



**ANALISA SIMULASI PERFORMANSI  
CONVOLUTIONAL TURBO CODE PADA SISTEM  
STBC MIMO-OFDM**

**TESIS**

**Oleh:  
TEDJO NUGROHO  
55409110015**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
2014**



**ANALISA SIMULASI PERFORMANSI  
CONVOLUTIONAL TURBO CODE PADA SISTEM  
STBC MIMO-OFDM**

**TESIS**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program  
Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro**

**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**

**Oleh:  
TEDJO NUGROHO  
55409110015**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA  
PROGRAM PASCASARJANA  
2014**

## PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisa Simulasi Performansi *Convolutional Turbo Code*  
Pada Sistem STBC MIMO-OFDM

Nama : Tedjo Nugroho

NIM : 55409110015

Program : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

Konsentrasi : Manajemen Telekomunikasi

Tanggal : 8 Februari 2014



**Pembimbing Utama**

UNIVERSITAS  
**Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus**  
MERCU BUANA

**Mengesahkan :**

**Direktur Pascasarjana**

**Ketua Program Studi  
Magister Teknik Elektro**

**Prof. Dr. Didik J. Rachbini**

**Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Analisa Simulasi Performansi *Convolutional Turbo Code* Pada  
Sistem STBC MIMO-OFDM

Nama : Tedjo Nugroho

NIM : 55409110015

Program : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

Konsentrasi : Manajemen Telekomunikasi

Tanggal : 8 Februari 2014

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik elektro Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 8 Februari 2014

Tedjo Nugroho

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji syukur hanya milik Allah SWT atas segala curahan nikmat-Nya yang tiada pernah terhenti. Shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada uswah Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya yang istiqomah hingga akhir jaman. Atas kehendak dan izin-Nya sehingga pembuatan Tesis yang berjudul: **“Analisa Simulasi Performansi Convolutional Turbo Code Pada Sistem STBC MIMO-OFDM ”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Elektro, kekhususan Manajemen Telekomunikasi pada Universitas Mercu Buana.

Penyelesaian Tesis ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, kami menghaturkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
2. Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus sebagai Pembimbing dalam penyusunan tugas akhir ini, yang telah banyak mengarahkan kami selama penyelesaian tesis ini.
3. Segenap dosen dan staf Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Ibu tercinta atas segala doa restunya sehingga penulis dapat melalui setiap cobaan dan rintangan dengan selamat dan penuh kesabaran. Semoga Allah Swt memberikan kesehatan dan keselamatan dunia akhirat kepadanya, Amin.
5. Istri, dan anak-anakku tercinta atas dorongan dan doanya.
6. Segenap teman-teman MTEL-V Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, baik yang sudah menyelesaikan studinya maupun yang sedang berjuang untuk meraih kemenangan dalam penyelesaian tesis.

Semoga diberikan kekuatan untuk bisa menyelesaikan tesisnya, keep the spirit guys.

7. Andi Madannaca atas setiap bantuan semangat, tenaga dan saran serta solusinya.

Begitu pula ucapan terima kasih kepada semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu per satu atas jasa-jasanya dalam membantu dan menumbuhkan gairah optimisme kami, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dengan menyadari berbagai kekhilafan yang bukan tidak mungkin akan terdapat dalam tulisan ini, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun terhadap Tesis ini. Kritik dan saran dapat disampaikan melalui [tedjo\\_n@yahoo.com](mailto:tedjo_n@yahoo.com); [tedjo.nugroho@gmail.com](mailto:tedjo.nugroho@gmail.com). Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Jakarta, 8 Februari 2014

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Tedjo Nugroho

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
ABSTRACT .....	ii
ABSTRAK .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN (ORIGINALITY) .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI DAN PENELUSURAN PUSTAKA .....	5
2.1. <i>Multiple Input Multiple Output (MIMO)</i> .....	5
2.1.1 Space Time Block Code (STBC) .....	6
2.2 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) .....	9
2.2.1 Orthogonalitas OFDM .....	13
2.2.2 Prinsip Kerja OFDM .....	17
2.2.3 Modulasi Digital .....	18
2.2.4 BER Dari Skema OFDM .....	19
2.3 <i>Forward Error Correction (FEC)</i> .....	20
2.3.1 Turbo Code .....	20
2.3.2 Enkoder <i>Convolutional Turbo Code (CTC)</i> .....	22
2.3.3 Dekoder Turbo .....	24
2.3.4 Algoritma <i>Log Maximum A-Posteriori (Log-MAP)</i> .....	26



BAB III PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI.....	29
3.1 Pemodelan Blok-Blok Fungsional Sistem .....	30
3.1.1 Bagian Pengirim .....	30
3.1.2 Pemodelan Kanal .....	32
3.2.1 Kanal <i>Additive White Gaussian Noise</i> (AWGN) .....	33
3.2.2 Kanal <i>Multipath Fading Rayleigh</i> .....	33
3.1.3 Bagian Penerima .....	36
3.2 Parameter Simulasi .....	37
3.3 Simulasi Yang diajukan .....	38
3.4 Parameter Performansi .....	39
3.5 Diagram Alir Perancangan .....	39
BAB IV ANALISA SIMULASI PERFORMANSI CONVOLUTIONAL TURBO CODE (CTC) PADA MOBILE WIMAX (IEEE 802.16e) .....	41
4.1 Hasil Simulasi dan Analisa Hasil Pengamatan .....	41
4.1.1 Modulasi QPSK .....	41
4.1.2 Modulasi 16-QAM.....	42
4.1.3 Modulasi 64-QAM .....	43
4.2 Analisa Perbandingan .....	44
4.2.1 Perbandingan Dengan Guard Interval Yang Berbeda .....	45
4.2.1.1 Untuk QPSK .....	45
4.2.1.2 Untuk 16-QAM.....	45
4.2.1.3 Untuk 64-QAM.....	46
4.2.2 Perbandingan Dengan Modulasi dan Code Rate Yang Berbeda .....	46
BAB V KESIMPULAN .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	50
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	52
LAMPIRAN .....	xiv
Skrip MATLAB .....	xiv

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter OFDM Pada WiMAX.....	13
Tabel 2.2	Perbandingan Referensi Penelitian .....	28
Tabel 4.1	Perbandingan Performansi QPSK pada BER $10^{-4}$ .....	43
Tabel 4.2	Perbandingan Performansi 16-QAM pada BER $10^{-4}$ .....	43
Tabel 4.3	Perbandingan Performansi 64-QAM pada BER $10^{-4}$ .....	44
Tabel 4.4	Perbandingan Performansi .....	46



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	MIMO Dengan Skema STBC .....	6
Gambar 2.2	Skema Transmisi Alamouti .....	7
Gambar 2.3	Bagan Antena Receiver Pada Sistem MIMO 2x2 .....	8
Gambar 2.4	Arsitektur Multicarrier Modulation (MCM) .....	10
Gambar 2.5	OFDM Dengan Guard Interval .....	11
Gambar 2.6	OFDM Window Dengan CP .....	11
Gambar 2.7	Struktur Simbol OFDM .....	12
Gambar 2.8	Perbandingan Spektrum Frekuensi FDM dan OFDM .....	14
Gambar 2.9	Spektrum Sinyal Carrier OFDM .....	17
Gambar 2.10	Perbandingan pengkodean FEC Pada STBC MIMO-OFDM Pada Kanal Rayleigh dengan Diversitas 2x2 .....	22
Gambar 2.11	Struktur Enkoder CTC .....	23
Gambar 2.12	Arsitektur Dasar Dekoder Turbo .....	25
Gambar 3.1	Blok Diagram Umum Sistem STBC MIMO-OFDM .....	29
Gambar 3.2	Serial to Paralel Converter.....	31
Gambar 3.3	Pola Aliran Data STBC .....	32
Gambar 3.4	Pemodelan Kanal AWGN.....	33
Gambar 3.5	Pemodelan Kanal Rayleigh .....	34
Gambar 3.6	Generator Pembangkit Fading Rayleigh.....	35
Gambar 3.7	Penerimaan Sinyal Pada Antena Rx.....	37
Gambar 3.8	Diagram Alir Perancangan Pada Pengirim dan Penerima.....	40
Gambar 4.1	Grafik BER terhadap SNR untuk Modulasi QPSK.....	42
Gambar 4.2	Grafik BER terhadap SNR untuk Modulasi 16-QAM .....	43
Gambar 4.3	Grafik BER terhadap SNR untuk Modulasi 64-QAM .....	44

## DAFTAR SINGKATAN

3G	:	3 <sup>rd</sup> Generation
ADC	:	Analog-to-Digital Converter
AMC	:	Adaptive Modulation Coding
AWGN	:	Additive White Gaussian Noise
BCH	:	Bose Chauduri Hocquenghem
BER	:	Bit Error Rate/Bit Error Ratio
BWA	:	Broadband Wireless Access
CC	:	Convolutional Code
CP	:	Cyclic Prefix
CTC	:	Convolutional Turbo Code
DAC	:	Digital-to-Analog Converter
DB	:	Desibell
FEC	:	Forward Error Correction
FFT	:	Fast Fourier Transform
FDM	:	Frequency Division Multiplexing
GHz	:	Gigahertz
GI	:	Guard Interval
ICI	:	Inter Carrier Interference
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISI	:	Inter Symbol Interference
IFFT	:	Invers Fast Fourier Transform
ISI	:	Inter Symbol Interference
KHz	:	Kilohertz
LDPC	:	Low Density Parity Code
LFSR	:	Linear Feedback Shift Register
LLR	:	Log Likelihood Ratio
LOS	:	Line Of Sight
MAP	:	Maximum A-Posteriori
MCM	:	Multiple Carrier Modulation
MHz	:	Megahertz

M-PSK	:	M-ary Phase Shift Keying
MIMO	:	Multiple Input Multiple Output
ML	:	Maximum Likelihood
OFDM	:	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	:	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access
PHY	:	Physical
PSK	:	Phase Shift Keying
QAM	:	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	:	Quality of Service
QPSK	:	Quadrature Phase Shift Keying
RS	:	Reed Solomon
RSC	:	Rekursif Sistematis Convolutional
RS-CC	:	Reed Solomon-Convolutional Code
SISO	:	Single Input Single Output
SISO	:	Soft-Input Soft-Output
SM	:	Spatial Multiplexing
SNR	:	Signal to Noise Ratio
STBC	:	Space Time Block Code
WiMAX	:	Worldwide Interoperability for Microwave Access

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA