

## DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN .....	xix
Intisari .....	xxi
<i>Abstract</i> .....	xxii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Tujuan .....	4
1.4.2 Manfaat .....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI .....	6
2.1 <i>Software Defined Radio</i> .....	6

2.2	<i>Universal Software Defined Radio (USRP)</i> .....	7
2.2.1	Arsitektur USRP .....	7
2.2.2	Lebar Bidang Pengolah FPGA .....	9
2.3	GNU Radio Companion .....	10
2.4	Modulasi Digital .....	12
2.4.1	<i>Binary Amplitudo Shift Keying (BASK)</i> .....	13
2.4.2	<i>Binary Frequency Shift keying (BFSK)</i> .....	14
2.4.3	<i>Binary Phase Shift Keying (BPSK)</i> .....	16
2.4.4	<i>Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)</i> .....	18
2.4.5	M-er PSK .....	19
2.4.6	M-QAM .....	21
BAB III PERANCANGAN SISTEM .....		24
3.1	Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak .....	24
3.2	Blok GNURadio untuk Modulasi Digital .....	25
3.2.1	Blok <i>Wavefrom Generator</i> .....	26
3.2.2	Blok <i>Math Operators</i> .....	27
3.2.3	Blok <i>WX GUI Sink</i> .....	28
3.2.4	Blok <i>Modulators</i> .....	29
3.2.4.1	Blok <i>PSK Mod</i> .....	29
3.2.4.2	Blok <i>Constellation Modulator</i> .....	32
3.2.5	Blok <i>Demodulator</i> .....	35
3.2.5.1	Blok <i>PSK Demod</i> .....	35
3.2.5.2	Blok <i>Constellation Decoder</i> .....	36

3.2.6	Blok UHD: <i>USRP</i> .....	37
3.2.6.1	Blok UHD: <i>USRP Sink</i> .....	38
3.2.6.2	Blok UHD: <i>USRP Source</i> .....	39
3.2.7	Blok <i>Synchronizer</i> .....	41
3.2.7.1	Blok <i>Polyphase Clock Sync</i> .....	41
3.2.7.2	Blok <i>Costas Loop</i> .....	44
3.2.7.3	Blok <i>FLL Band-Edge</i> .....	47
3.2.8	Blok <i>CMA Equalizer</i> .....	49
3.2.9	Blok <i>AGC</i> .....	51
3.3	Perancangan Modulator .....	53
3.3.1	Perancangan Modulator <i>BASK</i> .....	53
3.3.2	Perancangan Modulator <i>BFSK</i> .....	55
3.3.3	Perancangan Modulator <i>BPSK</i> .....	56
3.3.4	Perancangan Modulator <i>QPSK</i> .....	58
3.4	Perancangan <i>flowgraph</i> Sisi Penerima .....	62
3.4.1	Perancangan Sisi Penerima untuk <i>BASK</i> dan <i>BFSK</i> .....	62
3.4.2	Perancangan Sisi Penerima <i>BPSK</i> dan <i>QPSK</i> .....	63
3.5	Skema Penelitian .....	65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		68
4.1	Analisis Penggunaan <i>USRP</i> sebagai Media Pembelajaran .....	68
4.2	Analisis Pengamatan <i>USRP</i> untuk Modulasi Digital .....	71
4.2.1	Pengamatan Isyarat Termodulasi .....	71
4.2.2	Pengamatan <i>SNR</i> Modulasi Digital .....	72

4.2.3	Pengamatan Spektrum Frekuensi .....	74
4.2.4	Pengamatan Diagram Konstelasi .....	75
4.3	Pengujian Karakteristik USRP N210 .....	76
4.4	Analisis Hasil Pengujian Modulasi BASK .....	79
4.4.1	Pengujian Isyarat BASK Sisi Pengirim dan Penerima.....	79
4.4.2	Pengujian Karakteristik SNR modulasi BASK.....	81
4.4.3	Pengujian Spektrum modulasi BASK.....	83
4.5	Analisis Hasil Pengujian Modulasi BFSK .....	86
4.5.1	Pengujian Isyarat BFSK Sisi Pengirim dan Penerima .....	86
4.5.2	Pengujian Karakteristik SNR Modulasi BFSK.....	89
4.5.3	Pengujian Spektrum Modulasi BFSK .....	91
4.6	Analisis Hasil Pengujian Modulasi BPSK .....	95
4.6.1	Pengujian Isyarat BPSK Sisi Pengirim dan Sisi Penerima .....	95
4.6.2	Pengujian Karakteristik SNR Modulasi BPSK.....	98
4.6.3	Pengujian Spektrum Modulasi BPSK .....	100
4.6.4	Pengujian Diagram Konstelasi BPSK.....	104
4.7	Analisis Hasil Pengujian Modulasi QPSK.....	105
4.7.1	Pengujian Isyarat QPSK Sisi Pengirim dan Penerima .....	105
4.7.2	Pengujian Karakteristik SNR Modulasi QPSK.....	108
4.7.3	Pengujian Spektrum Modulasi QPSK.....	110
4.7.4	Pengujian Diagram Konstelasi QPSK.....	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		115
5.1	Kesimpulan .....	115

5.2	Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA .....		117

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Cakupan frekuensi untuk setiap komponen <i>daughterboard</i> USRP.....	9
Tabel 2.2 Lebar bidang pengolah FPGA pada USRP .....	10
Tabel 3.1 Perbandingan <i>binary code</i> dan <i>gray code</i> untuk 4 bit.....	32
Tabel 3.2 Skema penelitian .....	66
Tabel 3.3 Spesifikasi PC untuk penelitian .....	66
Tabel 4.1 Hasil pengamatan nilai SNR BASK terhadap perbandingan <i>gain</i> pengirim.....	82
Tabel 4.2 Hasil pengamatan nilai SNR BFSK terhadap perbandingan <i>gain</i> pengirim.....	90
Tabel 4.3 Hasil pengamatan nilai SNR BPSK terhadap perbandingan <i>gain</i> pengirim.....	98
Tabel 4.4 Hasil pengamatan nilai SNR QPSK terhadap perbandingan <i>gain</i> pengirim.....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik radio dengan USRP [4] .....	7
Gambar 2.2 Arsitektur dari USRP .....	8
Gambar 2.3 Tampilan perangkat lunak GNURadio.....	11
Gambar 2.4 Isyarat sinusoid pada GNURadio .....	11
Gambar 2.5 Teknik modulasi digital.....	12
Gambar 2.6 Isyarat termulasi BASK .....	13
Gambar 2.7 Isyarat termulasi BFSK .....	15
Gambar 2.8 Blok diagram modulator BFSK.....	15
Gambar 2.9 Blok diagram demodulator BFSK.....	16
Gambar 2.10 Blok diagram modulator – demodulator BPSK .....	17
Gambar 2.11 Isyarat termulasi <i>Binary Phase Shift Keying</i> (BPSK) .....	17
Gambar 2. 12 Diagram Konstelasi BPSK [10] .....	18
Gambar 2.13 Blok diagram modulator – demodulator QPSK .....	19
Gambar 2.14 Isyarat termulasi QPSK.....	19
Gambar 2.15 Diagram konstelasi 8-PSK [11].....	20
Gambar 2.16 Diagram konstelasi 16-PSK [11].....	20
Gambar 2.17 Diagram konstelasi 16-QAM .....	21
Gambar 2.18 Isyarat termulasi 16-QAM .....	22
Gambar 2.19 Modulator 16-QAM .....	22
Gambar 2.20 Demodulator 16-QAM .....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	25

Gambar 3. 2 Tampilan blok <i>Signal Source</i> .....	26
Gambar 3. 3 Tampilan blok <i>Constant Source</i> .....	26
Gambar 3.4 Tampilan blok <i>Random Source</i> .....	27
Gambar 3.5 Tampilan blok sebagai <i>Math Operators</i> (Urut dari kiri: Blok <i>Add</i> , Blok <i>Substract</i> , Blok <i>Divide</i> , Blok <i>Multiply</i> ) .....	27
Gambar 3.6 Tampilan blok <i>WX GUI Scope Sink</i> .....	28
Gambar 3.7 Tampilan blok <i>WX GUI FFT Sink</i> dan <i>WX GUI Constellation Sink</i> .....	29
Gambar 3. 8 Blok <i>PSK Mod</i> .....	30
Gambar 3. 9 Parameter Blok <i>PSK Mod</i> .....	30
Gambar 3. 10 Proses <i>Differential Encoding</i> .....	31
Gambar 3. 11 Blok <i>Constellation Modulator</i> .....	33
Gambar 3. 12 Parameter Blok <i>Constellation Modulator</i> .....	33
Gambar 3. 13 Blok <i>Constellation Object</i> .....	34
Gambar 3. 14 Parameter Blok <i>Constellation Object</i> .....	34
Gambar 3. 15 Blok <i>PSK Demod</i> .....	35
Gambar 3. 16 Parameter Blok <i>PSK Demod</i> .....	36
Gambar 3. 17 Blok <i>Constellation Decoder</i> .....	37
Gambar 3. 18 Parameter Blok <i>Constellation Decoder</i> .....	37
Gambar 3. 19 Blok UHD: <i>USRP Sink</i> .....	38
Gambar 3. 20 Parameter Blok UHD: <i>USRP Sink</i> .....	38
Gambar 3. 21 Blok UHD: <i>USRP Source</i> .....	40
Gambar 3. 22 Parameter Blok UHD: <i>USRP Source</i> .....	40
Gambar 3. 23 Blok <i>Polyphase Clock Sync</i> .....	42



Gambar 3. 24 Parameter Blok <i>Polyphase Clock Sync</i> .....	42
Gambar 3. 25 Konsep Mengenai <i>Filterbanks</i> .....	43
Gambar 3. 26 Pengambilan kanal frekuensi tertentu dengan tapis .....	43
Gambar 3. 27 Blok <i>Costas Loop</i> .....	45
Gambar 3. 28 Parameter Blok <i>Costas Loop</i> .....	45
Gambar 3. 29 Konsep kerja PLL.....	46
Gambar 3. 30 Blok FLL <i>Band-Edge</i> .....	47
Gambar 3. 31 Parameter Blok FLL <i>Band-Edge</i> .....	47
Gambar 3. 32 Cara Kerja FLL <i>Band-Edge</i> [16].....	48
Gambar 3. 33 Ilustrasi <i>Multipath</i> .....	49
Gambar 3. 34 Blok CMA <i>Equalizer</i> .....	50
Gambar 3. 35 Parameter Blok CMA <i>Equalizer</i> .....	50
Gambar 3. 36 Cara kerja blok CMA <i>Equalizer</i> [16FLL].....	51
Gambar 3. 37 Blok AGC.....	51
Gambar 3. 38 Parameter Blok AGC .....	52
Gambar 3. 39 Isyarat sinusoidal sebelum dikuatkan.....	52
Gambar 3. 40 Isyarat sinusoidal setelah dikuatkan.....	53
Gambar 3. 41 <i>Flowgraph</i> modulator BASK.....	54
Gambar 3. 42 <i>Flowgraph</i> modulator BFSK.....	55
Gambar 3. 43 <i>Flowgraph</i> modulator BPSK (Pengamatan Isyarat) .....	56
Gambar 3. 44 <i>Flowgraph</i> modulator BPSK dengan <i>PSK Mod</i> .....	58
Gambar 3. 45 <i>Flowgraph</i> modulator QPSK (Pengamatan Isyarat) .....	59
Gambar 3. 46 <i>Flowgraph</i> pembuat simbol QPSK .....	59

Gambar 3. 47 Tampilan isyarat kotak dengan amplitudo bervariasi .....	60
Gambar 3. 48 <i>Flowgraph</i> modulator QPSK dengan blok <i>PSK Mod</i> .....	61
Gambar 3. 49 <i>Flowgraph</i> sisi penerima BASK dan BFSK .....	62
Gambar 3. 50 <i>Flowgraph</i> sisi Penerima BPSK dan QPSK.....	64
Gambar 3. 51 Skema pengujian dengan dua USRP N210.....	67
Gambar 4. 1 Pengaruh pengubahan <i>sampling rate</i> pada isyarat sinus 1 MHz.....	70
Gambar 4. 2 <i>Flowgraph</i> untuk pengamatan SNR.....	72
Gambar 4. 3 Penampil Spektrum Frekuensi GNURadio Companion.....	75
Gambar 4. 4 Pengujian Spektrum USRP N210 ( $f_c = 500$ MHz) .....	77
Gambar 4. 5 Pengujian Spektrum USRP N210 ( $f_c = 2099.95$ MHz) .....	77
Gambar 4. 6 Pengujian Spektrum USRP N210 ( $f_c = 899.95$ MHz) .....	78
Gambar 4. 7 Hasil pengamatan Isyarat BASK Sisi Pengirim.....	79
Gambar 4. 8 Hasil Pengamatan Isyarat Terima BASK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	80
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan <i>Gain</i> Pengirim terhadap SNR BASK.....	82
Gambar 4. 10 Hasil Pengamatan Spektrum Frekuensi BASKb.....	83
Gambar 4. 11 Hasil Pengamatan Spektrum sisi Penerima BASK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	85
Gambar 4. 12 Hasil Pengamatan Isyarat BFSK Sisi Pengirim .....	87
Gambar 4. 13 Hasil Pengamatan Isyarat Terima BFSK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	88
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan <i>Gain</i> Pengirim terhadap SNR BFSK .....	90
Gambar 4. 15 Hasil Pengamatan Spektrum Frekuensi BFSK.....	91
Gambar 4. 16 Hasil Pengamatan Spektrum sisi Penerima BASK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	94

Gambar 4. 17 Hasil pengamatan Isyarat BPSK Sisi Pengirim.....	96
Gambar 4. 18 Hasil Pengamatan Isyarat Terima BPSK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	97
Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan <i>Gain</i> Pengirim terhadap SNR BPSK .....	99
Gambar 4. 20 Hasil Pengamatan Spektrum Frekuensi BPSK.....	100
Gambar 4. 21 Hasil Pengamatan Spektrum sisi Penerima BPSK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	102
Gambar 4. 22 Diagram Konstelasi BPSK dengan Variasi <i>gain</i> .....	105
Gambar 4. 23 Hasil Pengamatan Isyarat QPSK Sisi Pengirim .....	106
Gambar 4. 24 Hasil Pengamatan Isyarat Terima BFSK dengan Variasi <i>Gain</i> ...	107
Gambar 4. 25 Grafik Perbandingan <i>Gain</i> Pengirim terhadap SNR BPSK .....	109
Gambar 4. 26 Hasil Pengamatan Spektrum Frekuensi QPSK .....	110
Gambar 4. 27 Hasil Pengamatan Spektrum sisi Penerima BPSK dengan Variasi <i>Gain</i> .....	112
Gambar 4. 28 Diagram Konstelasi BPSK dengan Variasi <i>gain</i> .....	114