

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRACT.....	vii
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Keaslian penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Konsep <i>Cognitive radio</i>	9
2.2.2 <i>Spectrum sensing</i>	12
2.2.3 <i>Energy detection</i>	13
2.2.4 <i>Fourier Series</i> dan <i>Fourier Transform</i> Isyarat Kontinu.....	15
2.2.5 <i>Discrete Time Fourier Series</i> (DTFS) dan <i>Discrete Time Fourier Transform</i> (DTFT).....	17
2.2.6 <i>Discrete Fourier Transform</i> (DFT).....	18
2.2.7 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	19
2.2.8 <i>Power Spectral Density</i> (PSD).....	20
2.2.9 <i>Periodogram</i>	22
2.2.10 <i>Correlogram</i>	23
2.2.11 <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	24
2.2.12 <i>Software Defined Radio</i> (SDR)	28
2.2.13 GNU Radio.....	29
2.3 Hipotesis.....	30

BAB III METODOLOGI.....	31
3.1 Alat dan Bahan	31
3.1.1 Alat.....	31
3.1.2 Bahan.....	33
3.2 Jalannya Penelitian	34
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	34
3.2.2 Studi Pustaka.....	34
3.2.3 Perancangan Sistem dengan Metode Estimasi PSD <i>Periodogram</i> , <i>Correlogram</i> , dan <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> pada Sistem <i>Energy detection</i> <i>Spectrum sensing Cognitive radio</i>	35
3.2.4 Perancangan Blok Simulasi Pada GNU Radio.....	36
3.2.5 Simulasi dengan GNU Radio	36
3.2.6 Analisis Hasil	36
3.2.7 Pembuatan Laporan.....	37
3.3 Blok-blok GNU Radio.....	37
3.3.1 <i>Noise Source</i>	38
3.3.2 <i>Band Pass Filter</i>	38
3.3.3 <i>Add</i>	38
3.3.4 <i>Stream to Vector</i> dan <i>Vector to Stream</i>	39
3.3.5 FFT.....	39
3.3.6 <i>Complex to Mag²</i>	39
3.3.7 <i>Complex to Real</i>	40
3.3.8 <i>Fast Multiply Const</i>	40
3.3.9 <i>Python Block</i>	40
3.3.10 <i>Sink</i>	41
3.4 Perancangan Sistem.....	41
3.4.1 Pembangkitan Isyarat Masukan	42
3.4.2 Perhitungan PSD	42
3.4.3 Keputusan <i>Sensing</i>	43
3.4.4 Perhitungan P_d dan P_{fa}	44
3.4.5 Penampil Keluaran	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Simulasi GNU Radio	45
4.1.1 Simulasi Isyarat Masukan	45
4.1.2 Simulasi Estimasi PSD <i>Periodogram</i>	47
4.1.3 Simulasi Estimasi PSD <i>Correlogram</i>	59
4.1.4 Simulasi Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	71
4.1.5 Simulasi <i>Sensing</i>	81
4.1.6 Variasi Estimasi PSD	92
4.1.7 Simulasi Perhitungan P_d dan P_{fa}	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	107
5.1 Kesimpulan.....	107
5.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108

LAMPIRAN.....	1
L.1. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Autocorrelation Block using Python Library Numpy Real'	1
L.2. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation size 100%'	2
L.3. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation size 50%'	4
L.4. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation size 40%'	6
L.5. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation size 30%'	8
L.6. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation size 20%'	10
L.7. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation Extreme 1'	12
L.8. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Compressive PSD Estimation Extreme 2'	14
L.9. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Threshold Sensing output 0/1'	16
L.10. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Pd Calculation' saat PU berada pada 1 pita frekuensi	17
L.11. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Pf Calculation' saat PU berada pada 1 pita frekuensi	19
L.12. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Pd Calculation' saat PU berada pada 2 pita frekuensi	21
L.13. Kode modul blok GNU Radio <i>Embedded Python Block</i> untuk 'Pf Calculation' saat PU berada pada 2 pita frekuensi	23
L.14. Kode MATLAB yang digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan P_d dan P_{fa} dari GNU Radio pada metode estimasi PSD <i>Periodogram</i> dan <i>Correlogram</i>	25
L.15. Kode MATLAB yang digunakan untuk melakukan penampilan hasil P_d dan P_{fa} dari GNU Radio pada estimasi <i>Sub-Nyquist</i>	33
L.16. Grafik Alur Pembangkitan Isyarat pada GNU Radio	47
L.17. Grafik Alur Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio	48
L.18. Grafik Alur Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio.....	49
L.19. Grafik Alur Estimasi PSD Sub-Nyquist <i>Correlogram</i> pada GNU Radio	50
L.20. Grafik Alur Sensing dengan menggunakan sebuah Threshold untuk metode Estimasi PSD (a) <i>Periodogram</i> , (b) <i>Correlogram</i> dan (c) <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	51
L.21. Grafik Alur Perhitungan P_d dan P_{fa} untuk metode Estimasi PSD (a) <i>Periodogram</i> , (b) <i>Correlogram</i> dan (c) <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi dari <i>full ruler</i> (a), <i>sparse ruler</i> , (b), dan <i>minimum sparse ruler</i> (c)	26
Gambar 3.1 Grafik Alur Langkah Penelitian	33
Gambar 3.2 Grafik Alur Rancangan Umum Penelitian	42
Gambar 3.3 Grafik Alur Pembangkitan Isyarat.....	42
Gambar 3.4. Grafik Alur Perhitungan Estimasi PSD (a) <i>Periodogram</i> , (b) <i>Correlogram</i> dan (c) <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	43
Gambar 3.5. Grafik Alur Penginderaan (<i>Sensing</i>) dengan Menggunakan sebuah <i>threshold</i>	44
Gambar 4.1 Grafik Alur Pembangkitan Isyarat pada GNU Radio.....	45
Gambar 4.2 Hasil Tampilan GNU Radio dari Pembangkitan Isyarat	46
Gambar 4.3 Grafik Alur Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio	48
Gambar 4.4 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada saat PU berada pada satu pita frekuensi	50
Gambar 4.5 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada saat PU berada pada dua pita frekuensi	51
Gambar 4.6 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 1:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b).....	52
Gambar 4.7 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 2:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b).....	53
Gambar 4.8 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 3:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b).....	55
Gambar 4.9 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 4:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b).....	56
Gambar 4.10 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 5:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b).....	58
Gambar 4.11 Grafik Alur Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio.....	60
Gambar 4.12 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada saat PU	

berada pada satu pita frekuensi	62
Gambar 4.13 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada saat PU berada pada dua pita frekuensi	62
Gambar 4.14 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 1:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b)	64
Gambar 4.15 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 2:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b)	65
Gambar 4.16 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 3:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b)	66
Gambar 4.17 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 4:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b)	67
Gambar 4.18 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio pada perbandingan standar deviasi 5:1 saat PU berada pada satu pita frekuensi (a) dan saat PU berada pada dua pita frekuensi (b)	68
Gambar 4.19 Grafik Alur Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> pada GNU Radio.	71
Gambar 4.20 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	74
Gambar 4.21 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan kondisi Kompresi 100% dan 50% pada GNU Radio	75
Gambar 4.22 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan kondisi Kompresi 100% dan 40% pada GNU Radio	76
Gambar 4.23 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan kondisi Kompresi 100% dan 30% pada GNU Radio	77
Gambar 4.24 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan kondisi Kompresi 100% dan 20% pada GNU Radio	78
Gambar 4.25 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan kondisi Kompresi 100% dan 15% <i>Extreme 1</i> pada GNU Radio	79
Gambar 4.26 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan kondisi Kompresi 100% dan 15% <i>Extreme 2</i> pada GNU Radio	80
Gambar 4.27 Grafik Alur <i>Sensing</i> dengan menggunakan sebuah <i>Threshold</i> untuk metode Estimasi PSD (a) <i>Periodogram</i> , (b) <i>Correlogram</i> dan (c) <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	82
Gambar 4.28 Hasil Estimasi PSD <i>Periodogram</i> pada GNU Radio untuk nilai perbandingan (a) 1:1, (b) 2:1, (c) 3:1, (d) 4:1, dan (e) 5:1	86
Gambar 4.29 Hasil Estimasi PSD <i>Correlogram</i> pada GNU Radio untuk nilai	

perbandingan (a) 1:1, (b) 2:1, (c) 3:1, (d) 4:1, dan (e) 5:1	89
Gambar 4.30 Hasil Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> pada GNU Radio untuk nilai perbandingan (a) 1:1, (b) 2:1, (c) 3:1, (d) 4:1, dan (e) 5:1	92
Gambar 4.31 Perbandingan Hasil Estimasi PSD pada GNU Radio.....	93
Gambar 4.32 Perbandingan Hasil <i>Sensing</i> dengan menggunakan sebuah <i>Threshold</i> pada masing-masing hasil Estimasi PSD	94
Gambar 4.33 Grafik Alur Perhitungan Pd dan Pfa untuk metode Estimasi PSD (a) <i>Periodogram</i> , (b) <i>Correlogram</i> dan (c) <i>Sub-Nyquist Correlogram</i>	97
Gambar 4.34 Susunan <i>frame</i> data yang disimpan pada <i>File Sink</i>	99
Gambar 4.35 Kode Fungsi Pembacaan <i>file</i> pada Matlab untuk Plot Grafik	99
Gambar 4.36 Grafik Kurva Hasil Perhitungan Pd dan Pfa <i>Periodogram</i>	100
Gambar 4.37 Grafik Kurva Hasil Perhitungan Pd dan Pfa <i>Correlogram</i>	101
Gambar 4.38 Grafik Kurva Hasil Perhitungan Pd dan Pfa <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan rasio 4:1	102
Gambar 4.39 Grafik Kurva Hasil Perhitungan Pd dan Pfa <i>Sub-Nyquist correlogram</i> dengan rasio 3:1	103
Gambar 4.40 Grafik Kurva Hasil Perhitungan Pd dan Pfa <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan rasio 2:1	104
Gambar 4.41 Grafik Kurva Hasil Perhitungan Pd dan Pfa <i>Sub-Nyquist Correlogram</i> dengan rasio 1:1	105

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Blok yang Digunakan untuk Simulasi <i>Spectrum sensing</i>	37
Tabel 4.1 Parameter GNU Radio dari Susunan Blok Pembangkitan Isyarat	47
Tabel 4.2 Parameter GNU Radio dari Susunan Blok Estimasi PSD <i>Periodogram</i>	49
Tabel 4.3 Parameter GNU Radio dari Susunan Blok Estimasi PSD <i>Correlogram</i>	61
Tabel 4.4 <i>Sparse ruler</i> yang digunakan pada Penelitian Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist</i>	73
Tabel 4.5 Parameter GNU Radio dari Susunan Blok Estimasi PSD <i>Sub-Nyquist</i>	74
Tabel 4.6 Parameter Blok GNU Radio pada Perhitungan <i>Sensing</i> dengan Menggunakan sebuah <i>Threshold</i>	83
Tabel 4.7 Parameter Perhitungan Pd dan Pfa	98