

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PRAKATA	vi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vii
ABSTRACT	viii
INTISARI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Keaslian Penelitian	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori	10
2.1 Tinjauan Pustaka	10
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Jantung	12
2.2.1.1 Prinsip Kerja Jantung	13
2.2.1.2 <i>Phonocardiogram</i> (PCG)	14
2.2.1.3 Auskultasi	14
2.2.1.4 Suara Jantung	15
2.2.1.5 <i>Abnormal Heart Sound</i>	16
2.2.1.6 Murmur	17
2.2.2 <i>Signal Processing</i>	19
2.2.3 <i>Empirical Mode Decomposition</i> (EMD)	19
2.2.4 <i>Ensemble Empirical Mode Decomposition</i> (EEMD)	21
2.2.5 <i>Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise</i> (CEEMDAN)	22
2.2.6 <i>Fast Fourier Transform</i>	22
2.2.7 <i>Blind Source Separation</i> (BSS)	23
2.2.8 <i>Independent Component Analysis</i> (ICA)	24
2.2.9 <i>Shannon Energy Envelope</i>	25
2.2.9.1 Implementasi Shannon Envelope	25
2.2.10 Hipotesis	27
2.2.10.1 Pengujian Klasifikasi Sinyal	28
BAB III Metode Penelitian	29
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.1.1 Alat	29

3.1.2	Bahan	30
3.2	Perancangan Sistem Klasifikasi Sinyal Jantung	31
3.3	Penerapan CEEMDAN	34
3.4	Penerapan FFT	37
3.5	Penerapan Fast ICA.....	40
3.6	Algoritma Identifikasi Sinyal Jantung	44
3.6.1	Penyederhanaan Sinyal (Shannon Energy Envelope)	44
3.6.2	Menentukan Jarak S1S2 dan S1S1	46
3.6.3	Murmur	47
3.6.4	Lokasi Murmur.....	48
3.7	Analisis Data	49
BAB IV	Hasil dan Pembahasan.....	50
4.1	<i>Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise (CEEMDAN)</i>	50
4.2	Penerapan CEEMDAN dan Fast ICA	54
4.3	Penerapan <i>Fast Fourier Transform</i> pada setiap <i>IMF</i>	56
4.4	Klasifikasi dengan Menggunakan Metode Fast ICA dan FFT sebagai Ekstraksi Ciri.....	61
4.5	Identifikasi Sinyal Jantung	64
4.5.1	Menentukan S1S2 dan jarak S1S2	65
4.5.2	Menentukan Murmur pada Sinyal Jantung	73
4.6	Pengujian Hasil	81
4.6.1	Sinyal Jantung Normal.....	82
4.6.2	Sinyal Jantung Abnormal Early Sistolik	83
4.6.3	Sinyal Jantung Abnormal Holo Sistolik	84
4.6.4	Sinyal Jantung Abnormal Late Sistolik	86
4.6.5	Sinyal Jantung Abnormal Early Diastolik	87
4.6.6	Sinyal Jantung Abnormal Continuous Murmur	89
4.7	Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	91
BAB V	Kesimpulan dan Saran.....	93
5.1	Kesimpulan.....	93
5.2	Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	L-1
L.1	Python Code.....	L-1
L.2	Lampiran Gambar.....	L-11
L.3	Lampiran Tabel	L-34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Anatomi Jantung.	13
Gambar 2.2	Area Auskultasi.	14
Gambar 2.3	Ilustrasi S1, S2, S3, dan S4.	16
Gambar 2.4	Variasi Murmur pada PCG.....	18
Gambar 2.5	Proses sinyal asli yang dinormalisasi $x(t)$, Shannon Energy (SE) $SE(t)$, dan Rata-rata SE yang dinormalisasi atau $N(t)$...	27
Gambar 2.6	Jenis dan Karakteristik Murmur menurut Michigan Uni- versity	28
Gambar 3.1	Perancangan Umum Sistem Klasifikasi Sinyal Jantung.	31
Gambar 3.2	Proses Klasifikasi Sinyal Jantung PCG.	32
Gambar 3.3	Flowchart Klasifikasi Sinyal Jantung.....	33
Gambar 3.4	Hasil Pengukuran Sinyal Jantung Menggunakan Stetho- scope.	34
Gambar 3.5	Flowchart Dekomposisi Sinyal.....	36
Gambar 3.6	CEEMDAN (Apex normal S1S2 Supine Bell).	37
Gambar 3.7	CEEMDAN (Apex Midsys Murmur).	37
Gambar 3.8	Flowchart Ekstraksi Ciri Sinyal Jantung.	39
Gambar 3.9	Hasil Fast Fourier Transform.	40
Gambar 3.10	Ilustrasi Independent Component Analysis.	41
Gambar 3.11	Flowchart Fast ICA.	43
Gambar 3.12	Hasil Klasifikasi BSS.	44
Gambar 3.13	Flowchart Identifikasi.	45
Gambar 3.14	Envelope (Normal Mono 8K).....	46
Gambar 3.15	Pemotongan Envelope.	47
Gambar 4.1	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Normal Mono 8k.	51
Gambar 4.2	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Normal (001).	52
Gambar 4.3	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (Apex Early Systolic Murmur).	53
Gambar 4.4	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (002).	54
Gambar 4.5	Hasil Klasifikasi Fast ICA Sinyal Jantung Normal Mono 8k.	55
Gambar 4.6	Hasil Klasifikasi Fast ICA Dekomposisi Sinyal Jantung Sistolik (Apex Middle Sistolik Murmur).....	56
Gambar 4.7	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Normal Mono 8k.	58
Gambar 4.8	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Normal (001). ..	59
Gambar 4.9	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (Apex Early Sistolik Murmur).	60
Gambar 4.10	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (002).	61

Gambar 4.11	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT (Normal Mono).....	62
Gambar 4.12	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Normal (001).	62
Gambar 4.13	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (Apex Early Sistolik Murmur).....	63
Gambar 4.14	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (002).	64
Gambar 4.15	Hasil Envelope Sinyal Jantung Normal (Normal Mono 8K).	65
Gambar 4.16	Hasil Envelope Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (Early Sistolik Murmur).	65
Gambar 4.17	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Normal (Normal Mono 8K).	66
Gambar 4.18	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Normal (001).	67
Gambar 4.19	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (Apex Early Sistolik Murmur).....	67
Gambar 4.20	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (002).	68
Gambar 4.21	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (Apex Holo Sistolik Murmur).	68
Gambar 4.22	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (003).	69
Gambar 4.23	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (Late Sistolik Murmur).	70
Gambar 4.24	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (004).	70
Gambar 4.25	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (Early Diastolik Murmur).....	71
Gambar 4.26	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (005).	71
Gambar 4.27	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Continuous Murmur (Continuous Murmur).	72
Gambar 4.28	Hasil Identifikasi Sinyal Jantung Continuous Murmur (006).	72
Gambar 4.29	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Normal (Normal Mono 8K).....	74
Gambar 4.30	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Normal (001). ...	75
Gambar 4.31	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (Apex Early Sistolik Murmur).....	75
Gambar 4.32	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (002).	76
Gambar 4.33	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (Apex Holo Sistolik Murmur).	76

Gambar 4.34	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (003).	77
Gambar 4.35	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (Late Sistolik Murmur).	77
Gambar 4.36	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (004).	78
Gambar 4.37	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (Early Diastolik Murmur).	78
Gambar 4.38	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (004).	79
Gambar 4.39	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Continuous Murmur (Continuous Murmur).	79
Gambar 4.40	Hasil Identifikasi Murmur Sinyal Jantung Continuous Murmur (006).	80
Gambar 1	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (Apex Holo Systolic Murmur).	L-11
Gambar 2	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (003).	L-12
Gambar 3	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Late Systolic Murmur (Apex Late Systolic Murmur).	L-12
Gambar 4	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Late Systolic Murmur (004).	L-13
Gambar 5	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Early Diastolic Murmur (Apex Early Diastolic Murmur).	L-13
Gambar 6	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Early Diastolic Murmur (005).	L-14
Gambar 7	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Systolic Diastolic Murmur (Aortic Systolic Diastolic Murmur).	L-14
Gambar 8	Hasil Dekomposisi Sinyal Jantung Continuous Murmur (006).	L-15
Gambar 9	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Holo Sistolik (Apex Holo Sistolik Murmur).jpg.	L-15
Gambar 10	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (003).	L-16
Gambar 11	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (Apex Late Sistolik Murmur).	L-17
Gambar 12	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (004).	L-18
Gambar 13	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (Apex Early Diastolik Murmur).jpg.	L-19
Gambar 14	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (005).	L-20
Gambar 15	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Continuous Murmur (Apex Continuous Murmur).	L-21

Gambar 16	Hasil FFT pada setiap IMF Sinyal Jantung Continuous Murmur (006).	L-22
Gambar 17	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (Holo Sistolik Murmur).	L-23
Gambar 18	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (003).	L-24
Gambar 19	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (Late Sistolik Murmur).	L-25
Gambar 20	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (004).	L-26
Gambar 21	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (Early Diastolik Murmur).	L-27
Gambar 22	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (005).	L-28
Gambar 23	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Continuous Murmur (Continuous Murmur).	L-29
Gambar 24	Hasil Klasifikasi dengan Menggunakan ICA yang telah diekstraksi Ciri FFT Sinyal Jantung Continuous Murmur (006).....	L-30
Gambar 25	Hasil Envelope Sinyal Jantung Normal (001).....	L-30
Gambar 26	Hasil Envelope Sinyal Jantung Early Sistolik Murmur (002).....	L-31
Gambar 27	Hasil Envelope Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (Apex Holo Sistolik Murmur).	L-31
Gambar 28	Hasil Envelope Sinyal Jantung Holo Sistolik Murmur (003).....	L-31
Gambar 29	Hasil Envelope Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (Apex Late Sistolik Murmur).	L-32
Gambar 30	Hasil Envelope Sinyal Jantung Late Sistolik Murmur (004).....	L-32
Gambar 31	Hasil Envelope Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (Apex Early Diastolik Murmur).	L-32
Gambar 32	Hasil Envelope Sinyal Jantung Early Diastolik Murmur (005).	L-33
Gambar 33	Hasil Envelope Sinyal Jantung Continuous Murmur (Apex Continuous Murmur).	L-33
Gambar 34	Hasil Envelope Sinyal Jantung Continuous Murmur (006).	L-33

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Tabel Penelitian.....	6
Tabel 1.1	Tabel Penelitian.....	7
Tabel 1.1	Tabel Penelitian.....	8
Tabel 1.1	Tabel Penelitian.....	9
Tabel 4.1	Tabel Identifikasi S1S2.....	73
Tabel 4.2	Tabel Identifikasi Murmur	80
Tabel 4.2	Tabel Identifikasi Murmur	81
Tabel 4.3	Tabel Pembagian Data Sinyal Jantung yang Diobservasi	82
Tabel 4.4	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Normal	82
Tabel 4.4	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Normal	83
Tabel 4.5	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Early Sistolik)	83
Tabel 4.5	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Early Sistolik)	84
Tabel 4.6	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Holo Sistolik).....	85
Tabel 4.6	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Holo Sistolik).....	86
Tabel 4.7	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Late Sistolik)	86
Tabel 4.7	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Late Sistolik)	87
Tabel 4.8	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Early Diastolik).....	88
Tabel 4.8	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Early Diastolik).....	89
Tabel 4.9	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Continuous Murmur)	89
Tabel 4.9	Tabel Ujicoba Sinyal Jantung Abnormal (Continuous Murmur)	90
Tabel 4.10	Tabel Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya.....	92
Tabel 1	Dataset Digiscope Phonocardiogram	L-34