



**ANALISA SIMULASI PERFORMASI
PENGUNAAN *ORTHOGONAL FREQUENCY
DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)* PADA
SISTEM TELEKOMUNIKASI *DIGITAL VIDEO
BROADCASTING TERRESTRIAL (DVB-T)***

TESIS

**UNIVERSITAS
Oleh
DIAN WIDI ASTUTI**

55409110021

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2012**



**ANALISA SIMULASI PERFORMASI
PENGUNAAN *ORTHOGONAL FREQUENCY
DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)* PADA
SISTEM TELEKOMUNIKASI *DIGITAL VIDEO
BROADCASTING TERRESTRIAL (DVB-T)***

TESIS

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

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
Oleh

DIAN WIDI ASTUTI

55409110021

**UNIVERSITAS MERCU BUANA
PROGRAM PASCASARJANA**

PERNYATAAN

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

Judul : Analisa Simulasi Performasi Penggunaan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) Pada Sistem Telekomunikasi *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T)
Nama : Dian Widi Astuti
NIM : 55409110021
Program : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro
Konsentrasi : Manajemen Telekomunikasi
Tanggal : 11 Februari 2012

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.



PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisa Simulasi Performasi Penggunaan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) Pada Sistem Telekomunikasi *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T)

Nama : Dian Widi Astuti

NIM : 55409110021

Program : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

Konsentrasi : Manajemen Telekomunikasi

Tanggal : 11 Februari 2012


Mengesahkan :

Direktur Pascasarjana



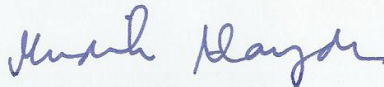
Prof. Dr. Didik J. Rachbini

Ketua Program Studi
Magister Teknik Elektro



Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus

Pembimbing Utama



Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan tesis dengan judul: “**Analisa Simulasi Performansi Penggunaan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* Pada Sistem Telekomunikasi *Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T)*** 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 terima 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 dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga kami menyelesaikan tesis ini dengan baik.
3. Segenap dosen dan staf Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Kedua orang tua atas segala doa restunya selama ini sehingga kami dapat melalui setiap rintangan dengan selamat dan penuh kesabaran. Semoga Allah SWT juga memberikan keselamatan dunia dan akhirat kepada keduanya, Amin.
5. Suami, adik dan anak-anak atas dorongan dan doanya.
6. Segenap teman-teman MTEL5 Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
7. Andi Maddanaca atas bantuan semangat dan tenaganya.

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 dian_widia1@yahoo.com. Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Jakarta, 4 Februari 2012

Penulis



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	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian dan Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penelitian	4
BAB II <i>ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)</i> <i>DAN DIGITAL VIDEO BROADCASTING TERRESTIAL (DVB-T)</i>	6
2.1 <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)</i>	6
2.1.1 Orthogonalitas OFDM.....	7
2.1.2 Modulasi dan Demodulasi OFDM	8
2.1.3 BER dari Skema OFDM	11
2.1.4 Kelebihan dari Sistem OFDM.....	12
2.1.4.1 Menghalangi ISI dan Mengurangi ICI	12
2.1.4.2 Efisien dalam pemakaian frekuensi	14
2.1.4.3 Kelebihan lain dari OFDM	15
2.1.5 Kekurangan dari Sistem OFDM.....	16
2.1.5.1 Persyaratan Sinkronisasi yang Ketat.....	16
2.1.5.2 <i>Peak-to-Average Power Ratio</i>	16
2.1.5.3 <i>Co-Channel Interference (CCI)</i> pada OFDM Seluler	17

2.2 Estimasi kanal (<i>Channel Estimation</i>).....	17
2.2.1 <i>Block-type pilot channel estimation</i>	18
2.2.2 <i>Comb-type pilot channel estimation</i>	19
2.2.2.1 <i>Linear Interpolation (LI)</i>	20
2.2.2.2 <i>Second-Order Interpolation (SOI)</i>	20
2.2.2.3 <i>Low-Pass Interpolation (LPI)</i>	20
2.2.2.4 <i>Spline Cubic Interpolation (SCI)</i>	20
2.2.2.5 <i>Time Domain Interpolation (TDI)</i>	21
2.3 <i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T)</i>	21
2.3.1 Standard DVB-T.....	25
2.3.2 DVB-T <i>Carrier</i>	27
2.3.3 Parameter Sistem DVB-T dari Kanal 8 MHz	29
2.3.4 Jalur Transmisi Pada DVB-T	35
BAB III PERANCANGAN MODEL DAN SIMULASI	37
3.1 <i>Wireless Local Area Network (WLAN)</i>	37
3.1.1 Simulasi <i>Guard Interval</i> yang bervariasi.....	37
3.1.2 Simulasi dengan kanal estimasi.....	38
3.2 <i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T)</i>	38
3.2.1 Pemodelan Blok-blok Fungsional Sistem.....	39
3.2.1.1 Bagian Pengirim.....	39
3.2.1.2 Pemodelan Kanal	40
3.2.1.2.1 Kanal <i>Additive White Gaussian Noise (AWGN)</i> ..	41
3.2.1.2.2 Kanal <i>Multipath Rayleigh Fading</i>	41
3.2.1.3 Frekuensi <i>Offset</i>	44
3.2.1.4 Bagian Penerima	45
3.2.2 Parameter Simulasi	46
3.2.3 Simulasi yang Diajukan	47
3.2.4 Parameter Performansi.....	47
3.2.5 Diagram Alir Perancangan.....	48

BAB IV	HASIL SIMULASI <i>ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION</i>	
	<i>MULTIPLEXING (OFDM) PADA DIGITAL VIDEO BROADCASTING-</i>	
	<i>TERRESTRIAL (DVB-T)</i>	50
4.1	Skenario dan Parameter Simulasi	50
4.2	Hasil Simulasi dan Analisa.....	51
4.2.1	Simulasi OFDM, DVB-T Mode 2K pada kanal AWGN	51
4.2.1.1	Perbandingan dengan <i>guard interval</i> berbeda	51
4.2.1.2	Perbandingan dengan modulasi berbeda	53
4.2.2	Simulasi OFDM, DVB-T Mode 2K pada kanal <i>Rayleigh Fading</i> .	54
4.2.2.1	Perbandingan dengan <i>guard interval</i> berbeda	54
4.2.2.2	Perbandingan dengan modulasi berbeda	54
4.2.3	Simulasi OFDM, DVB-T Mode 8K pada kanal AWGN	57
4.2.3.1	Perbandingan dengan <i>guard interval</i> berbeda	57
4.2.3.2	Perbandingan dengan modulasi berbeda	58
4.2.4	Simulasi OFDM, DVB-T Mode 8K pada kanal <i>Rayleigh Fading</i> .	59
4.2.4.1	Perbandingan dengan <i>guard interval</i> berbeda	59
4.2.4.2	Perbandingan dengan modulasi berbeda	60
BAB V	PENUTUP	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	68
Skrip MATLAB.....		xviii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi blok diagram dari modulasi dan demodulasi: $N = 6$	10
Gambar 2.2	Blok diagram pengirim dan penerima dalam sistem OFDM.....	11
Gambar 2.3	Definisi <i>cyclic prefix</i> sebagai <i>guard interval</i> pada OFDM	12
Gambar 2.4	Simbol OFDM dengan CP dan CS.....	14
Gambar 2.5	Simbol OFDM dengan ZP.....	14
Gambar 2.6	Efisiensi spektrum pada OFDM dibandingkan dengan <i>single-carrier</i> dan FDM.....	15
Gambar 2.7	Dua tipe dasar dari pengaturan pilot untuk estimasi kanal OFDM:(a) <i>Block-type pilot channel estimation</i> , (b) <i>Comb-type pilot channel estimation</i>	18
Gambar 2.8	Sebuah implementasi digital dari <i>baseband</i> sistem OFDM	19
Gambar 2.9	Penerapan televisi digital di dunia	23
Gambar 2.10	Fungsional blok diagram dari DVB-T	25
Gambar 2.11	DVB-T <i>carrier</i> : <i>Payload carrier</i> , <i>Continual</i> dan <i>Scattered pilot</i> , <i>TPS carrier</i>	28
Gambar 2.12	Spektrum dari sinyal DVB-T pada mode 8K dan [2K] untuk kanal 8 MHz.....	31
Gambar 2.13.	Kanal <i>gaussian</i>	35
Gambar 2.14	Kanal <i>ricean</i> (<i>Ricean channel</i>).....	36
Gambar 2.15	Kanal <i>rayleigh</i> (<i>Rayleigh channel</i>)	36
Gambar 3.1	(a) Panjang GI: $N_g = N/4 = 16$, (b) Panjang GI: $N_g = 3$	38
Gambar 3.2	Blok diagram perancangan OFDM pada DVB-T	39
Gambar 3.3	Pemodelan kanal AWGN	41
Gambar 3.4	Pemodelan kanal <i>rayleigh</i>	42
Gambar 3.5	Generator pembangkit <i>rayleigh fading</i>	43
Gambar 3.6	Diagram alir perancangan pada pengirim	48
Gambar 3.7	Diagram alir perancangan pada penerima.....	49

Gambar 4.1	Hasil simulasi DVB-T mode 2K kanal AWGN dengan beda <i>guard interval</i>	52
Gambar 4.2	Hasil simulasi DVB-T mode 2K kanal AWGN dengan beda modulasi	53
Gambar 4.3	Hasil simulasi DVB-T mode 2K kanal <i>rayleigh fading</i> dengan beda <i>guard interval</i>	54
Gambar 4.4	Hasil simulasi DVB-T mode 2K kanal <i>rayleigh fading</i> dengan beda modulasi	55
Gambar 4.5	Hasil simulasi DVB-T mode 8K kanal AWGN dengan beda <i>guard interval</i>	57
Gambar 4.6	Hasil simulasi DVB-T mode 8K kanal AWGN dengan beda modulasi	58
Gambar 4.7	Hasil simulasi DVB-T mode 8K kanal <i>rayleigh fading</i> dengan beda <i>guard interval</i>	59
Gambar 4.8	Hasil simulasi DVB-T mode 8K kanal <i>rayleigh fading</i> dengan beda modulasi	61



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Standar untuk Siaran TV Digital Terrestrial.....	22
Tabel 2.2	Posisi <i>carrier</i> dari <i>continual pilot</i>	28
Tabel 2.3	Posisi <i>carrier</i> dari TPS <i>carrier</i>	28
Tabel 2.4	Jumlah dari <i>carrier</i> pada DVB-T	29
Tabel 2.5	Durasi simbol total pada DVB-T.....	32
Tabel 2.6	Kecepatan simbol pada DVB-T	33
Tabel 2.7	<i>Data rate</i> kotor pada DVB-T	33
Tabel 2.8	Kecepatan data bersih untuk modulasi non hirarki pada kanal DVB-T 8 MHz	34
Tabel 4.1	Parameter OFDM untuk mode 2K dan 8K pada kanal 8 MHz	51
Tabel 4.2	Perbandingan durasi simbol dan <i>guard interval</i> pada kanal 8 MHz ..	51
Tabel 4.3	Hasil simulasi DVB-T mode 2K pada kanal AWGN dengan <i>guard interval</i> berbeda.....	52
Tabel 4.4	Hasil simulasi DVB-T mode 2K pada kanal AWGN dengan QAM <i>mapper</i> berbeda	53
Tabel 4.5	Hasil simulasi DVB-T mode 2K pada kanal <i>Rayleigh Fading</i> dengan <i>guard interval</i> berbeda.....	54
Tabel 4.6	Hasil simulasi DVB-T mode 2K pada kanal <i>Rayleigh Fading</i> dengan QAM <i>mapper</i> berbeda	56
Tabel 4.7	Hasil simulasi DVB-T mode 8K pada kanal AWGN dengan <i>guard interval</i> berbeda.....	57
Tabel 4.8	Hasil simulasi DVB-T mode 8K pada kanal AWGN dengan QAM <i>mapper</i> berbeda	58
Tabel 4.9	Hasil simulasi DVB-T mode 8K pada kanal <i>Rayleigh Fading</i> dengan <i>guard interval</i> berbeda.....	59
Tabel 4.10	Hasil simulasi DVB-T mode 8K pada kanal <i>Rayleigh Fading</i> dengan QAM <i>mapper</i> berbeda	60
Tabel 4.11	Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada DVB-T dengan beda modulasi ...	62

Tabel 4.12 Perbandingan *Bit Error Rate* pada DVB-T dengan beda *Guard Interval*.....63



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

1D	:	One Dimension
2D	:	Two Dimension
4G	:	4 th Generation
ACI	:	Adjacent Channel Interference
ADC	:	Analog to Digital Converter
ADSL	:	Asymmetric Digital Subscriber Lines
ATSC	:	Advanced Television Systems Committee
AWGN	:	Additive White Gaussian Noise
BER	:	Bit Error Rate/Bit Error Ratio
BPSK	:	Binary Phase Shift Keying
BST-OFDM	:	Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing
BWA	:	Broadband Wireless Access
CCI	:	Co-Channel Interference
C-OFDM	:	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CE	:	Channel Estimation
CP	:	Cyclic Prefix
CS	:	Cyclic Suffix
DAB	:	Digital Audio Broadcasting
DAC	:	Digital to Analog Converter
DFT	:	Discrete Fourier Transform
DMB-T	:	Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial
DMT	:	Discrete Multitone Modulation
DSL	:	Digital Subscriber Lines
DSP	:	Digital Signal Processing
DVB	:	Digital Video Broadcasting
DVB-C	:	Digital Video Broadcasting-Cable

DVB-C2	:	Digital Video Broadcasting-Cable second generation
DVB-H	:	Digital Video Broadcasting-Handheld
DVB-MHP	:	Digital Video Broadcasting Multimedia Home Platform
DVB-S	:	Digital Video Broadcasting-Satellite
DVB-S2	:	Digital Video Broadcasting-Satellite second generation
DVB-SI	:	Digital Video Broadcasting-Service Information
DVB-T	:	Digital Video Broadcasting-Terrestrial
DVB-T2	:	Digital Video Broadcasting-Terrestrial second generation
ELG	:	European Launching Group
ETSI	:	European Telecommunications Standards Institute
FEC	:	Forward Error Correction
FFT	:	Fast Fourier Transform
FDM	:	Frequency Division Multiplexing
GI	:	Guard Interval
GTSN	:	General Switched Telephone Network
HDSL	:	High-bit-rate Digital Subscriber Lines
HDTV	:	High Definition Television broadcasting
HP	:	High Priority
HPA	:	High Power Amplifier
HYPERLAN/2	:	High Performance Local Area Network Standard
ICI	:	Inter Carrier Interference
IDFT	:	Invers Discrete Fourier Transform
IF	:	Intermediate Frequency
IFFT	:	Invers Fast Fourier Transform
ISI	:	Inter Symbol Interference
ISDB-T	:	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial
LI	:	Linear Interpolation

LMS	:	Least Means Square
LP	:	Low Priority
LPI	:	Low-Pass Interpolation
LS	:	Least Square
LOS	:	Line Of Sight
M-PSK	:	M-ary Phase Shift Keying
MIMO	:	Multiple Input Multiple Output
ML	:	Maximum Likelihood
MMAC	:	Mobile Multimedia Access Communications
MMSE	:	Minimum Mean Square Error
MMMSE	:	Modified Minimum Mean Square Error
MPEG-2	:	Moving Pictures Experts Group-2
NTSC	:	National Television System Committee
OFDM	:	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PAL	:	Phase Alternation Line
PAPR	:	Peak-to-Average Power Ratio
PCMB	:	Parametric Channel Modeling-Based
PRBS	:	PseudoRandom Binary Sequence
PSK	:	Phase Shift Keying
QAM	:	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	:	Quality of Service
QPSK	:	Quadrature Phase Shift Keying
SCI	:	Spline Cubic Interpolation
SECAM	:	SEquential A Memoire – Memory Sequential
SFN	:	Single Frequency Network
SOI	:	Second-Order Interpolation
STBC	:	Space Time Block Code
TDI	:	Time Domain Interpolation
TDS-OFDM	:	Time Domain Synchronization-Orthogonal Frequency Division Multiplexing
T-DMB	:	Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting

TPS	:	Transmission Parameter Signalling
UHF	:	Ultra High Frequency
VDSL	:	Very-high-speed Digital Subscriber Lines
VHF	:	Very High Frequency
VSB	:	Vestigial Side Band
WLAN	:	Wireless Local Area Network
ZP	:	Zerro Padding



UNIVERSITAS
MERCU BUANA