

**DETEKSI PENYAKIT JANTUNG MENGGUNAKAN
TEKNIK PENGENALAN POLA**

Ohaiyo Randy Rahmat	0700695521
Ivan Christian	0700708524
Feriko Wirajimin	0700708676

Abstrak

Memaksimalkan hasil dari suatu kegiatan adalah tujuan dari pemanfaatan teknologi. Begitu pula dalam dunia medis, salah satu pemanfaatannya adalah untuk mengetahui ada tidaknya kelainan pada jantung seseorang, yaitu dengan menggunakan elektrokardiogram (EKG). Dimana EKG dapat menghasilkan analisa dengan lebih cepat dan akurat. Dimana dalam skripsi ini, analisa untuk dibatasi untuk jenis denyut jantung *arrhythmia*. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk menciptakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memproses sekaligus mengenali pola sinyal digital EKG, yang berfungsi untuk diagnosa lebih lanjut, berdasarkan teori pengenalan pola yang ada. Metode penelitian terdiri dari metode analisis yang didasarkan pada informasi yang diperoleh dari sumber pustaka cetak maupun non-cetak. Sedangkan sumber data yang digunakan untuk simulasi diperoleh dari internet. Perangkat lunak yang diciptakan diharapkan dapat menginterpretasikan data simulasi yang mencakup data dari database rekaman langsung dari pasien serta data yang sudah dinormalisasi kemudian memprosesnya menjadi sebuah informasi yang dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut. Interpretasi data yang berupa pengenalan pola EKG dirancang dengan menggunakan metode *minimum distance classifier*. Dan untuk menganalisis / mendiagnosa pola yang dihasilkan, digunakan *neural network* dan *fuzzy logic*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah perangkat lunak pengenalan pola ini sangat bermanfaat bagi dunia medis khususnya bagi para ahli di bidang jantung agar dapat memberikan keputusan atau analisis yang lebih akurat bagi pasien dan memberikan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan pasien (apabila terdiagnosa terdapatnya kelainan pada jantung pasien).

Kata Kunci

EKG, *arrhythmia*, pengenalan pola, *Minimum Distance Classifier*, *Neural Network*, dan *Fuzzy Logic*.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dimana skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada jenjang pendidikan strata-1 Universitas Bina Nusantara, Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak akan berjalan dengan baik dan tepat pada waktunya tanpa bimbingan, dukungan, bantuan serta partisipasi pihak lain. Oleh karena itu, perkenankanlah penulis untuk mengungkapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan berperan dalam penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Prof. Dr. Gerardus Polla, M.App.Sc., selaku Rektor Universitas Bina Nusantara yang telah memberikan kesempatan dan menyediakan berbagai fasilitas yang dibutuhkan penulis dalam menyusun tugas akhir ini;
2. Ir. Sablin Yusuf, M.Sc, M.Comp.Sc., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Mohammad Subekti, BE., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika yang telah memberikan kepercayaan dan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Fredy Purnomo, S.Kom, M.Kom., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini;

5. Bapak Tri Djoko Wahjono, Ir., MSc., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan dan saran dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Haryono Soeparno, Ir., MSc., Dr., yang telah memberikan masukan-masukan dalam pembuatan skripsi ini;
7. Orang Tua penulis yang telah memberi bekal baik moril maupun materil sehingga penulis dapat meraih gelar kesarjanaan dalam bidang studinya, dan juga memberikan dukungan serta semangat dalam penulisan skripsi ini;
8. Teman-teman yang telah turut mendukung dalam memberikan ide-ide yang dapat dijadikan sebagai masukan dalam pembuatan skripsi ini;
9. Civitas akademika Universitas Bina Nusantara tempat penulis menimba ilmu selama ini;
10. Seluruh Dosen Universitas Bina Nusantara yang telah memberikan bekal dan tuntunan dalam menyelesaikan gelar kesarjanaan ini;
11. Segenap staf Perpustakaan Bina Nusantara yang turut membantu dalam peminjaman buku sebagai sumber dalam penulisan skripsi ini;
12. Seluruh keluarga kami yang memberikan semangat, baik dukungan moril dan dan materil dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam menyelesaikan karya ilmiah ini, walaupun penulis sudah berusaha semaksimal mungkin, penulis masih menyadari adanya kekurangan dalam penulisan karya ilmiah ini. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai dan berterima kasih untuk saran-saran maupun kritik yang bersifat membangun dan mendorong ke arah pengembangan penelitian ini lebih lanjut.

Akhir kata penulis berharap semoga karya ilmiah ini dapat menjadi tulisan yang bermanfaat bagi pengembangan penelitian selanjutnya, khususnya di Universitas Bina Nusantara.

Jakarta, Januari 2007

DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar	i
Halaman Judul Dalam	ii
Halaman Persetujuan <i>Hardcover</i>	iii
Pernyataan Dewan Penguji	iv
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 Intelegensia Buatan / <i>Artificial Intelligence</i>	6
2.1.1 Definisi <i>Artificial Intelligence</i>	6
2.1.2 Evolusi <i>Artificial Intelligence</i>	7

2.1.3	Kecerdasan Buatan dan Kecerdasan Alami	8
2.1.4	Kecerdasan Buatan dan Komputasi Konvensional	11
2.2	Logika <i>Fuzzy / Fuzzy Logic</i>	12
2.3	<i>Neural Network</i>	14
2.3.1	Definisi <i>Neural Network</i> (NN)	14
2.3.2	Elemen Pemroses	14
2.3.3	Fungsi Aktivasi	16
2.3.4	Topologi <i>Neural Network</i>	20
2.4	Sistem Kardiovaskuler	22
2.4.1	Bagian-bagian Jantung	22
2.4.2	Sistem Peredaran Darah Manusia	24
2.4.2.1	Sistem Peredaran Darah Kecil	24
2.4.2.2	Sistem Peredaran Darah Besar	24
2.5	Aliran Listrik dalam Tubuh Manusia	26
2.6	ECG / EKG (<i>Electrocardiogram</i>)	27
2.6.1	Pengukuran Potensial Listrik Jantung dengan EKG	28
2.6.2	Gelombang dan Interval EKG	28
2.6.3	12 Leads Standard EKG	30
2.6.4	Mengukur Axis dari Sebuah QRS	35
2.6.5	Metode Interpretasi EKG	36
2.6.6	Karakteristik EKG Normal	40
2.6.7	Analisis dan Identifikasi Kelainan pada Jantung	43
2.6.7.1	<i>Sinus Tachycardia</i>	44
2.6.7.2	<i>Sinus Bradycardia</i>	46

2.6.7.3	<i>Sinus Arrhythmia</i>	49
2.6.7.4	<i>Premature Atrial Complexes (PAC)</i>	51
2.6.7.5	<i>Atrial Tachycardia</i>	52
2.6.7.6	<i>Atrial Flutter</i>	52
2.6.7.7	<i>Atrial Fibrillation</i>	56
2.6.7.8	<i>Premature Junctional Complexes (PJC)</i>	58
2.6.7.9	<i>Junctional Tachycardia</i>	59
2.6.7.10	<i>Premature Ventricular Complexes (PVC)</i>	60
2.6.7.11	<i>Ventricular Tachycardia</i>	60
2.6.7.12	<i>Ventricular Fibrillation</i>	61
2.6.7.13	<i>Escapes</i>	61
2.6.7.14	<i>Ventricular Asytole</i>	62
2.6.7.15	<i>AV Block</i>	62
2.6.7.16	<i>Bundle Branch Block</i>	64
2.7	Pemrosesan Sinyal Digital	65
2.7.1	Representasi Domain Waktu dari Sinyal dan Filter	65
2.7.2	Representasi Domain Frekuensi dari Sinyal dan Filter	68
2.7.3	Transformasi Fourier Diskrit	69
2.7.4	Perancangan Filter Digital	70
2.7.5	<i>Scaling</i>	71
2.7.6	<i>Squaring</i> dan <i>Moving Averaging</i>	71
2.7.7	<i>Dynamic Threshold</i>	72
2.7.8	Lokasi Puncak QRS	73
2.8	Pendekatan Polinomial Chebyshev	74

2.9	Pengenalan Pola	76
2.9.1	Proses Pengenalan Pola	77
2.9.2	Metode Pengenalan Pola	79
2.9.2.1	<i>Fuzzy Logic</i>	79
2.9.2.1.1	Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	84
2.9.2.1.1.1	Interseksi Himpunan <i>Fuzzy</i>	84
2.9.2.1.1.2	Union Himpunan <i>Fuzzy</i> ...	89
2.9.2.1.1.3	Komplemen Himpunan <i>Fuzzy</i>	91
2.9.2.2	<i>Neural Network</i>	96
2.9.2.2.1	Pembelajaran dalam <i>Neural Network</i> ...	96
2.9.2.2.2	<i>Feedforward Neural Network</i>	99
2.9.2.2.3	Propagasi Balik (<i>Back Propagation</i>)	100
2.9.2.3	<i>Minimum Distance Classifier</i>	104
2.9.2.4	<i>Knowledge Based Expert System</i>	106
2.10	<i>State Transition Diagram</i>	110
BAB 3	ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM	111
3.1	Analisa Masalah	111
3.2	Pemecahan Masalah	111
3.3	<i>State Transition Diagram</i>	112
3.4	Rancangan Tampilan Layar	118
3.5	Spesifikasi Proses	123

3.5.1	<i>Signal Processing dan QRS Detection</i>	126
3.5.1.1	Proses <i>Digital Bandpass Filter</i>	127
3.5.1.2	Proses <i>Baseline Shift Removal</i>	128
3.5.1.3	Proses <i>Averaging dan Scaling</i>	129
3.5.1.4	Proses <i>Squaring dan Moving Window Integrator</i>	130
3.5.1.5	Proses <i>Dynamic Threshold dan QRS Detection</i>	131
3.5.2	<i>Shape Recognition</i>	131
3.5.2.1	Proses <i>Digital Lowpass Filter</i>	131
3.5.2.2	Proses <i>Baseline Shift Removal</i>	132
3.5.3	Pengenalan Pola	133
3.5.4	Diagnosis	134
3.6	<i>Pseudocode</i>	143
3.6.1	<i>Main Modul</i>	143
3.6.2	Modul <i>UnitAbout</i>	155
3.6.3	Modul <i>UnitOptions</i>	156
3.6.4	Modul <i>UnitAnalyze</i>	156
3.6.5	Modul <i>ECGSimulation</i>	158
3.6.6	Modul <i>ECGData</i>	159
3.6.7	Modul <i>SignalProcessing</i>	160
3.6.8	Modul <i>SignalFilter</i>	162
3.6.9	Modul <i>Averaging</i>	164
3.6.10	Modul <i>SquaredAndDynamicThreshold</i>	165
3.6.11	Modul <i>Chebyshev</i>	167
3.6.12	Modul <i>FuzzyLogic</i>	169

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN EVALUASI	173
4.1 Implementasi Sistem	173
4.1.1 Implementasi Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	173
4.1.1.1 Perangkat Keras Saat Implementasi	173
4.1.1.2 Perangkat Lunak Saat Implementasi	174
4.1.2 Spesifikasi Minimum Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	174
4.1.2.1 Spesifikasi Minimum untuk Perangkat Keras	174
4.1.2.2 Spesifikasi Minimum untuk Perangkat Lunak	175
4.1.3 Prosedur Pengoperasian Aplikasi	175
4.1.3.1 Pengoperasian Berdasarkan Data Rekaman EKG Asli	175
4.1.3.2 Pengoperasian Berdasarkan Data Rekaman EKG Simulasi	193
4.2 Evaluasi Sistem	195
4.2.1 Spesifikasi Komputer yang Digunakan Saat Evaluasi	198
4.2.2 Evaluasi Berdasarkan Akurasi	198
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	203
5.1 Simpulan	203
5.2 Saran	204

DAFTAR PUSTAKA	205
RIWAYAT HIDUP	207
LAMPIRAN	210

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Proses Komputasi Konvensional	11
Tabel 2.2	Perbedaan Kecerdasan Buatan dan Pemrograman Konvensional	12
Tabel 2.3	Tabel Kebenaran Operator ZADEH ‘AND’	85
Tabel 2.4	Profil Dosen Perguruan Tinggi A dalam Umur dan Tinggi	86
Tabel 2.5	Vektor bit AND: SETENGAH BAYA dan TINGGI	87
Tabel 2.6	Tabel kebenaran operator Zadeh ‘OR’	89
Tabel 2.7	Vektor bit OR: SETENGAH BAYA dan TINGGI	90
Tabel 2.8	Vektor bit AND: SETENGAH BAYA dan TINGGI	92
Tabel 2.9	Contoh Tabel Nama Variabel	107
Tabel 4.1	Matriks Karakteristik Tes Diagnosa	196
Tabel 4.2	Tabel Faktor Pembanding Evaluasi	198
Tabel 4.3	Hasil Evaluasi Record 100	199
Tabel 4.3	Hasil Evaluasi Record 101	199
Tabel 4.4	Hasil Evaluasi Simulasi Sinus Normal	199
Tabel 4.5	Hasil Evaluasi Simulasi Sinus Tachycardia	200
Tabel 4.6	Hasil Evaluasi Simulasi Sinus Bradycardia	200
Tabel 4.7	Hasil Evaluasi Simulasi Sinus Arrhythmia	200
Tabel 4.8	Hasil Evaluasi Simulasi Premature Atrial Complex	201
Tabel 4.9	Hasil Evaluasi Simulasi Atrial Tachycardia	201
Tabel 4.10	Hasil Evaluasi Simulasi Premature Ventricular Complex	201
Tabel 4.11	Hasil Evaluasi Simulasi Ventricular Fibrillation	202

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elemen Pemroses	15
Gambar 2.2	Fungsi Identitas	17
Gambar 2.3	Fungsi Tangga Biner	18
Gambar 2.4	Fungsi Sigmoid	18
Gambar 2.5	Fungsi Sigmoid Bipolar	19
Gambar 2.6	<i>Feedforward Neural Network</i>	21
Gambar 2.7	<i>Recurrent Neural Network</i>	22
Gambar 2.8	Jantung Tampak Depan	23
Gambar 2.9	Ruang dan Katup Jantung	23
Gambar 2.10	Pembuluh Arteri Jantung	25
Gambar 2.11	Gelombang dan Interval EKG	30
Gambar 2.12	<i>Bipolar Leads</i>	31
Gambar 2.13	<i>Unipolar Limb Leads</i>	32
Gambar 2.14	<i>Unipolar Chest Leads / V Leads</i>	33
Gambar 2.15	<i>Standard Leads</i>	34
Gambar 2.16	<i>ECG Record</i>	35
Gambar 2.17	<i>Axis & Laxis</i>	36
Gambar 2.18	<i>Cardiac Conduction System</i>	38
Gambar 2.19	LAFB-KH	39
Gambar 2.20	EKG Normal	42
Gambar 2.21	EKG <i>Tachycardia</i>	45
Gambar 2.22	EKG <i>Sinus Bradycardia</i>	47

Gambar 2.23	EKG <i>Sinus Arrhythmia</i>	50
Gambar 2.24a	EKG <i>Atrial Flutter</i> 1:1	53
Gambar 2.24b	EKG <i>Atrial Flutter</i> 2:1	55
Gambar 2.25	EKG <i>Atrial Fibrillation</i>	57
Gambar 2.26	Sinyal Digital Memanggil Sinyal Unit Impuls	66
Gambar 2.27	Filter Digital H	66
Gambar 2.28	Hubungan Domain Waktu dan Domain Frekuensi	69
Gambar 2.29	Representasi Sinyal pada Domain Frekuensi ke Domain Waktu ...	69
Gambar 2.30	Respon Impuls	70
Gambar 2.31	Periode Deteksi QRS	73
Gambar 2.32	Proses Pengenalan Pola	78
Gambar 2.33	Orang-orang dengan Tinggi Badan yang Berbeda	80
Gambar 2.34	Fungsi Keanggotaan TINGGI secara Tegas	80
Gambar 2.35	Fungsi Keanggotaan TINGGI secara Kontinu	81
Gambar 2.36	Himpunan <i>Crisp</i> SETENGAH BAYA	82
Gambar 2.37	Himpunan <i>Fuzzy</i> SETENGAH BAYA	82
Gambar 2.38	Himpunan <i>Fuzzy</i> : Kelompok Umur	82
Gambar 2.39	Operasi Himpunan <i>Crisp</i>	85
Gambar 2.40	Representasi <i>Crisp</i> : TINGGI	86
Gambar 2.41	Representasi <i>Fuzzy</i> : SETENGAH BAYA	87
Gambar 2.42	Representasi <i>Fuzzy</i> : TINGGI	88
Gambar 2.43	Daerah Interseksi Himpunan <i>Fuzzy</i> : TINGGI dan SETENGAH BAYA	89
Gambar 2.44	Daerah Union Himpunan <i>Fuzzy</i> : TINGGI dan SETENGAH BAYA	91

Gambar 2.45	Komplemen Himpunan <i>Crisp</i> : SETENGAH BAYA	91
Gambar 2.46	Komplemen Himpunan <i>Crisp</i> : TINGGI	92
Gambar 2.47	Komplemen Himpunan <i>Fuzzy</i> : TINGGI	93
Gambar 2.48	Komplemen Himpunan <i>Fuzzy</i> : SETENGAH BAYA	93
Gambar 2.49	Interseksi Komplemen <i>Crisp</i> : TINGGI dan PENDEK	94
Gambar 2.50	Interseksi Komplemen <i>Fuzzy</i> : TINGGI dan PENDEK	94
Gambar 2.51	Daerah <i>Fuzzy Ambiguous</i> dalam Suatu Domain	95
Gambar 2.52	Budget Proyek Himpunan <i>Fuzzy</i>	96
Gambar 2.53	<i>Supervised Learning Model</i>	97
Gambar 2.54	Klasifikasi <i>Artificial Neural Network</i> Berdasarkan Algoritma <i>Learning</i>	98
Gambar 3.1	<i>STD Menu Utama</i>	112
Gambar 3.2	<i>STD Menu File</i>	113
Gambar 3.3	<i>STD Menu Graph</i>	114
Gambar 3.4	<i>STD Menu Signal Processing</i>	115
Gambar 3.5	<i>STD Menu About</i>	116
Gambar 3.6	<i>STD Analyze</i>	117
Gambar 3.7	Rancangan Tampilan Utama	118
Gambar 3.8	<i>Window Untuk Setting Animasi</i>	119
Gambar 3.9	<i>Window About</i> yang Menampilkan Nama-nama Pembuat	121
Gambar 3.10	<i>Window Analisa dan Hasil Diagnosa</i>	122
Gambar 3.11	Langkah-langkah dalam Proses Analisa EKG Asli	124
Gambar 3.12	Langkah-langkah dalam Proses Analisa EKG Simulasi	126
Gambar 3.13	Sinyal yang Pertama Kali Dihasilkan	127

Gambar 3.14	Sinyal EKG Asli Setelah Tahap <i>Digital Bandpass Filter</i>	128
Gambar 3.15	Fungsi Pembobot (<i>Weighting Function</i>) Untuk Perkiraan Garis Dasar	128
Gambar 3.16	Perkiraan Geseran Garis Dasar Dengan Polinomial Chebyshev	129
Gambar 3.17	Garis Dasar Digeser Sehingga Mendekati Nol	129
Gambar 3.18	Tahap <i>Averaging</i> dan <i>Scaling</i>	130
Gambar 3.19	Tahap <i>Squaring</i> dan <i>Moving Window Integrator</i>	130
Gambar 3.20	Posisi Kompleks QRS Sudah Diketahui	131
Gambar 3.21	Sinyal EKG Asli Setelah Tahap <i>Lowpass Filter</i>	132
Gambar 3.22	Perkiraan Geseran Garis Dasar	132
Gambar 3.23	Penghilangan Geseran Garis Dasar	133
Gambar 3.24	Distribusi Koefisien Chebyshev (c_1, c_2)	133
Gambar 3.25	Distribusi Koefisien Chebyshev (c_1, c_5)	134
Gambar 3.26	Klasifikasi Bentuk QRS	134
Gambar 3.27	Lima QRS yang Dijadikan Input Dalam Analisa	135
Gambar 3.28	<i>Fuzzy Set</i> yang Digunakan Dalam <i>Expert System</i>	136
Gambar 3.29	<i>Fuzzy Set</i> yang Digunakan Untuk Mendiagnosa	136
Gambar 3.30	<i>Decision Tree</i> untuk Deteksi <i>Arrhythmia</i>	137
Gambar 4.1	Layar Utama	176
Gambar 4.2	Menu <i>Load Data</i> EKG Asli pada Menu	177
Gambar 4.3	<i>Shortcut Button</i> untuk <i>Load Data</i>	178
Gambar 4.4	Menu <i>Animate</i> pada Menu	179
Gambar 4.5	<i>Shortcut Button Animate</i>	180
Gambar 4.6	Menu <i>Options</i> pada Menu	181

Gambar 4.7	<i>Shortcut Button Options</i>	182
Gambar 4.8	Tampilan Layar <i>Options</i>	182
Gambar 4.9	Menu <i>Signal Processing</i> pada Menu	183
Gambar 4.10	<i>Shortcut Button</i> Untuk Langkah Pemrosesan Sinyal	184
Gambar 4.11	Tampilan Menu About yang Berisi Nama-nama Pembuat	185
Gambar 4.12	<i>Button Analyze</i> Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>	186
Gambar 4.13	Tampilan Layar Informasi Proses Diagnosa Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>	187
Gambar 4.14	<i>Button Train</i> , Nilai <i>Target Error</i> dan Nilai <i>Alpha</i> pada Metode <i>Neural Network</i>	188
Gambar 4.15	<i>Button Save Weight</i> pada Metode <i>Neural Network</i>	189
Gambar 4.16	<i>Button Load Weight</i> pada Metode <i>Neural Network</i>	190
Gambar 4.17	<i>Button Analyze</i> pada Metode <i>Neural Network</i>	191
Gambar 4.18	Tampilan Layar Informasi Proses Diagnosa Menggunakan Metode <i>Neural Network</i>	192
Gambar 4.19	Menu Untuk Memilih Simulasi Gelombang EKG	193
Gambar 4.20	Beberapa Langkah Dalam Menu <i>Signal Processing</i> di- <i>Disable</i>	194
Gambar 4.21	Beberapa <i>Button</i> pada <i>Shortcut</i> Menu di- <i>Disable</i>	195

DAFTAR LAMPIRAN

Surat Keterangan Telah Melakukan Demonstrasi

L1