

**KLASIFIKASI KONDISI DETAK JANTUNG BERDASARKAN
HASIL PEMERIKSAAN ELEKTROKARDIOGRAFI (EKG)
MENGUNAKAN BINARY DECISION TREE -
SUPPORT VECTOR MACHINE (BDT-SVM)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Andhica Pratama
NIM:125150205111004



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

PENGESAHAN

KLASIFIKASI KONDISI DETAK JANTUNG BERDASARKAN HASIL PEMERIKSAAN
ELEKTROKARDIOGRAFI (EKG) MENGGUNAKAN BINARY DECISION TREE -
SUPPORT VECTOR MACHINE (BDT-SVM)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Andhica Pratama
NIM:125150205111004

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
18 Agustus 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom
NIK:201201 850719 1 001

Suprpto, S.T, M.T
NIP: 19710727 199603 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph, D
NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 18 Agustus 2016



Andhica Pratama

NIM: 125150205111004

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan tepat waktu. Laporan Skripsi ini berjudul "KLASIFIKASI KONDISI DETAK JANTUNG BERDASARKAN HASIL PEMERIKSAAN ELEKTROKARDIOGRAFI (EKG) MENGGUNAKAN BINARY DECISION TREE - SUPPORT VECTOR MACHINE (BDT-SVM)" sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer (FILKOM) Universitas Brawijaya.

Dalam penulisan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom selaku Dosen Pembimbing I dan Suprpto, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II selama pengerjaan skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta meluangkan waktunya dalam setiap konsultasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. dr. Cholid Tri Tjahjono, M. Kes, SpJp selaku Pakar dan Dokter Spesialis Jantung dan Pembuluh Darah yang telah membantu dalam memberikan arahan, serta meluangkan waktunya dalam proses validasi data hasil pemeriksaan Elektrokardiografi (EKG) dan arahan mengenai EKG.
3. Eko Sakti Pramukantoro, S. Kom, M.Kom selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan moril maupun masukan selama masa perkuliahan.
4. Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph, D selaku Ketua Program Studi Informatika/Illmu Komputer beserta jajarannya.
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
6. Segenap staff dan karyawan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya yang membantu penulis dalam pelaksanaan skripsi ini.
7. Ayahanda tersayang Junaidi HM. yang selalu mengingatkan dan mendukung penulis dalam proses belajar dari awal masuk hingga selesai pada tahap skripsi ini.
8. Ibunda tercinta Suwarti yang selama ini berdoa, mengingatkan, mendukung, dan memberikan semangat serta nasehat yang semata-mata untuk keberhasilan penulis.
9. Adik-adik tersayang Dita Yuliana Fransiska, Raka Rizki Pramata dan Riko Dwiki Pratama beserta keluarga besar lainnya yang telah mendukung serta kucing kesayangan saya "Poo" atas hiburan yang telah diberikan. Tidak lupa juga kakak dan adik sepupu saya Alvionita, Feby Alvina, Erisa Dhamayanti, dan Alan Hairuna Siregar yang selama ini selalu bertanya dan memberikan dukungan tentang masa perkuliahan saya.

10. Sahabat-sahabat saya, Andro Wibowo, Elsa Nuramilus Shofia, Lintang Resita Mayangsari, Nurul Wahidatul Fitriyah, Uswatun Hasanah, Wulan Sari Simarmata, dan Yunika Tria Melati yang telah membantu memberikan semangat persahabatan, berbagi cerita dan canda tawanya, dan bantuan-bantuan yang tak akan terlupakan sejak Semester 1 hingga sekarang.
11. Teman-teman Informatika/Illmu Komputer angkatan 2012 yang selalu memberikan bantuan dan motivasi dalam proses perkuliahan.
12. Semua pihak yang tidak disebutkan satu per satu yang telah membantu dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik format laporan maupun isinya. Oleh karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki diri. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi pembaca maupun penulis, amin.

Malang, 18 Agustus 2016

Penulis
dikashane@gmail.com



ABSTRAK

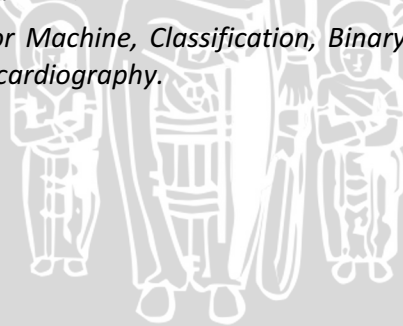
Jantung merupakan organ vital manusia dan merupakan pertahanan hidup terakhir manusia selain otak yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Di Indonesia berdasarkan data dari Kementerian RI tahun 2013, kematian akibat penyakit jantung ini diperkirakan sebesar 0.5% atau 883.447 orang dan berdasarkan gejala sebanyak 1.5% atau sekitar 2.650.340 orang. Diperlukan pemeriksaan EKG untuk mengetahui adanya kelainan irama detak jantung. Saat ini tidak semua tenaga medis bisa melakukan pembacaan hasil rekaman elektrokardiografi dan setiap kelainan jantung memiliki pola yang tidak khas. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang dapat mendeteksi kondisi detak jantung berdasarkan hasil rekam EKG sehingga penanganan secara dini terhadap kelainan detak jantung dapat segera dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan klasifikasi dari sinyal gelombang EKG tersebut dengan menggunakan metode *Binary Decision Tree - Support Vector Machine (BDT-SVM)*. Klasifikasi untuk kondisi detak jantung dengan algoritma SVM ini ditambah dengan metode *Binary Decision Tree* untuk menyelesaikan permasalahan *multi class* yang ada pada SVM. Kelas dari klasifikasi ini terdiri dari normal dan aritmia. Dimana aritmia terdiri dari *atrial fibrillation*, *pvc bigeminy*, dan *ventricular tachycardia*. Sehingga total kelas ada empat kelas. Data didapatkan dari *MIT-BIH Arrhythmia Database* dan telah divalidasi oleh dokter spesialis jantung dan pembuluh darah. Hasil klasifikasi yang didapatkan memiliki rata-rata akurasi sebesar 70.00% pada rasio data 90%:10% dengan nilai akurasi tertinggi sebesar 75.00% menggunakan *kernel Polynomial*, data dinormalisasi terlebih dahulu, dan dengan kombinasi nilai parameter $\lambda = 0.5$, konstanta $\gamma = 0.01$, *complexity (C) = 1*, iterasi maksimum = 100, dan ϵ (*epsilon*) = 0.00001.

Kata Kunci : *Support Vector Machine*, Klasifikasi, *Binary Decision Tree*, Detak Jantung, Aritmia, Elektrokardiografi.

ABSTRACT

Human-heart is a vital organ and is the last surviving human defense other than the brain which serves to pump blood throughout the body. In Indonesia based on data from the Ministry of Indonesia in 2013, the death from heart disease is estimated about 0.5% or 883.447 people and is based on the symptoms as much as 1.5%, or about 2.65034 million people. ECG examination is required to determine abnormalities in heart rhythms. Not all medical personnel could do the reading electrocardiographic recordings and each of the heart defect has patterns that is not typical. Therefore, it needs a system that can detect the condition of the heart rate based on the ECG recording so that early treatment of the abnormal heartbeat can be done immediately. This study aims to determine the classification of the ECG waveform signal by using Binary Decision Tree - Support Vector Machine (BDT-SVM). Classifications for conditions heartbeat with SVM algorithm is supported by Binary Decision Tree to solve the problems of multi-class from SVM. Class of this study such as normal and arrhythmias. Where Arrhythmias consists of atrial fibrillation, pvc bigeminy, and ventricular tachycardia. So the total of class are four class. Data collected from the MIT-BIH Arrhythmias Database and has been validated by a specialist heart and blood vessels. The average results of classification have an accuracy of 70.00% on the ratio of data is 90%:10%. the data is normalized first, and then with the highest accuracy of 75.00% by using polynomial kernel with a combined value of parameter $\lambda = 0.5$, constant $\gamma = 0.01$, complexity = 1, maximum number of iterations = 100, and ϵ (epsilon) = 0.00001.

Keywords : Support Vector Machine, Classification, Binary Decision Tree, Heart Rate, Arrhythmias, Electrocardiography.



DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	4
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Irama Detak Jantung.....	9
2.3 Normal	10
2.4 Aritmia	11
2.4.1 Atrial Fibrillation	11
2.4.2 PVC Bigeminy	12
2.4.3 Ventricular Tachycardia	12
2.5 Pemeriksaan EKG (Elektrokardiografi).....	13
2.6 Sadapan EKG	15
2.7 Data Mining	16
2.7.1 Normalisasi.....	17
2.7.2 Machine Learning.....	17
2.7.3 Klasifikasi.....	18

2.8 Support Vector Machine (SVM)	18
2.8.1 SVM Linear	19
2.8.2 SVM Non-Linear	21
2.8.3 Sequential Training SVM	22
2.8.4 Karakteristik SVM	23
2.8.5 Kelebihan dan Kekurangan SVM	24
2.9 Binary Tree dari SVM	24
2.10 SVM-BDT	25
2.10.1 Euclidean Distance	28
2.10.2 Evaluasi Akurasi	28
BAB 3 METODOLOGI	29
3.1 Studi Literatur	30
3.2 Analisa Kebutuhan Sistem	30
3.3 Pengumpulan Data	31
3.4 Perancangan Sistem	31
3.5 Implementasi Sistem	32
3.6 Analisa dan Pengujian Sistem	32
3.7 Penarikan Kesimpulan dan Saran	32
BAB 4 PERANCANGAN	33
4.1 Formulasi Permasalahan	33
4.2 Langkah-Langkah Algoritma BDT-SVM	36
4.2.1 Proses Normalisasi Fitur	37
4.2.2 Proses Binary Decision Tree	40
4.2.3 Proses Support Vector Machine	52
4.3 Langkah-Langkah Penyelesaian Masalah Algoritma BDT-SVM	64
4.3.1 Data Training dan Data Testing	65
Tabel 4.3 di atas merupakan tabel yang menampilkan data <i>training</i> dari sampel data yang akan digunakan untuk proses BDT-SVM.	65
4.3.2 Perhitungan Gravity Center	65
4.3.3 Perhitungan Euclidean Distance	66
4.3.4 Perhitungan Normalisasi Data	69
4.3.5 Training Data	71

4.3.6 <i>Testing Data</i>	77
4.4 Perancangan Antarmuka Sistem.....	80
4.4.1 Perancangan Halaman <i>Import Data</i>	80
4.4.2 Perancangan Halaman <i>Data EKG</i>	81
4.4.3 Perancangan Halaman <i>Step-BDT</i>	82
4.4.4 Perancangan Halaman <i>Step-Normalisasi</i>	82
4.4.5 Perancangan Halaman <i>Step-SVM</i>	83
4.4.6 Perancangan Halaman <i>Evaluasi</i>	84
4.5 Perancangan Pengujian Sistem.....	85
4.5.1 Pengujian Variasi Fitur atau Parameter	85
4.5.2 Pengujian Rasio Perbandingan Jumlah Data Latih dan Data Uji.	85
4.5.3 Pengujian Normalisasi.....	86
4.5.4 Pengujian Kernel	86
4.5.5 Pengujian Terhadap Jumlah Iterasi <i>SVM</i>	87
4.5.6 Pengujian Terhadap Parameter λ (<i>Lambda</i>)	87
4.5.7 Pengujian Terhadap Parameter <i>C (Complexity)</i>	87
4.5.8 Pengujian Terhadap Parameter ϵ (<i>Epsilon</i>).....	88
4.5.9 Pengujian Terhadap Parameter <i>Konstanta γ</i>	88
4.6 Pengambilan Keputusan	89
BAB 5 IMPLEMENTASI	90
5.1 Spesifikasi Sistem.....	90
5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	90
5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak	90
5.2 Batasan Implementasi	91
5.3 Implementasi Algoritma	91
5.3.1 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Min-Max Normalization</i>	91
5.3.2 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Binary Decision Tree</i>	92
5.3.3 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Gravity Center</i>	95
5.3.4 Implementasi Algoritma Perhitungan Jarak <i>Euclidean</i>	96
5.3.5 Implementasi Algoritma <i>Max Euclidean</i>	97
5.3.6 Implementasi Algoritma <i>Banding Kelas Minimal</i>	98
5.3.7 Implementasi Algoritma <i>Cari Kelas</i>	99

5.3.8 Implementasi Algoritma Alokasi Kelas.....	99
5.3.9 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Sequential Training SVM</i>	100
5.3.10 Implementasi Algoritma Perhitungan Kernel <i>Polynomial Degree d</i>	101
5.3.11 Implementasi Algoritma Perhitungan Matriks <i>Hessian</i>	102
5.3.12 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Learning Rate</i>	103
5.3.13 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Ei</i>	104
5.3.14 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Delta Alpha</i>	104
5.3.15 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>Alpha</i>	105
5.3.16 Implementasi Algoritma <i>Support Vector</i>	105
5.3.17 Implementasi Algoritma Perhitungan $W.X^t$ dan $W.X$	107
5.3.18 Implementasi Algoritma <i>alphakiplus</i> atau <i>alphakiminus</i>	108
5.3.19 Implementasi Algoritma Perhitungan <i>b</i> atau bias	108
5.3.20 Implementasi Algoritma Perhitungan $f(x)$ <i>Testing</i>	109
5.4 Implementasi Antarmuka	110
5.4.1 Halaman <i>Import Data</i>	111
5.4.2 Halaman Lihat Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i>	111
5.4.3 Halaman Normalisasi	112
5.4.4 Halaman Hasil <i>Generate Tree (Binary Decision Tree)</i>	112
5.4.5 Halaman Hasil SVM	113
5.4.6 Halaman Evaluasi	113
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	115
6.1 Pengujian Variasi Fitur atau Parameter.....	115
6.1.1 Analisa Pengujian Variasi Jumlah Fitur atau Parameter	115
6.2 Pengujian Terhadap Perbandingan Data Latih dan Data Uji	116
6.2.1 Analisa Pengujian Rasio Perbandingan Data Latih dan Uji	117
6.3 Pengujian Terhadap Normalisasi	118
6.3.1 Skenario Pengujian Normalisasi.....	118
6.3.2 Analisa Pengujian Normalisasi	118
6.4 Pengujian Terhadap Kernel.....	119
6.4.1 Skenario Pengujian Kernel	119

6.4.2 Analisa Pengujian Kernel.....	120
6.5 Pengujian Terhadap Parameter <i>Lambda</i>	121
6.5.1 Skenario Pengujian <i>Lambda</i> (λ)	121
6.5.2 Analisa Pengujian Rasio Perbandingan Parameter <i>Lambda</i> (λ)	121
6.6 Pengujian Terhadap Konstanta <i>Gamma</i>	122
6.6.1 Skenario Pengujian Konstanta <i>Gamma</i>	122
6.6.2 Analisa Pengujian Rasio Perbandingan Parameter Konstanta γ (<i>Gamma</i>)	123
6.7 Pengujian Terhadap Nilai <i>Complexity</i> (<i>C</i>).....	124
6.7.1 Skenario Pengujian <i>Complexity</i>	124
6.7.2 Analisa Pengujian Rasio Perbandingan Parameter <i>C</i> (<i>Complexity</i>)	125
6.8 Pengujian Terhadap Nilai <i>Epsilon</i>	125
6.8.1 Skenario Pengujian <i>Epsilon</i>	126
6.8.2 Analisa Pengujian Rasio Perbandingan Parameter ϵ (<i>Epsilon</i>)	126
6.9 Pengujian Terhadap Nilai Iterasi Maksimal	127
6.9.1 Skenario Pengujian Iterasi Maksimal	127
6.9.2 Analisa Pengujian Rasio Perbandingan Nilai Iterasi Maksimum	128
6.10 Analisa Tingkat Akurasi	129
BAB 7 Penutup	130
7.1 Kesimpulan.....	130
7.2 Saran	130
DAFTAR PUSTAKA.....	132
LAMPIRAN A DATA HASIL REKAM EKG (MLII DAN VI).....	137
LAMPIRAN B DATA HASIL REKAM EKG (MLII DAN VI).....	173
LAMPIRAN C DATA MLII dan vi (7202 fitur)	209
LAMPIRAN D DATA MLII dan vi (4322 fitur).....	215
LAMPIRAN E FLOW CHART BINARY DECISION TREE	220
LAMPIRAN F PERHITUNGAN MANUAL.....	234
LAMPIRAN G SURAT PERMOHONAN PAKAR	247

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel <i>Review</i> Kajian Pustaka.	7
Tabel 2.2 Fungsi Kernel SVM.	22
Tabel 3.1 Kebutuhan Fungsional Sistem.	30
Tabel 3.2 Kebutuhan Non-Fungsional Sistem.	31
Tabel 4.1 Data Detak Jantung Hasil EKG.	33
Tabel 4.2 Data <i>Training</i>	65
Tabel 4.3 Data <i>Testing</i>	65
Tabel 4.4 Rata-Rata <i>Gravity Center</i> Kelas 1.	66
Tabel 4.5 Rata-Rata <i>Gravity Center</i> Kelas 2.	66
Tabel 4.6 Rata-Rata <i>Gravity Center</i> Kelas 3.	66
Tabel 4.7 Rata-Rata <i>Gravity Center</i> Kelas 4.	66
Tabel 4.8 Matriks Euclidean Distance.	67
Tabel 4.9 Data Setelah di Normalisasi.	70
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Matriks Kernel Polynomial Degree 2.	71
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Matriks Hessian.	72
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan E_i	72
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan $\delta\alpha_i$	73
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan α_i	73
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan E_i	73
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan $\delta\alpha_i$	74
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan α_i	74
Tabel 4.18 Nilai <i>Support Vector</i> Level 1.	74
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan <i>Kernel</i> dan $w.x^+$ dan $w.x^-$	75
Tabel 4.20 Data yang di Training pada Level 2.	76
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan α_i	76
Tabel 4.22 Data yang di Training pada Level 3.	77
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan α_i	77
Tabel 4.24 Data <i>Testing</i> Hasil Normalisasi.	78
Tabel 4.25 Data <i>Testing</i> 17 dan 18.	79
Tabel 4.26 Hasil Data <i>Testing</i> Level 1.	79

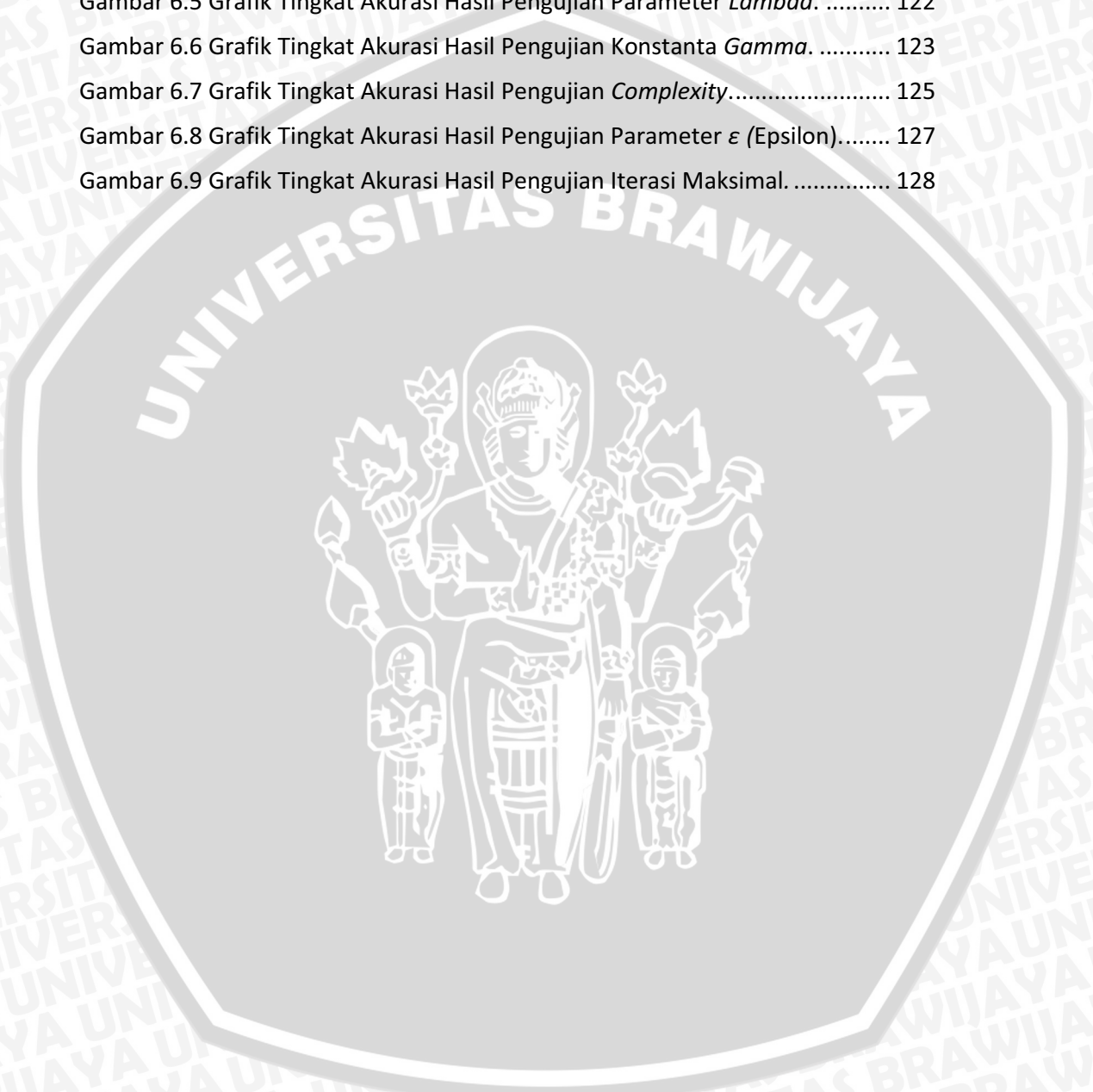
Tabel 4.27 Hasil Data <i>Testing</i> Level 2.....	79
Tabel 4.28 Perbandingan Hasil Klasifikasi Sistem.	80
Tabel 4.29 Perbandingan Variasi Fitur atau Parameter.....	85
Tabel 4.30 Perbandingan Rasio Data.	86
Tabel 4.31 Pengujian Normalisasi.	86
Tabel 4.32 Pengujian Kernel.	86
Tabel 4.33 Perbandingan Jumlah Iterasi SVM.	87
Tabel 4.34 Perbandingan Parameter λ	87
Tabel 4.35 Perbandingan Parameter C.	88
Tabel 4.36 Perbandingan Parameter ϵ	88
Tabel 4.37 Perbandingan Parameter γ	88
Tabel 5.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	90
Tabel 5.2 Spesifikasi Perangkat Lunak.	90
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Variasi Fitur/Parameter.	115
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Perbandingan Rasio Data.....	117
Tabel 6.3 Perbandingan Normalisasi.	118
Tabel 6.4 Perbandingan Jumlah Iterasi SVM.	119
Tabel 6.5 Perbandingan Parameter λ (<i>Lambda</i>).	121
Tabel 6.6 Perbandingan Parameter Konstanta γ	123
Tabel 6.7 Perbandingan Parameter <i>Complexity</i>	124
Tabel 6.8 Perbandingan Parameter <i>Epsilon</i> (ϵ).....	126
Tabel 6.9 Perbandingan Parameter Iterasi Maksimal.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok <i>Detect Pedestrian Orientation by Integrating Multiclass SVM Utilizing Binary Decision Tree</i>	6
Gambar 2.2 Diagram Blok <i>Classification of ECG Arrhythmias using Discrete Wavelet Transform and Neural Networks</i>	6
Gambar 2.3 Bagian Jantung.	9
Gambar 2.4 Hasil Pemeriksaan EKG Kondisi Normal.	10
Gambar 2.5 Hasil Pemeriksaan EKG Kondisi <i>Atrial fibrillation</i>	11
Gambar 2.6 Hasil Pemeriksaan EKG Kondisi <i>PVC Bigeminy</i>	12
Gambar 2.7 Hasil Pemeriksaan EKG Kondisi <i>Ventricular Tachycardia</i>	13
Gambar 2.8 Alat Pemeriksaan EKG.	14
Gambar 2.9 Rekaman EKG dalam Siklus Jantung.	14
Gambar 2.10 EKG Normal.	15
Gambar 2.11 Sadapan EKG.	15
Gambar 2.12 Tahapan <i>Data Mining</i>	16
Gambar 2.13 Pemisahan <i>Hyperplane</i> Terbaik.	19
Gambar 2.14 Linear memisahkan <i>hyperplanes</i> untuk kasus terpisah.	20
Gambar 2.15 Data <i>Hyperplane</i> Non-Linear.	21
Gambar 2.16 Ilustrasi SVM-BDT.	25
Gambar 2.17 Pembagian SVM-BDT dalam 7 Kelas.	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.	29
Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Berjalannya Sistem.	37
Gambar 4.2 Diagram Alir Proses Normalisasi.	38
Gambar 4.3 Diagram Alir Proses Hitung <i>Min</i>	39
Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Hitung <i>Max</i>	40
Gambar 4.5 Diagram Alir Proses <i>Binary Decision Tree</i>	44
Gambar 4.6 Diagram Alir Proses Gravity Center.	46
Gambar 4.7 Diagram Alir Proses Jarak Euclidean.	47
Gambar 4.8 Diagram Alir Proses Hitung <i>Max Euclidean</i>	48
Gambar 4.9 Diagram Alir Proses Banding Kelas Minimal.	49
Gambar 4.10 Diagram Alir Proses Cari Kelas.	50

Gambar 4.11 Diagram Alir Proses Alokasi Kelas.	51
Gambar 4.12 Diagram Alir Proses <i>Support Vector Machine</i>	53
Gambar 4.13 Diagram Alir Proses <i>Kernel Polynomial Degree</i>	54
Gambar 4.14 Diagram Alir Proses <i>Matriks Hessian</i>	55
Gambar 4.15 Diagram Alir Proses <i>Learning Rate</i>	56
Gambar 4.16 Diagram Alir Proses E_j	57
Gambar 4.17 Diagram Alir Proses $\delta\alpha_j$	58
Gambar 4.18 Diagram Alir Proses α_j	59
Gambar 4.19 Diagram Alir Proses <i>Support Vector</i>	59
Gambar 4.20 Diagram Alir Proses $W.X^+$	60
Gambar 4.21 Diagram Alir Proses $W.X$	61
Gambar 4.22 Diagram Alir Proses <i>jumlahiyikplus</i>	62
Gambar 4.23 Diagram Alir Proses <i>jumlahiyikminus</i>	63
Gambar 4.24 Diagram Alir Proses b (<i>bias</i>).	64
Gambar 4.25 BDT Level 1.	67
Gambar 4.26 BDT Level 2.	68
Gambar 4.27 BDT Level 2.	68
Gambar 4.28 <i>Binary Decision Tree</i> atau Pohon Biner.	69
Gambar 4.29 Perancangan Halaman <i>Import Data</i>	80
Gambar 4.30 Perancangan Halaman Data EKG.	81
Gambar 4.31 Perancangan Halaman <i>Step</i> -BDT.	82
Gambar 4.32 Perancangan Halaman <i>Step</i> -Normalisasi.	83
Gambar 4.33 Perancangan Halaman <i>Step</i> -SVM.	84
Gambar 4.34 Perancangan Halaman Evaluasi.	84
Gambar 5.1 Perancangan Halaman <i>Import Data</i>	111
Gambar 5.2 Halaman Data Training.	111
Gambar 5.3 Halaman Normalisasi.	112
Gambar 5.4 Halaman Hasil BDT.	112
Gambar 5.5 Halaman Hasil SVM.	113
Gambar 5.6 Halaman Hasil Evaluasi.	114
Gambar 5.7 Halaman Hasil Gambar EKG.	114
Gambar 6.1 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Variasi Fitur.	116

Gambar 6.2 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Rasio Perbandingan Data. .	117
Gambar 6.3 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Normalisasi.....	119
Gambar 6.4 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Kernel.	120
Gambar 6.5 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Parameter <i>Lambda</i>	122
Gambar 6.6 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Konstanta <i>Gamma</i>	123
Gambar 6.7 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian <i>Complexity</i>	125
Gambar 6.8 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Parameter ϵ (Epsilon).....	127
Gambar 6.9 Grafik Tingkat Akurasi Hasil Pengujian Iterasi Maksimal.	128



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA HASIL REKAM EKG (MLII DAN VI).....	137
LAMPIRAN B DATA HASIL REKAM EKG (MLII DAN VI).....	173
LAMPIRAN C DATA MLII dan vi (7202 fitur)	209
LAMPIRAN D DATA MLII dan vi (4322 fitur).....	215
LAMPIRAN E FLOW CHART BINARY DECISION TREE	220
LAMPIRAN F PERHITUNGAN MANUAL.....	234
LAMPIRAN G SURAT PERMOHONAN PAKAR	247

