



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiv
Intisari	xvii
<i>Abstract</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II DASAR TEORI	8
2.1 Digital Video Broadcasting - Terrestrial	8
2.1.1 Penyandian Sumber dan MPEG-2 Multiplexing	9
2.1.2 <i>Splitter</i>	10
2.1.3 <i>Energy dispersal</i>	10
2.1.3 <i>Outer Interleaver</i>	12
2.1.4 <i>Inner Encoder</i>	12
2.1.5 <i>Inner Interleaver</i>	13
2.1.6 <i>Mapper</i>	14
2.1.7 <i>Frame Adaptation</i>	14
2.1.8 Pilot dan TPS (<i>Transmission Parameter Signalling</i>)	15



2.2	OFDM.....	16
2.3	<i>Moving Picture Expert Group-2 (MPEG-2)</i>	18
2.3.1	MPEG-2 Program Stream.....	19
2.3.2	MPEG-2 Transport Stream.....	20
2.4	Software Defined Radio (SDR).....	21
2.5	USRP (<i>Universal Software Radio Peripheral</i>) N210.....	23
2.6	<i>GNU Radio Companion (GRC)</i>	25
2.7	Modulasi Digital.....	27
2.7.1.	<i>Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)</i>	28
2.7.2.	<i>Quadrature Amplitude Modulation (QAM)</i>	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		32
3.1	Sistem <i>transmitter</i> DVBT Pada Program GRC.....	32
3.1.1	Peng- <i>input</i> -an bit informasi.....	32
3.1.2	<i>Energy dispersal</i>	34
3.1.3	<i>Outer Coding</i>	35
3.1.4	<i>Outer Interleaver</i>	36
3.1.5	<i>Inner Coding</i>	38
3.1.6	<i>Inner Interleaving</i>	40
3.1.7	Pemetaan konstelasi simbol.....	44
3.1.8	Penyisipan <i>Reference Signal</i>	47
3.1.9	IFFT.....	49
3.1.11	Normalisasi sinyal.....	51
3.1.12	Antarmuka ke USRP N210.....	52
3.2	Sistem <i>receiver</i> OFDM pada program GRC.....	53
3.2.1	Antarmuka dari USRP N210.....	54
3.2.2	Pengolahan Simbol OFDM.....	54
3.2.3	Pengolahan <i>reference signal</i>	56
3.2.4	<i>Simbol demapping</i>	57
3.2.5	Pengolahan <i>Inner Deinterleaver</i>	59
3.2.6	Penguraian <i>Inner Coding</i>	60
3.2.7	Pengolahan <i>Outer Deinterleaving</i>	61



3.2.8	Pengolahan <i>Outer Coding</i>	62
3.2.9	<i>Descrambler</i> dan penerimaan data	63
3.3	Skema Eksperimen	64
3.4	Pengambilan Data Penelitian	67
3.4.1	Menampilkan spektrum OFDM pada GRC.....	67
3.4.2	Mengukur daya sinyal yang diterima pada GRC	68
3.4.3	Menampilkan bit terkirim dan bit diterima	69
3.4.4	Menghitung nilai <i>signal to noise ratio</i> (SNR).....	71
BAB IV HASIL DAN ANALISIS		73
4.1	Analisis spektrum frekuensi OFDM DVB-T.....	73
4.2	Analisis diagram konstelasi DVB-T	80
4.3	Analisis nilai <i>bit error rate</i> (BER).....	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA.....		91
LAMPIRAN		93
L.1	Tampilan Spektrum Frekuensi Hasil Eksperimen	93
L.1.1	Tampilan Spektrum Frekuensi QPSK Hasil Eksperimen.....	93
L.1.2	Tampilan Spektrum Frekuensi 16QAM Hasil Eksperimen.....	94
L.1.3	Tampilan Spektrum Frekuensi 64QAM Hasil Eksperimen.....	96
L.2	Tampilan Diagram Konstelasi Hasil Eksperimen.....	97
L.2.1	Tampilan Spektrum Frekuensi QPSK Hasil Eksperimen.....	97
L.2.2	Tampilan Diagram Konstelasi 16QAM Hasil Eksperimen	99
L.2.3	Tampilan Diagram Konstelasi 64QAM Hasil Eksperimen	101
L.2	Program GRC yang digunakan	103



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter DVB-T.....	15
Tabel 2.2 Struktur header MPEG-2 PES.....	19
Tabel 2.3 Struktur header MPEG-2 TS.....	21
Tabel 2.4 Spesifikasi USRP N210.....	24
Tabel 3.1 Spesifikasi penyandian punctured convolutional.....	39
Tabel 3.2 Jumlah aliran data inner <i>interleaver</i>	40
Tabel 3.3 Demultiplexing inner <i>interleaver</i>	42
Tabel 3.4 Pengacakan bit inner <i>interleaver</i>	43
Tabel 3.5 Permutasi bit untuk mode 2K.....	44
Tabel 3.6 Permutasi bit untuk mode 8K.....	44
Tabel 3.7 Perbandingan <i>binary code</i> dan <i>gray code</i> untuk 4 bit.....	44
Tabel 3.8 Proses <i>mapping</i> ke simbol QPSK.....	45
Tabel 3.9 Proses <i>mapping</i> ke simbol 16QAM.....	45
Tabel 3.10 Proses <i>mapping</i> ke simbol 64QAM.....	46
Tabel 3.11 Pola penyisipan pilot kontinu.....	48
Tabel 3.12 Proses <i>demapping</i> simbol QPSK.....	58
Tabel 3.13 Proses <i>demapping</i> simbol 16QAM.....	58
Tabel 3.14 Proses <i>demapping</i> simbol 64QAM.....	58
Tabel 3.16 Bit inner <i>deinterleaver</i>	60
Tabel 3.17 Parameter penelitian.....	65
Tabel 3.18 Spesifikasi PC untuk penelitian.....	65
Tabel 4.1 Data <i>bit error rate</i> sebelum <i>decoding</i> penyandian Reed Solomon.....	85
Tabel 4.2 Data <i>bit error rate</i> setelah <i>decoding</i> penyandian Reed Solomon.....	85



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Transmisi DVB-T [5]	9
Gambar 2.2 Struktur data masukan MPEG-2.....	10
Gambar 2.3 Struktur <i>energy dispersal</i>	11
Gambar 2.4 Struktur Reed Solomon	12
Gambar 2.5 Struktur data <i>outer interleaver</i>	12
Gambar 2.6 Spektrum frekuensi OFDM [11].....	17
Gambar 2.7 Skema transmisi OFDM [11]	18
Gambar 2.8 Struktur <i>header</i> MPEG-2 PES [14]	20
Gambar 2.9 Struktur MPEG-2 Transport Stream [14]	21
Gambar 2.10 Struktur header MPEG-2 Transport Stream [14]	21
Gambar 2.11 Skematik transmisi radio dengan USRP.....	23
Gambar 2.12 Perangkat USRP N210	24
Gambar 2.13 Antarmuka GNU Radio	26
Gambar 2.14 Diagram konstelasi QPSK.....	28
Gambar 2.15 Blok diagram modulator – demodulator QPSK [2].....	28
Gambar 2.16 Diagram konstelasi 16QAM.....	29
Gambar 2.17 Diagram konstelasi 64QAM.....	30
Gambar 2.18 Blok diagram demodulator QAM [2]	31
Gambar 2.19 Blok diagram modulator QAM [2].....	31
Gambar 3.1 Proses di bagian <i>transmitter</i> pada program GRC.....	32
Gambar 3.2 Blok <i>file source</i>	32
Gambar 3.3 Paket data MPEG-2 <i>transport stream</i>	33
Gambar 3.4 Membaca <i>bit stream</i> melalui blok <i>file sink</i>	33
Gambar 3.5 Bit terbaca pada <i>software lfhex</i>	33
Gambar 3.6 Paket data <i>energy dispersal</i>	34
Gambar 3.7 Blok <i>energy dispersal</i>	34
Gambar 3.8 Struktur data Reed Solomon.....	35
Gambar 3.9 Blok Reed Solomon <i>encoder</i>	36
Gambar 3.10 Paket <i>outer interleaver</i>	36
Gambar 3.11 Blok <i>convolutional interleaver</i>	37
Gambar 3.12 Skema <i>transmitter convolutional interleaver</i>	37
Gambar 3.13 Blok <i>inner coder</i>	38
Gambar 3.14 Blok <i>inner interleaving</i>	40
Gambar 3.15 Skema tranmisi <i>non hierarchical inner interleaver</i> QPSK	41
Gambar 3.16 Skema tranmisi <i>non hierarchical inner interleaver</i> 16QAM.....	41
Gambar 3.17 Skema tranmisi <i>non hierarchical inner interleaver</i> 64QAM.....	41
Gambar 3.18 Blok DVB-T <i>Mapper</i>	44



Gambar 3.19 Blok <i>reference signal</i>	47
Gambar 3.20 Pola penyisipan pilot tersebar.....	49
Gambar 3.21 Blok IFFT	50
Gambar 3. 22 Skema penumpangan <i>subcarrier</i> IFFT.....	50
Gambar 3.23 Blok cyclic prefixer	51
Gambar 3.24 Struktur data cyclic prefix	51
Gambar 3.25 Skema normalisasi sinyal	52
Gambar 3.26 Blok USRP Sink	52
Gambar 3.27 Proses yang terjadi di bagian <i>receiver</i> pada program GRC.....	53
Gambar 3.28 Blok USRP <i>Source</i>	54
Gambar 3.29 Blok pengolah OFDM	55
Gambar 3.30 Blok Demod <i>Reference Signal</i>	57
Gambar 3.31 Blok DVB-T <i>Demapper</i>	58
Gambar 3.32 Blok <i>Inner Deinterleaver</i>	59
Gambar 3.33 Blok Viterbi <i>Decoder</i>	61
Gambar 3.34 Blok Convolutional <i>Deinterleaver</i>	62
Gambar 3.35 Skema <i>deinterleaver</i>	62
Gambar 3.36 Blok Reed Solomon <i>Decoder</i>	63
Gambar 3.37 Blok energy descrambler	64
Gambar 3.38 <i>Linear feedback shift register</i>	64
Gambar 3.39 Skema transmisi LOS dengan jarak 1 meter	66
Gambar 3.40 Posisi <i>transmitter</i> terhadap <i>receiver</i> pada skema transmisi.....	66
Gambar 3.41 Posisi <i>receiver</i> terhadap <i>transmitter</i> pada skema transmisi.....	66
Gambar 3.42 Blok WX GUI FFT <i>Sink</i>	67
Gambar 3.43 Tampilan spectrum frekuensi WX GUI FFT <i>Sink</i>	67
Gambar 3. 44 Blok WX GUI <i>Number Sink</i>	68
Gambar 3.45 Tampilan pengukuran WX GUI <i>Number Sink</i>	68
Gambar 3.46 Tampilan pengukuran “average” WX GUI <i>Number Sink</i>	69
Gambar 3.47 Tampilan pengukuran “peak hold” WX GUI <i>Number Sink</i>	69
Gambar 3.48 Blok File <i>Source</i>	70
Gambar 3.49 Blok File <i>Sink</i>	70
Gambar 3.50 Tampilan perangkat lunak lfhex	70
Gambar 3.51 Tampilan perangkat lunak Sublime Text dengan fitur “ <i>compare</i> ”.....	71
Gambar 3.52 Skema <i>flowgraph</i> pengukuran SNR	71
Gambar 4.1 Sinyal OFDM di domain waktu pada <i>transmitter</i> (nilai sesaat).....	74
Gambar 4.2 Spektrum baseband OFDM 100 ksps pada <i>transmitter</i> (nilai sesaat)	75
Gambar 4.3 Spektrum baseband OFDM 64 ksps pada <i>transmitter</i> (nilai sesaat)	75
Gambar 4.4 Spektrum baseband OFDM 32 ksps pada <i>transmitter</i> (nilai sesaat)	75
Gambar 4.5 Spektrum baseband OFDM 32 ksps pada <i>transmitter</i> (nilai rerata).....	76
Gambar 4.6 Hubungan antara spektrum OFDM QPSK dengan SNR.....	78



Gambar 4.7 Hubungan antara spektrum OFDM 16QAM dengan SNR.....	78
Gambar 4.8 Hubungan antara spektrum OFDM 64QAM dengan SNR.....	79
Gambar 4.9 Spektrum <i>noise</i> transmisi pada frekuensi 700 MHz (sesaat).....	80
Gambar 4.10 Spektrum <i>noise</i> transmisi pada frekuensi 700 MHz (rerata)	80
Gambar 4.11 Diagram konstelasi QPSK pada transmisi DVB-T.....	81
Gambar 4.12 Diagram konstelasi 16QAM pada transmisi DVB-T	81
Gambar 4.13 Diagram konstelasi 64QAM pada transmisi DVB-T	81
Gambar 4.14 Hubungan antara diagram konstelasi QPSK dengan SNR	82
Gambar 4.15 Hubungan antara diagram konstelasi 16QAM dengan SNR	82
Gambar 4.16 Hubungan antara diagram konstelasi 64QAM dengan SNR	83
Gambar 4.17 Grafik <i>bit error rate</i> transmisi DVB-T sebelum <i>decoding</i>	86
Gambar 4.18 Grafik <i>bit error rate</i> transmisi DVB-T setelah <i>decoding</i>	87
Gambar L.1 Hubungan antara Diagram Konstelasi QPSK dengan SNR.....	94
Gambar L.2 Hubungan antara Diagram Konstelasi 16QAM dengan SNR.....	95
Gambar L.3 Hubungan antara Diagram Konstelasi 64QAM dengan SNR.....	97
Gambar L.4 Hubungan antara Diagram Konstelasi QPSK dengan SNR.....	99
Gambar L.5 Hubungan antara Diagram Konstelasi QPSK dengan SNR.....	100
Gambar L.6 Hubungan antara Diagram Konstelasi 64QAM dengan SNR.....	102
Gambar L.7 <i>Flowgraph transmitter</i> DVB-T dengan modulasi QPSK.....	103
Gambar L.8 <i>Flowgraph receiver</i> DVB-T dengan modulasi QPSK	104
Gambar L.9 <i>Flowgraph transmitter</i> DVB-T dengan modulasi 16QAM	105
Gambar L.10 <i>Flowgraph receiver</i> DVB-T dengan modulasi 16QAM	106
Gambar L.11 <i>Flowgraph transmitter</i> DVB-T dengan modulasi 64QAM	107
Gambar L.12 <i>Flowgraph receiver</i> DVB-T dengan modulasi 64QAM	108