T., Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T. selaku Dosen pembimbing Utama, dan Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. dan Bapak Widjonarko, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kedua Orang Tua Penulis yang selalu mendoakan dan memberikan pelajaran hidup yang sangat bermakna hingga penulis berada diposisi ini;
7. Teman-teman yang selalu memberi dukungan serta semangat;

8. Semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin agar skripsi ini tersusun secara sempurna. Namun tidak ada hal yang sempurna didunia ini, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik, saran, serta masukan dari para pembaca guna membantu perbaikan serta penyempurnaan lebih lanjut di masa yang akan datang.

Jember, 01 Oktober 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penulisan	4
1.5 Manfaat Penulisan	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Dasar WiMAX.....	6

2.1.1 Standart WiMAX	7
2.1.2 Spektrum Frekuensi WiMAX.....	8
2.2 OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>).....	9
2.3 Modulasi Adaptif dan pengkodean	12
2.4 Bit Error Rate (BER).....	17
2.5 Signal to Noise Ratio (SNR).....	18
2.6 BER Vs SNR.....	18

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem	20
3.1.1 Data Generator	21
3.1.2 Randomizer	21
3.1.3 Encoder	21
3.1.4 Modulator.....	22
3.1.5 OFDM Symbol	22
3.1.6 Transmitter Antena	23
3.1.7 Receiver Antena.....	23
3.1.8 OFDM Data	23
3.1.9 Demodulator	23
3.1.10 Decoding.....	24
3.1.11 Derandomizer.....	24
3.1.12 Data Output.....	24
3.2 Parameter Sistem	24

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3.1 Tempat Penelitian	25
3.3.2 Waktu Penelitian.....	25
3.4 Tahapan Penelitian	25
3.5 Prosedur Penelitian	27
3.5.1 Alur Penelitian	27
3.5.2 Keterangan Diagram Alur Penelitian.....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan Program Simulasi Sistem WiMAX	29
4.2 Perhitungan <i>Bit Error Rate</i> Tiap Modulasi	45
4.3 Hasil Simulasi	54
4.4 Analisa Data	
(Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Simulasi)	60
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 <i>Multiple Carrier</i> pada OFDM.....	9
2.2 OFDM dengan 100 kanal/subcarrier.....	10
2.3 Sinyal terima carrier tunggal dan OFDM.....	11
2.4 Modulasi adaptif pada WiMAX.....	12
2.5 Konstelasi Modulasi BPSK.....	13
2.6 Konstelasi Modulasi QPSK	15
3.1 Diagram blok sistem	20
3.2 Diagram Blok Encoder.....	21
3.3 Diagram alir penyusunan skripsi.....	27
4.1 Sinyal bit acak data generator	30
4.2 Sinyal bit acak RS Encoder.....	32
4.3 Sinyal bit acak <i>convolutional encoder</i>	33
4.4 Sinyal bit acak Interleaver.....	34
4.5 Sinyal simbol modulator	35
4.6 Sinyal acak setelah penambahan <i>cyclic prefix</i>	37
4.7 Sinyal acak yang diterima kanal AWGN.....	38
4.8 Sinyal acak setelah menghilangkan <i>cyclic prefix</i>	39
4.9 Sinyal bit acak demodulator.....	40
4.10 Sinyal bit acak deinterleaver	41
4.11 Sinyal bit acak convolutional decoder	42
4.12 Sinyal bit acak RS Decoder	43

4.13 Sinyal bit acak derandomizer	44
4.14 Grafik <i>bit error rate</i> dari proses simulasi	56
4.15 Titik konstelasi dan nilai BER untuk modulasi 64-QAM.....	58
4.16 Titik konstelasi dan nilai BER untuk modulasi BPSK	59
4.17 Grafik perbandingan BPSK $\frac{1}{2}$ perhitungan dan simulasi	61
4.18 Grafik perbandingan QPSK $\frac{1}{2}$ perhitungan dan simulasi	61
4.19 Grafik perbandingan QPSK $\frac{3}{4}$ perhitungan dan simulasi	62
4.20 Grafik perbandingan 16-QAM $\frac{1}{2}$ perhitungan dan simulasi.....	62
4.21 Grafik perbandingan 16-QAM $\frac{3}{4}$ perhitungan dan simulasi.....	63
4.22 Grafik perbandingan 64-QAM $\frac{2}{3}$ perhitungan dan simulasi.....	63
4.23 Grafik perbandingan 64-QAM $\frac{3}{4}$ perhitungan dan simulasi.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbandingan Standart WiMAX	7
2.2 Nilai bit per modulasi	19
3.1 Ukuran <i>coding rate</i> tiap modulasi.....	22
3.2 Parameter Sistem.....	24
3.3 Jadwal Kegiatan Penelitian	25
4.1 Jumlah data masukan	29
4.2 Hasil perhitungan <i>bit rate</i> tiap modulasi	46
4.3 Hasil perhitungan <i>bit error rate</i>	54
4.4 Hasil <i>bit error rate</i> dari proses simulasi	55
4.5 Perbandingan hasil perhitungan dengan simulasi	60