



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENDETEKSI SISTEM PENGENALAN PENYAKIT
JANTUNG DENGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN**

SKRIPSI

**A. DIPRI A.
0706198915**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA EKSTENSI
DEPOK
DESEMBER 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENDETEKSI SISTEM PENGENALAN PENYAKIT
JANTUNG DENGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**A. DIPRI A.
0706198915**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : A. Dipri A.

NPM : 0706198915

Tanda Tangan :

Tanggal : 28 Desember 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : A. Dipri A.
NPM : 0706198915
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pendeteksi Sistem Pengenalan Penyakit Jantung
dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro, M.Eng ()
NIP. 194811131985031001

Penguji : Ir. Aries Subiantoro, Msc ()
NIP. 197003311995121001

Penguji : Prof. Drs. Benyamin Kusumoputro, M.Eng, Dr.Eng
NIP. 195711171987031001 ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Desember 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena atas berkah dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- (1) Dr. Ir. Arman Djohan D, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
- (2) Saudara Rizky Hartaman yang telah bersedia membantu dalam memberikan data yang diperlukan;
- (3) Orang tua, kakak-kakak dan adik penulis yang telah memberikan doa, bantuan dukungan material dan moral;
- (4) Saudari Putri Astianingrum, yang selalu memberikan semangat, doa dan kasih sayang dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- (5) Sahabat dan teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap ALLAH SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 28 Desember 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A. Dipri A.
NPM : 0706198915
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pendeteksi Sistem Pengenalan Penyakit Jantung dengan
Metode Jaringan Syaraf Tiruan**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 28 Desember 2009

Yang menyatakan

(A. Dipri A.)

ABSTRAK

Nama : A. Dipri A.
Program studi : Teknik Elektro
Judul : Pendeteksi Sistem Pengenalan Penyakit Jantung
dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Penyakit pada jantung merupakan salah satu penyebab kematian pada manusia di seluruh dunia. Salah satunya merupakan serangan jantung yang disebabkan adanya kelainan pada katup jantung yang dapat dideteksi melalui suara *murmur* pada detak jantung penderita. Skripsi ini merancang sistem pengenalan penyakit jantung dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah suatu metode komputasi untuk memodelkan suatu sistem. Bentuk dan sifat JST yang sangat flexible memungkinkan JST digunakan untuk memodelkan, merancang dan menganalisis pengenalan penyakit jantung. Metode yang digunakan adalah *backpropagation* yang terdiri atas lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Pada penelitian ini analisis yang dilakukan adalah training data dengan fungsi gradient (*traingd*) serta menggunakan fungsi aktivasi *purelin*. Hasil dari pengujian kelainan jantung yang diperoleh akurasi rata-ratanya sebesar 82,22 %.

Kata kunci :

Murmur, penyakit jantung, Jaringan Syaraf Tiruan, *backpropagation*, *traingd*, *purelin*.

ABSTRACT

Name : A. Dipri A.
Study Program : Electrical Engineering
Title : Detector of Heart Disease Recognition System Using
Neural Network Method

Heart disease is one of dead effect of human being in the world. One of them is heart attack which is cause by valve heart disease which can be detected by murmur sound of heartbeat patients. This Final Project is design of heart disease recognition system using Neural Network method. Neural Network is a computing method for modeling the system. Neural Network configuration and characteristic is very flexible enable which used for modeling, design dan analysing heart disease recognition. The methods which used is backpropagation which consist of input layer, hidden layer and output layer. In this research the analysis that has been done is file training with gradient function (traingd) and using purelin activation function. The result from testing heart disease is obtained average accuracy about 82,22 %.

Key words :

Murmur, heart disease, Neural Network, backpropagation, traingd, purelin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
PERNYATAAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 DASAR TEORI	4
2.1 Anatomi Jantung	4
2.1.1 Struktur Internal Jantung	4
2.1.2 Cara Kerja Jantung	5
2.2 Penyakit Jantung	6
2.2.1 Regurgitasi Katup Mitral	6
2.2.2 Regurgitasi Katup Aorta	7
2.2.3 Stenosis Katup Mitral	8
2.2.4 Stenosis Katup Aorta	10
2.3 Isyarat Suara Jantung	11
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan	14
2.4.1 Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan	14
2.4.2 Dasar Jaringan Syaraf Tiruan	15
2.4.3 Neuron	16
2.4.4 Model Dasar Jaringan Syaraf Tiruan	16
2.4.5 Arsitektur Jaringan	17
2.4.6 Perceptron	20
2.4.7 Paradigma Pembelajaran	20
2.4.8 Pelatihan Dengan Supervisi	21
2.4.9 <i>Backpropagation</i>	23
2.4.9.1 Arsitektur Jaringan <i>Backpropagation</i>	23
2.5 Fungsi Aktivasi	24
2.6 Bias	28
BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	34
3.1 Pengambilan Data	34
3.2 Labelisasi	34
3.3 Pembentukan Jaringan Syaraf Tiruan	36

3.3.1 Pelatihan (<i>Training</i>).....	37
3.3.2 Prosedur Pelatihan.....	40
3.3.3 Proses Pengenalan.....	46
3.3.4 Metode Optimasi.....	48
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISIS	51
4.1 Prosedur Pengujian.....	51
4.2 Hasil Pengujian.....	54
4.3 Analisis Hasil Pengujian.....	57
BAB 5 KESIMPULAN	59
DAFTAR ACUAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Anatomi Jantung Manusia	4
Gambar 2.2	Regurgitasi Katup Aorta	7
Gambar 2.3	Stenosis Katup Mitral	9
Gambar 2.4	Stenosis Katup Aorta	10
Gambar 2.5	Contoh Bentuk Gelombang Suara Regurgitasi.....	12
Gambar 2.6	Contoh Bentuk Gelombang Suara Stenosis.....	13
Gambar 2.7	Fungsi Aktifasi	17
Gambar 2.8	Jaringan Syaraf Tiruan <i>FeedForward</i>	17
Gambar 2.9	<i>Single Layer Neural Network</i>	18
Gambar 2.10	<i>Multi Layer Neural Network</i>	19
Gambar 2.11	Jaringan Syaraf Tiruan <i>FeedBack</i>	19
Gambar 2.12	Bentuk Perceptron	20
Gambar 2.13	Pelatihan dengan Supervisi	22
Gambar 2.14	Contoh Arsitektur Jaringan <i>Backpropagation</i>	24
Gambar 2.15	Fungsi Aktivasi.....	25
Gambar 2.16	<i>Hardlimit Transfer Function</i>	26
Gambar 2.17	<i>Symetric Hardlimit Transfer Function</i>	26
Gambar 2.18	<i>Linear Transfer Function</i>	27
Gambar 2.19	<i>Satlins Transfer Function</i>	27
Gambar 2.20	<i>Log-Sigmoid Transfer Function</i>	28
Gambar 2.21	<i>Tan-Sigmoid Transfer Function</i>	28
Gambar 2.22	Jaringan Syaraf Tiruan dengan Bias	29
Gambar 2.23	Penggambaran Bias dengan Linearitas	29
Gambar 2.24	Penggambaran Bias sebagai Input	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Pembentukan Database.....	35
Gambar 3.2	Tampilan Program Pemberian Label	36
Gambar 3.3	<i>JST Back Propagation</i>	37
Gambar 3.4	Blok Diagram Fungsi Aktivasi	39
Gambar 3.5	Kurva Gradien Perbaikan Bobot.....	39
Gambar 3.6	Proses Perbaikan Bobot JST.....	40
Gambar 3.7	Diagram Alir Proses Pelatihan JST	43
Gambar 3.8	Tampilan Program Proses Training JST	44
Gambar 3.9	Tampilan Proses Pelatihan JST	45
Gambar 3.10	Tampilan Plot Hasil Pelatihan JST	46
Gambar 3.11	Diagram Alir Proses Pengenalan	47
Gambar 3.12	Tampilan Program Pengenalan Kelainan.....	47
Gambar 3.13	Tampilan Plot Performansi MSE.....	49
Gambar 3.14	Tampilan Plot Gradien Perbaikan Bobot	50
Gambar 4.1	Spektrum Sampel <i>Mitral Valve Prolapse</i>	52
Gambar 4.2	Spektrum Sampel <i>Mitral Regurgitasi</i>	53
Gambar 4.3	Spektrum Sampel <i>Aortic Stenosis</i>	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis Kelainan pada Jantung	14
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Pengenalan Kelainan <i>Mitral Valve Prolapse</i>	54
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Pengenalan Kelainan <i>Aortic Stenosis</i>	55
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Pengenalan Kelainan <i>Mitral Regurgitasi</i>	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jantung merupakan salah satu organ yang paling penting dalam tubuh manusia. Jantung merupakan pusat sirkulasi darah manusia karena jantung memiliki fungsi utama yaitu mengalirkan darah ke seluruh tubuh dan paru-paru agar tubuh manusia dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Apabila jantung mengalami kerusakan sekecil apapun pada salah satu komponen-komponen penyusunnya, maka tubuh manusia juga akan terkena dampaknya.

Kegagalan fungsi jantung dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit jantung, yang merupakan penyebab kematian terbesar pada manusia. Penyakit ini tidak lepas dari gaya hidup yang kurang sehat yang banyak dilakukan seiring dengan berubahnya pola hidup. Faktor-faktor pemicu serangan jantung ialah merokok, seringnya mengkonsumsi makanan berkolesterol tinggi, kurang gerak, malas berolahraga, stres, dan kurang istirahat.

Kelainan pada irama detak jantung juga dapat menunjukkan adanya penyakit jantung. Jenis penyakit jantung yang paling sering menyerang manusia karena kelainan tersebut adalah kelainan pada katup jantung dan kelainan bawaan sejak lahir (pada sekat jantung). Oleh karena itu, pada skripsi ini dibahas bagaimana mengenali penyakit jantung melalui irama atau suara detak jantung. Pada umumnya metode pengenalan suara yang biasa digunakan seperti Hidden Markov Model, neural network dan fuzzy logic.

Metode fuzzy logic merupakan teknik yang paling sederhana, tetapi hasil yang didapatkan kurang akurat dibanding metode lainnya. Sedangkan untuk metode Hidden Markov Model sudah ada yang membuat Tugas Akhir. Oleh karena itu penulis menggunakan Neural Network atau Jaringan Syaraf Tiruan sebagai metode penelitiannya.

Penelitian ini diharapkan dapat mempermudah para ahli di bidang kedokteran dalam mendeteksi penyakit jantung dengan menggunakan suara detak jantung sebagai parameter pengamatan. Bahkan penelitian ini dapat dikembangkan lebih

lanjut dalam pembuatan alat pendeteksi penyakit jantung yang lebih sederhana dan ekonomis sehingga dapat diaplikasikan langsung oleh masyarakat awam sekalipun.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah merancang perangkat lunak pendeteksi penyakit jantung dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan, dengan menggunakan *software* MATLAB.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penyakit yang akan dideteksi hanya dibatasi pada penyakit jantung yang secara langsung dapat dikenali melalui suara denyutnya. Adapun penyakit yang dimaksud adalah penyakit dengan kelainan pada katup jantung, yaitu Regurgitasi Katup Mitral, Regurgitasi Katup Aorta, Stenosis Katup Mitral, Stenosis Katup Aorta dan Prolapse Katup Mitral.

1.4 Metode Penulisan

Metode-metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini antara lain:

(1) Studi kepustakaan

Mempelajari semua informasi mengenai jantung dan kelainannya termasuk kebocoran dan penyumbatan katup serta mengenai proses pengenalan suara dan metode Jaringan Syaraf Tiruan dari buku, jurnal, artikel dan literatur lain.

(2) Pencarian data

Mencari data-data yang diperlukan, dalam hal ini berupa sampel suara denyut jantung dalam bentuk digital yang diperoleh dari institusi - institusi terkait.

(3) Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari dan selanjutnya dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

(4) Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh. Pengambilan data meliputi kecepatan memberikan perintah sampai tanggapan sistem berupa ketepatan pengeksekusian perintah. Setelah itu dilakukan penganalisisan sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan yang akan diuraikan dalam laporan Tugas Akhir ini terbagi dalam beberapa bab yang akan dibahas sebagai berikut:

Pada bab 1 merupakan pendahuluan yang membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Pada bab 2 merupakan dasar teori yang berisi tentang dasar-dasar teori yang mendukung penelitian dalam skripsi ini.

Pada bab 3 merupakan rancang bangun yang berisi diagram alir dan algoritma proses pembentukan database dan proses pengenalan penyakit.

Pada bab 4 merupakan hasil uji coba dan analisa yang berisi hasil pengujian rancangan yang telah dibuat berdasarkan variasi parameter-parameter tertentu.

Pada bab 5 merupakan penutup yang berisi kesimpulan rangkuman dari hasil pengujian rancangan.

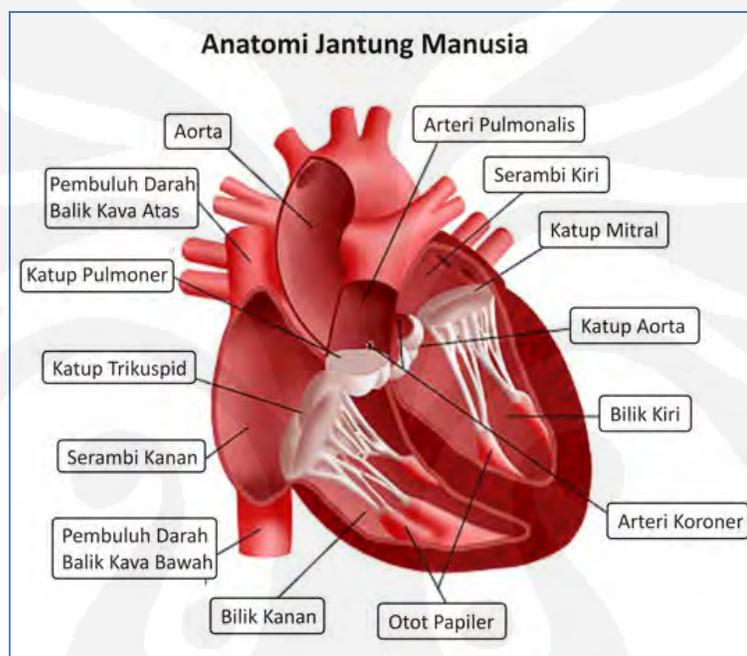
BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Anatomi Jantung [3]

Jantung, dalam terminologi sederhana, merupakan sebuah pompa yang terbuat dari otot. Istilah *kardiak* berarti berhubungan dengan jantung, dari bahasa Yunani *cardia* untuk jantung. Jantung merupakan salah satu organ terpenting dalam tubuh manusia yang berperan dalam sistem peredaran darah yang berfungsi untuk memompa darah ke paru-paru dan ke seluruh bagian tubuh dan terletak di rongga dada di antara kedua paru-paru.

2.1.1 Struktur Internal Jantung



Gambar 2.1 Anatomi Jantung Manusia

Jantung terbagi atas empat ruang utama, yaitu *Atrium* atau Serambi kiri-kanan dan *Ventrikel* atau Bilik kiri-kanan. Secara fungsional, jantung dibagi menjadi alat pompa kanan, yang memompa darah kotor menuju paru-paru melalui sirkulasi pulmonari, dan alat pompa kiri, yang memompa darah bersih ke seluruh tubuh manusia melalui sirkulasi sistemik. Dinding serambi jauh lebih tipis dibandingkan dinding bilik karena bilik harus melawan gaya gravitasi bumi untuk memompa dari bawah ke atas, khususnya di aorta, untuk memompa ke seluruh bagian tubuh yang

memiliki pembuluh darah. Dua pasang rongga (bilik dan serambi bersamaan) di masing-masing belahan jantung disambungkan oleh sebuah katup.

Secara umum jantung memiliki dua katup jenis utama, yaitu katup *atrioventrikularis* (katup AV) yang memisahkan *atrium* dengan *ventrikel*, dan katup *semilunaris* yang memisahkan *ventrikel* dengan pembuluh darah yang bersangkutan.

Pada bagian jantung kiri, katup AV dikenal dengan nama katup *mitral*, yang memisahkan atrium dan ventrikel kiri. Sedangkan untuk katup semilunarisnya, dikenal dengan nama katup *aorta*. Katup aorta ini memisahkan antara *ventrikel* kiri dengan *aorta*. *Aorta* merupakan pembuluh arteri terbesar pada sirkulasi sistemik, yang menghubungkan pembuluh arteri lain dengan jantung melalui *ventrikel* kiri.

Pada bagian jantung kanan, katup AV dikenal dengan nama katup *trikuspid*, yang memisahkan *atrium* dan *ventrikel* kanan. Sedangkan untuk katup semilunarisnya, dikenal dengan nama katup pulmonalis. Katup pulmonalis ini memisahkan antara ventrikel kanan dengan arteri pulmonalis. Dengan adanya katup AV, darah tidak akan mengalir kembali atrium ketika ventrikel berkontraksi, dan begitu juga dengan adanya katup semilunaris, darah dari aorta maupun arteri pulmonalis tidak akan kembali ke ventrikel sewaktu ventrikel dalam keadaan istirahat (relaksasi).

2.1.2 Cara Kerja Jantung [10]

Pada saat berdenyut, setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah (disebut diastol). Selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar dari ruang jantung yang disebut sistol. Kedua serambi mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, begitu pula kedua bilik juga mengendur dan berkontraksi secara bersamaan.

Darah yang kehabisan oksigen (darah kotor) dan mengandung banyak karbondioksida dari seluruh tubuh mengalir melalui dua vena terbesar (vena kava) menuju ke dalam serambi kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, dia akan mendorong darah ke dalam bilik kanan. Dari bilik kanan, darah akan dipompa melalui katup pulmoner ke dalam arteri pulmonalis menuju ke paru-paru. Darah akan mengalir melalui pembuluh yang sangat kecil (kapiler) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru, menyerap oksigen dan melepaskan karbondioksida yang selanjutnya dihembuskan.

Darah yang kaya akan oksigen (darah bersih) mengalir di dalam vena pulmonalis menuju ke serambi kiri. Peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru dan atrium kiri disebut sirkulasi pulmoner. Di dalam serambi kiri darah akan didorong menuju bilik kiri, yang selanjutnya akan memompa darah bersih ini melewati katup aorta masuk ke dalam aorta (arteri terbesar dalam tubuh). Darah kaya oksigen ini disediakan untuk seluruh tubuh, kecuali paru-paru.

2.2 Penyakit Jantung

Serangan jantung masih menempati urutan pertama penyebab kematian dibanyak tempat di dunia. Salah satu hal yang dapat mengakibatkan terjadinya serangan jantung adalah adanya gejala abnormalitas pada bagian-bagian jantung yang dapat membuat jantung tidak dapat berfungsi dengan baik. Beberapa jenis kelainan yang terdapat jantung antara lain berupa kebocoran dan penyempitan pada katup.

2.2.1 Regurgitasi Katup Mitral [4]

Regurgitasi Katup Mitral (*Inkompetensia Mitral, Insufisiensi Mitral*) adalah kebocoran aliran balik melalui katup mitral setiap kali ventrikel kiri berkontraksi. Pada saat ventrikel kiri memompa darah dari jantung menuju ke aorta, sebagian darah mengalir kembali ke dalam atrium kiri dan menyebabkan meningkatnya volume dan tekanan di atrium kiri. Terjadi peningkatan tekanan darah di dalam pembuluh yang berasal dari paru-paru, yang mengakibatkan penimbunan cairan (kongesti di dalam paru-paru).

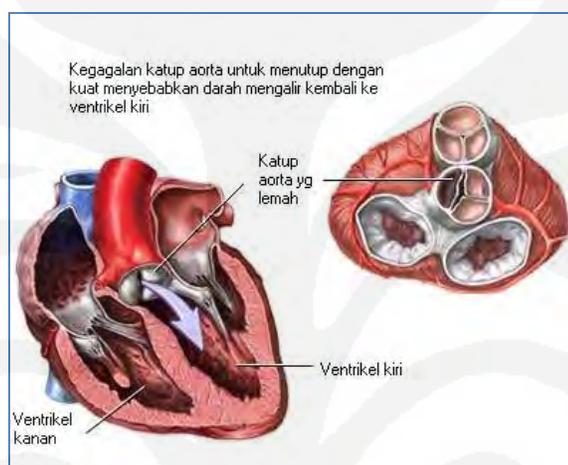
Dahulu, demam rematik menjadi penyebab utama dari regurgitasi katup mitral. Tetapi saat ini, di negara-negara yang memiliki obat-obat pencegahan yang baik, demam rematik jarang terjadi. Misalnya di Amerika Utara dan Eropa Barat, penggunaan antibiotik untuk *strep throat* (infeksi tenggorokan karena streptokokus), bisa mencegah timbulnya demam rematik. Penyebab umum lainnya adalah *degenerasi miksomatous* (suatu keadaan dimana katup secara bertahap menjadi terkulai / terkelepai).

Regurgitasi katup mitral yang ringan bisa jadi tidak menunjukkan gejala apapun. Kelainannya bisa dikenali hanya jika dokter melakukan pemeriksaan dengan *stetoskop*, dimana terdengar *murmur* yang khas, yang disebabkan pengaliran kembali darah ke dalam atrium kiri ketika ventrikel kanan berkontraksi. Regurgitasi yang

berat akan menyebabkan berkurangnya aliran darah sehingga terjadi *gagal jantung*, yang akan menyebabkan batuk, sesak nafas pada saat melakukan aktivitas dan pembengkakan tungkai.

Pada regurgitasi mitral, darah mengalir balik melalui katup mitral ke dalam atrium kiri selama fase sistol. Keadaan ini juga menimbulkan suara “seperti tiupan” berfrekuensi tinggi dan mendesis yang serupa dengan regurgitasi katup aorta, dan terutama dihantarkan keras ke atrium kiri. Namun atrium kiri terletak dalam sekali di rongga dada sehingga sukar sekali untuk mendengar suara ini tepat diatas atrium. Akibatnya, suara pada regurgitasi mitral dihantarkan ke dinding dada terutama melalui ventrikel kiri, dan biasanya terdengar paling baik di apek jantung. [8]

2.2.2 Regurgitasi Katup Aorta [5]



Gambar 2.2 Regurgitasi Katup Aorta [5]

Regurgitasi Katup Aorta (*Aortic Regurgitation*) adalah kebocoran pada katup aorta yang terjadi setiap kali ventrikel mengalami relaksasi. Sebelum penggunaan antibiotik meluas, penyebab utama dari regurgitasi katup aorta di beberapa belahan dunia adalah demam rematik dan sifilis. Sama seperti pada regurgitasi katup mitral, demam rematik juga dahulu menjadi penyebab utama penyakit ini. Selain demam rematik, penyebab lainnya yang paling sering ditemukan adalah:

1. Melemahnya katup.
2. Bahan fibrosa akibat *degenerasi miksomatous*.

Degenerasi miksomatou merupakan kelainan jaringan ikat yang diturunkan, yang memperlemah jaringan katup jantung dan membuatnya meregang secara tidak normal dan kadang sobek.

Universitas Indonesia

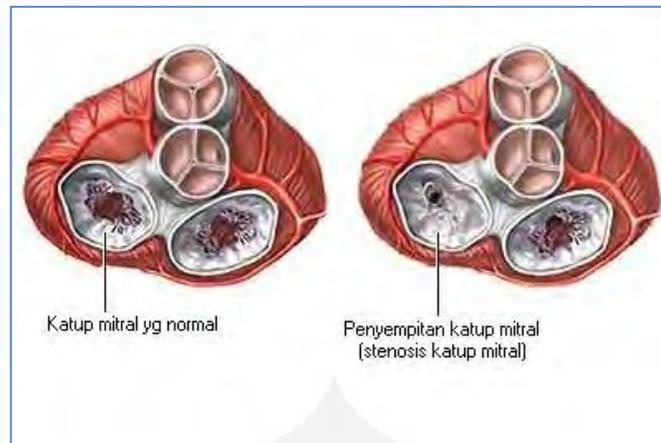
3. Kelainan bawaan
4. Infeksi bakteri
5. Cedera

Regurgitasi katup aorta yang ringan tidak menimbulkan gejala selain *murmur* jantung yang khas yang timbul setiap kali ventrikel kiri mengalami relaksasi yang dapat didengar melalui *stetoskop*. Pada regurgitasi yang berat, ventrikel kiri mengalirkan sejumlah besar darah, yang menyebabkan pembesaran ventrikel dan akhirnya menjadi *gagal jantung*.

Pada regurgitasi Aorta tidak terdengar selama fase sistol, tetapi selama fase diastole, darah mengalir balik dari aorta ke ventrikel kiri, menimbulkan murmur seperti “suara meniup”. Yang relatif bernada tinggi dan mendesis, serta terdengar secara maksimal diatas ventrikel kiri. Murmur ini disebabkan oleh turbulen darah yang menyembur balik dengan darah yang telah berada dalam ventrikel kiri. [8]

2.2.3 Stenosis Katup Mitral [7]

Stenosis Katup Mitral (*mitral stenosis*) merupakan penyempitan pada lubang *katup mitral* yang akan menyebabkan meningkatnya tahanan aliran darah dari *atrium* kiri ke *ventrikel* kiri. Pasien dengan Stenosis Katup Mitral (SKM) secara khas memiliki daun katup mitral yang menebal, *kommisura* yang menyatu, dan *korda tendineae* yang menebal dan memendek. Diameter *transversal* jantung biasanya dalam batas normal, tetapi klasifikasi dari katup mitral dan pembesaran atrium kiri dapat terlihat. Kondisi ini membuat tekanan vena pulmonal meningkat sehingga menyebabkan diversi darah, pada foto *toraks* terlihat pelebaran relatif pembuluh darah bagian atas paru dibanding pembuluh darah bawah paru. Penyempitan katup mitral menyebabkan katup tidak terbuka dengan tepat dan menghambat aliran darah antara ruang-ruang jantung kiri. Ketika katup mitral menyempit (stenosis), darah tidak dapat dengan efisien melewati jantung. Kondisi ini menyebabkan seseorang menjadi lemah dan nafas menjadi pendek serta gejala lainnya.



Gambar 2.3 Stenosis Katup Mitral [7]

Stenosis katup mitral hampir selalu disebabkan oleh *demam rematik*, yang pada saat ini sudah jarang ditemukan di Amerika Utara dan Eropa Barat. Karena itu di wilayah tersebut, stenosis katup mitral terjadi terutama pada orang tua yang pernah menderita demam rematik pada masa kanak-kanak dan mereka tidak mendapatkan antibiotik. Di bagian dunia lainnya, demam rematik sering terjadi dan menyebabkan stenosis katup mitral pada dewasa, remaja dan kadang pada anak-anak. Yang khas adalah jika penyebabnya demam rematik, daun katup mitral sebagian bergabung menjadi satu. Stenosis katup mitral juga bisa merupakan suatu kelainan bawaan. Bayi yang lahir dengan kelainan ini jarang bisa bertahan hidup lebih dari 2 tahun, kecuali jika telah menjalani pembedahan. *Miksoma* (tumor jinak di atrium kiri) atau bekuan darah dapat menyumbat aliran darah ketika melewati katup mitral dan menyebabkan efek yang sama seperti stenosis katup mitral.

Pada stenosis katup mitral, darah mengalir susah payah melalui katup mitral yang mengalami stenosis dari atrium kiri ke ventrikel kiri, dan karena tekanan dalam atrium kiri jarang meningkat di atas 30 mmHg kecuali untuk jangka waktu pendek, selisih dari tekanan yang besar yang mendorong darah dari atrium kiri ke ventrikel kiri tidak pernah terjadi. Akibatnya bunyi abnormal yang terdengar pada stenosis katup mitral biasanya lemah dan dengan frekuensi sangat rendah sehingga sebagian besar spectrum suara berada di bawah frekuensi terendah dari pendengaran manusia.

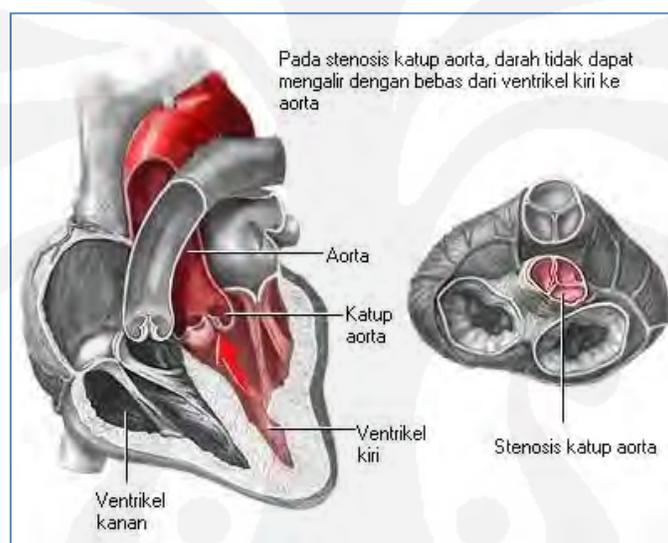
Selama bagian awal diastol, ventrikel mengandung sedikit sekali darah dan dindingnya demikian lunak sehingga darah tidak memantul bolak balik diantara dinding-dinding ventrikel. Karena alasan ini, bahkan pada stenosis katup mitral yang hebat sekalipun, sama sekali tidak terdengar murmur selama sepertiga awal diastole.

Universitas Indonesia

Kemudian setelah sepertiga awal diastole berlalu ventrikel sudah cukup teregang sehingga darah dipantulkan bolak-balik, dan seringkali mulai terjadi murmur yang bergemuruh rendah. Pada stenosis ringan, murmur hanya berlangsung selama separuh pertama pada bagian kedua dari ketiga bagian diastole, tetapi pada stenosis berat, murmur bias lebih awal dan menetap selama sisa diastole.

2.2.4 Stenosis Katup Aorta [6]

Stenosis Katup Aorta (*Aortic Stenosis*) adalah penyempitan pada lubang *katup aorta*, yang menyebabkan meningkatnya tahanan terhadap aliran darah dari *ventrikel kiri* ke aorta. Di Amerika Utara dan Eropa Barat, stenosis katup aorta merupakan penyakit utama pada orang tua, yang merupakan akibat dari pembentukan jaringan parut dan penimbunan kalsium di dalam daun katup. Stenosis katup aorta seperti ini timbul setelah usia 60 tahun, tetapi biasanya gejalanya baru muncul setelah usia 70-80 tahun.



Gambar 2.4 Stenosis Katup Aorta [6]

Stenosis katup aorta juga bisa disebabkan oleh *demam rematik* pada masa kanak-kanak. Pada keadaan ini biasanya disertai dengan kelainan pada katup *mitral* baik berupa stenosis, *regurgitasi* maupun keduanya. Pada masa bayi, katup aorta yang menyempit mungkin tidak menyebabkan masalah, masalah baru muncul pada masa pertumbuhan anak. Ukuran katup tidak berubah, sementara jantung melebar dan mencoba untuk memompa sejumlah besar darah melalui katup yang kecil. Katup mungkin hanya memiliki dua daun yang seharusnya tiga, atau memiliki bentuk

abnormal seperti corong. Sehingga pembukaan katup tersebut, sering menjadi kaku dan menyempit karena terkumpulnya endapan kalsium.

Dinding ventrikel kiri menebal karena ventrikel berusaha memompa sejumlah darah melalui katup aorta yang sempit. Otot jantung yang membesar membutuhkan lebih banyak darah dari *arteri koroner*. Persediaan darah yang tidak mencukupi akhirnya akan menyebabkan terjadinya nyeri dada (*angina*) pada waktu penderita melakukan aktivitas. Penderita stenosis katup aorta yang berat bisa mengalami pingsan ketika melakukan aktivitas, karena katup yang sempit menghalangi ventrikel untuk memompa cukup darah ke arteri di otot, yang telah melebar untuk menerima darah yang kaya akan oksigen.

Pada stenosis aorta darah disemburkan dari ventrikel kiri melalui sebuah lubang yang sempit di katup aorta. Akibat tahanan terhadap semburan, kadang-kadang tekanan dalam ventrikel kiri meningkat sampai setinggi 300 mmHg, sedangkan tekanan di aorta tetap normal. Jadi, terbentuk pengaruh pipa sempit yang terjadi selama sistol, dengan darah yang disemburkan dengan kecepatan sangat tinggi melalui lubang kecil di katup. Keadaan ini menyebabkan turbulensi hebat pada darah di pangkal Aorta. Darah turbulen yang mengenai dinding aorta menimbulkan getaran yang hebat, dan murmur yang keras dihantarkan sepanjang Aorta bagian atas dan bahkan ke dalam arteri-arteri besar di leher. Suara ini kasar dan pada stenosis berat kadang-kadang demikian kerasnya sehingga dapat terdengar beberapa kaki dari pasien.

2.3 Isyarat Suara Jantung [9]

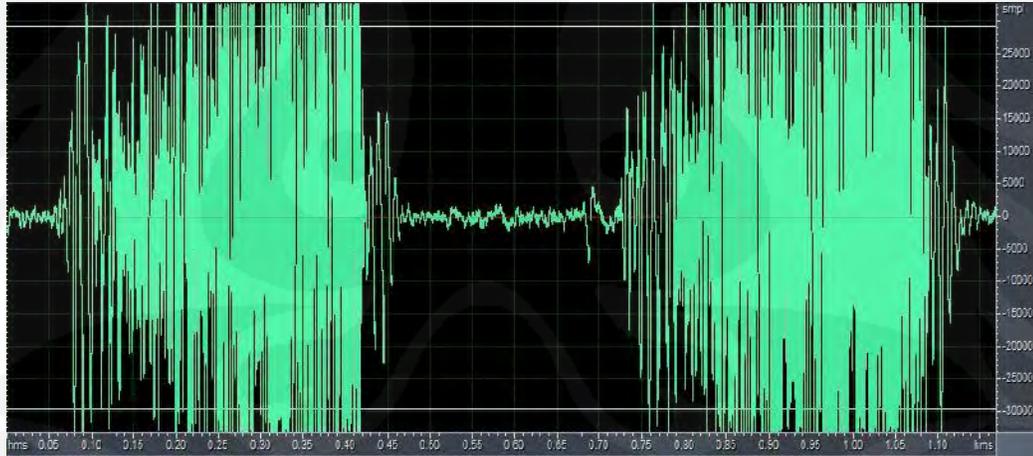
Suara jantung yang didengar oleh dokter dengan menggunakan stetoskop sebenarnya terjadi pada saat penutupan katup. Kejadian ini dapat menimbulkan anggapan yang keliru bahwa suara tersebut disebabkan oleh penutupan daun katup tersebut, tetapi sebenarnya disebabkan oleh efek arus pusar (*eddy*) dalam darah akibat penutupan katup tersebut. Suara jantung normal mempunyai rentang frekuensi antara 20 Hz hingga 200 Hz, sedangkan suara jantung abnormal mempunyai rentang frekuensi hingga 1000 Hz. Salah satu jenis *regurgitasi* menyebabkan *murmur* dalam rentang 100 hingga 600 Hz dan bahkan untuk jenis *murmur* tertentu hingga 1000 Hz.

Detak jantung menghasilkan 2 suara yang berbeda yang dapat didengarkan pada stetoskop yang sering dinyatakan dengan *lub-dub*. Suara *lub* disebabkan oleh

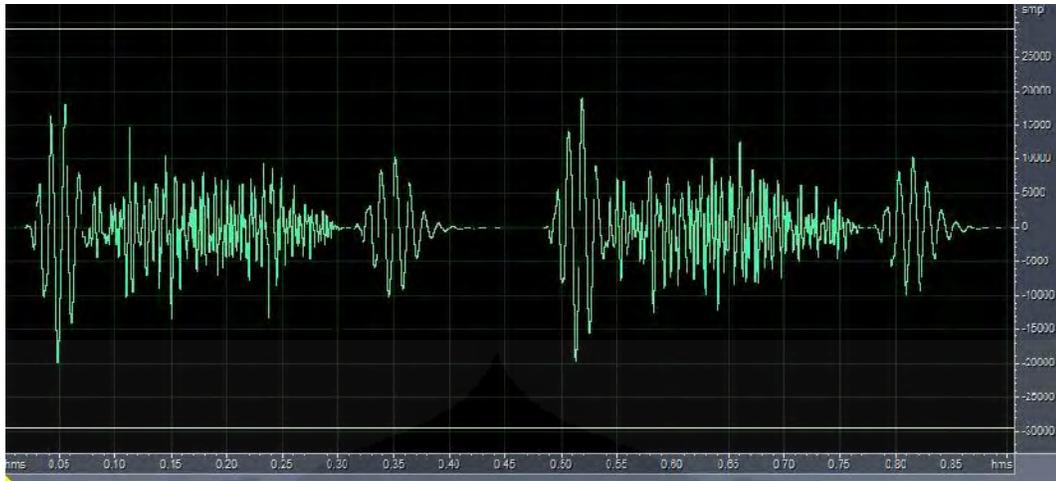
penutupan katup *tricuspid* dan *mitral* (*atrioventrikular*) yang memungkinkan aliran darah dari serambi jantung (*atria*) ke bilik jantung (*ventricle*) dan mencegah aliran balik. Umumnya hal ini disebut suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan timbulnya QRS dari elektrokardiogram dan terjadi sebelum periode jantung berkontraksi (*systole*).

Suara *dub* disebut suara jantung ke-dua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup *semilunar* (*aortic* dan *pulmonary*) yang membebaskan darah ke sistem sirkulasi paru-paru dan sistemik. Katup ini tertutup pada akhir *systole* dan sebelum katup *atrioventrikular* membuka kembali. Suara S2 ini terjadi hampir bersamaan dengan akhir gelombang *T* dari EKG, suara jantung ke-tiga (S3) sesuai dengan berhentinya pengisian *atrioventrikular*, sedangkan suara jantung ke-empat (S4) memiliki korelasi dengan kontraksi *atria*.

Jantung abnormal menghasilkan suara tambahan yang disebut *murmur* yang disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau memaksa darah melewati bukaan sempit (*stenosis*) atau *regurgitasi* yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah, dalam masing-masing kasus suara yang timbul adalah akibat aliran darah dengan kecepatan tinggi yang melewati bukaan sempit. Untuk suara Regurgitasi contoh bentuk gelombangnya dapat dilihat pada Gambar 2.5, sedangkan suara Stenosis bentuk gelombangnya dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Contoh Bentuk Gelombang Suara Regurgitasi



Gambar 2.6 Contoh Bentuk Gelombang Suara Stenosis

Penyebab lain terjadinya *murmur* adalah adanya kebocoran *septum* yang memisahkan jantung bagian kiri dan kanan sehingga darah mengalir dari *ventrikel* kiri ke *ventrikel* kanan sehingga menyimpangkan sirkulasi sistemik (Anonim, 2004). Suara jantung normal mempunyai rentang frekuensi antar 20-200 Hz, sedangkan suara jantung abnormal mempunyai rentang frekuensi hingga 1000 Hz. Suara jantung S1 terdiri atas energi dalam rentang frekuensi 30-45 Hz, yang sebagian besar berada dibawah ambang dengar. Suara jantung S2 biasanya memiliki nada lebih tinggi dengan energi maksimum berada dalam rentang 50-70 Hz. Suara jantung S3 merupakan vibrasi yang sangat lemah dengan hampir semua energinya dibawah 30 Hz. Sedangkan *murmur* sering menghasilkan suara dengan nada yang lebih tinggi.

Beberapa jenis kelainan pada jantung beserta penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis-jenis Kelainan pada Jantung

No	Nama suara jantung	Penjelasan
1	<i>Acute rheumatic fever</i>	Demam rematik akut, penyakit peradangan akut yang dapat menyertai faringitis yang disebabkan oleh <i>streptococcus beta-hemolyticus</i> grup A, cenderung berulang, dan sebagai penyebab terpenting penyakit jantung didapat pada anak dan dewasa muda
2	<i>Aortic insufficiency loud systolic ejection murmur, third sound</i>	Katup <i>aorta</i> tidak dapat menutup dengan sempurna dengan bising yang keras waktu fase <i>ejeksi sistolik</i> bunyi jantung ketiga
3	<i>Aortic stenosis opening snap of aortic early systolic ejection sound</i>	Pembukaan katup <i>aorta</i> tidak sempurna dengan bunyi pembukaan katup <i>aorta</i> pada pada fase <i>ejeksi sistolik</i> dini
4	<i>Atrial septal defect abnormal splitting of</i>	Bunyi jantung terbelah yang abnormal
5	<i>Coarctation of aorta systolic murmur</i>	<i>Coartasio aorta</i> dengan bising pada fase <i>sistolik</i>
6	<i>Compleat heart block slow heart rate, varying first sound</i>	Blok jantung total dengan frekuensi jantung rendah, bunyi jantung pertama bermacam-macam.
7	<i>Mitral regurgiation holosystolic murmur</i>	Mitral regurgitasi dengan bising <i>holosistolik</i>
8	<i>Mitral regurgiation late systolic murmur crescendo type</i>	Mitral regurgitasi dengan bising diakhir <i>sistolik</i> tipe <i>crescendo</i>
9	<i>Mitral regurgiation mid systolic click and late systolic murmur</i>	Mitral regurgitasi dengan bunyi klik ditengah <i>sistolik</i> dan bising diakhir <i>sistolik</i>
10	<i>Mitral regurgiation systolic murmur, crescendo type</i>	Mitral regurgitasi dengan bising <i>sistolik</i> tipe <i>crescendo</i>
11	<i>Mitral regurgiationand mitral stenosis all sound features of mitral stenosis and mitral regurgitation</i>	Mitral regurgitasi dan <i>mitral stenosis</i> dengan menonjolkan semua bunyi semua bunyi <i>mitral stenosis</i> dan <i>mitral regurgitasi</i>
12	<i>Mitral regurgiation systolic murmur, hight piched and blowing type</i>	Mitral regurgitasi dengan bising <i>sistolik</i> tipe <i>hight piched</i> dan <i>blowing</i>
13	<i>Mitral regurgitation systolic Murmur</i>	Mitral regurgitasi dengan bising <i>sistolik</i>
14	<i>Mitral regurgition third heart sound</i>	Mitral stenosis dengan bunyi jantung Ketiga
15	<i>Mitral stenosis accentuated first</i>	Mitral stenosis dengan menonjolkan bunyi jantung pertama
16	<i>Mitral stenosis opening snap</i>	Mitral stenosis dengan <i>opening snap</i>
17	<i>Mitral stenosis presystolic Murmur</i>	Mitral stenosis dengan bising <i>pansistolik</i>
18	<i>Mitral stenosis short middiastolic</i>	Mitral stenosis dengan tengah <i>diastolic</i> yang singkat
19	<i>Patent ductus arteriosus continuous machinery murmur</i>	bising khas seperti sebuah kereta api memasuki terowongan
20	<i>Pulmonary stenosis harsh systolic ejection murmur</i>	<i>Pulmonary</i> dengan bising <i>ejeksi sistolik</i> yang keras
21	<i>Right bundle branch block of first sound</i>	<i>Right bundle branch</i> blok dengan bunyi jantung pertama
22	<i>Systemic hypertension accentuated second sound</i>	Hipertensi sistemik dengan menonjolkan bunyi jantung kedua
23	<i>Tricuspid regurgitation holosystolic murmur</i>	<i>Tricuspidal</i> regurgitasi dengan bising <i>holosistolik</i>
24	<i>Ventricular sepatal defect continuous murmur</i>	<i>Ventrikel septal defek</i> dengan bising yang bersifat kontinyu

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan

2.4.1 Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan [1]

Jaringan Syaraf Tiruan dibuat pertama kali pada tahun 1943 oleh *neurophysiologist* Waren McCulloch dan *logician* Walter Pits, namun teknologi yang

tersedia pada saat itu belum memungkinkan mereka berbuat lebih jauh. Jaringan syaraf tiruan (JST) didefinisikan sebagai susunan dari elemen-elemen penghitung yang disebut neuron atau titik (*node*) yang saling terhubung guna dimodelkan untuk meniru fungsi otak manusia. Jaringan syaraf tiruan dicirikan dengan adanya proses pembelajaran (*learning*) yang berfungsi untuk mengadaptasi parameter-parameter jaringannya. Bobot dalam jaringan yang diusulkan oleh McCulloch dan Pitts diatur untuk melakukan fungsi logika sederhana. Fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi *threshold*.

Tahun 1958, Rosenblatt memperkenalkan dan mulai mengembangkan model jaringan yang disebut *perceptron*. Metode pelatihan diperkenalkan untuk mengoptimalkan hasil iterasinya. Widrow dan Hoff (1960) mengembangkan *perceptron* dengan memperkenalkan aturan pelatihan jaringan, yang dikenal sebagai aturan delta (atau sering disebut kuadrat rata-rata terkecil). Aturan ini akan mengubah bobot *perceptron* apabila keluaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan target yang diinginkan. Apa yang dilakukan peneliti terdahulu hanya menggunakan jaringan dengan layer tunggal (*single layer*). Rumelhart (1986) mengembangkan *perceptron* menjadi *Backpropagation*, yang memungkinkan jaringan diproses melalui beberapa layer. Selain itu, beberapa model jaringan syaraf tiruan lain juga dikembangkan oleh Kohonen (1972), Hopfield (1982), dan lain-lain. Pengembangan yang ramai dibicarakan sejak tahun 1990an adalah aplikasi model-model jaringan syaraf tiruan untuk menyelesaikan berbagai masalah di dunia nyata. Jaringan Syaraf Tiruan ditentukan oleh beberapa hal berikut hal :

1. Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan)
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *learning* atau *training*)
3. Penggunaan Bias
4. Fungsi aktivasi

2.4.2 Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistim sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari

sistem pemrosesan informasi. Jaringan Syaraf Tiruan, seperti manusia, belajar dari suatu contoh. Jaringan Syaraf Tiruan dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran.

Jaringan Syaraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari syaraf biologi, dengan asumsi bahwa :

- a. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron)
- b. Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.
- c. Penghubung, antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
- d. Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu ambang batas.

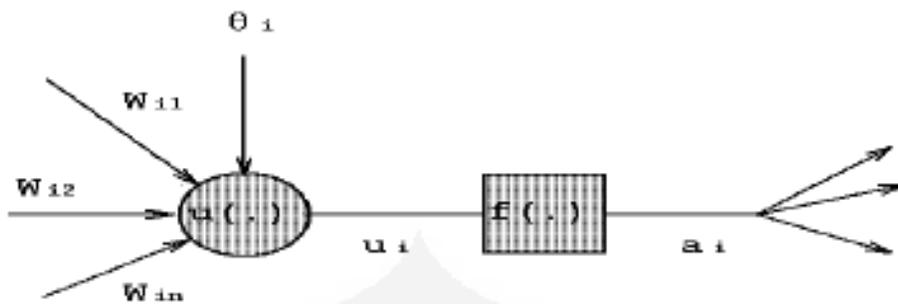
2.4.3 Neuron

Neuron dianalogikan dengan neurosikologi (*neurophysiology*) pada otak manusia. Dalam jaringan syaraf tiruan neuron diartikan sebagai bagian terkecil dari jaringan syaraf tiruan yang berfungsi sebagai elemen pemroses. Dengan demikian neuron juga dapat dinyatakan sebagai *processor* sederhana dari system Jaringan Syaraf Tiruan. Neuron juga dikenal dengan sebutan *perceptron* atau *ADALINE*.

2.4.4 Model Dasar Jaringan Syaraf Tiruan [1]

Mengadopsi esensi dasar dari system syaraf biologi, syaraf tiruan digambarkan sebagai berikut : Menerima input atau masukan (baik dari data yang dimasukkan atau dari output sel syaraf pada jaringan syaraf. Setiap input datang melalui suatu koneksi atau hubungan yang mempunyai sebuah bobot (*weight*). Setiap sel syaraf mempunyai sebuah nilai ambang. Jumlah bobot dari input dan dikurangi dengan nilai ambang kemudian akan mendapatkan suatu aktivasi dari sel syaraf (*post synaptic potential*, PSP, dari sel syaraf). Signal aktivasi kemudian menjadi fungsi aktivasi / fungsi transfer untuk menghasilkan output dari sel syaraf. Jika tahapan fungsi aktivasi digunakan (output sel syaraf = 0 jika input <0 dan 1 jika input >= 0) maka tindakan sel syaraf sama dengan sel syaraf biologi yang dijelaskan diatas (pengurangan nilai ambang dari jumlah bobot dan membandingkan dengan 0 adalah sama dengan membandingkan jumlah bobot dengan nilai ambang). Biasanya tahapan

fungsi jarang digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan. Fungsi Aktifasi dapat dilihat pada Gambar 2.7.



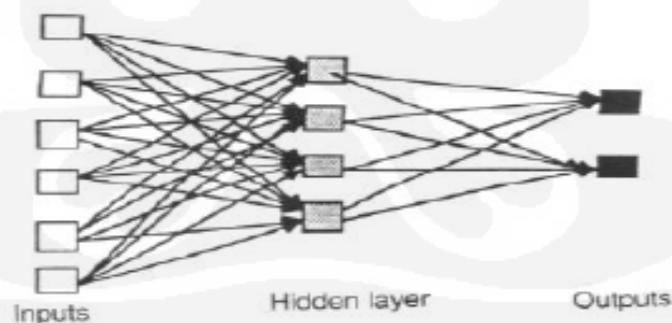
Gambar 2.7 Fungsi Aktifasi

2.4.5 Arsitektur Jaringan [1]

Berdasarkan dari arsitektur (pola koneksi), Jaringan Syaraf Tiruan dapat dibagi kedalam dua kategori :

1. Struktur *feedforward*

Sebuah jaringan yang sederhana mempunyai struktur *feedforward* dimana signal bergerak dari input kemudian melewati lapisan tersembunyi dan akhirnya mencapai unit output (mempunyai struktur perilaku yang stabil). Tipe jaringan *feedforward* mempunyai sel syaraf yang tersusun dari beberapa lapisan. Lapisan input bukan merupakan sel syaraf. Lapisan ini hanya memberi pelayanan dengan mengenalkan suatu nilai dari suatu variabel. Lapisan tersembunyi dan lapisan output sel syaraf terhubung satu sama lain dengan lapisan sebelumnya. Kemungkinan yang timbul adalah adanya hubungan dengan beberapa unit dari lapisan sebelumnya atau terhubung semuanya (lebih baik). Jaringan Syaraf Tiruan *FeedForward* ditunjukkan pada Gambar 2.8.

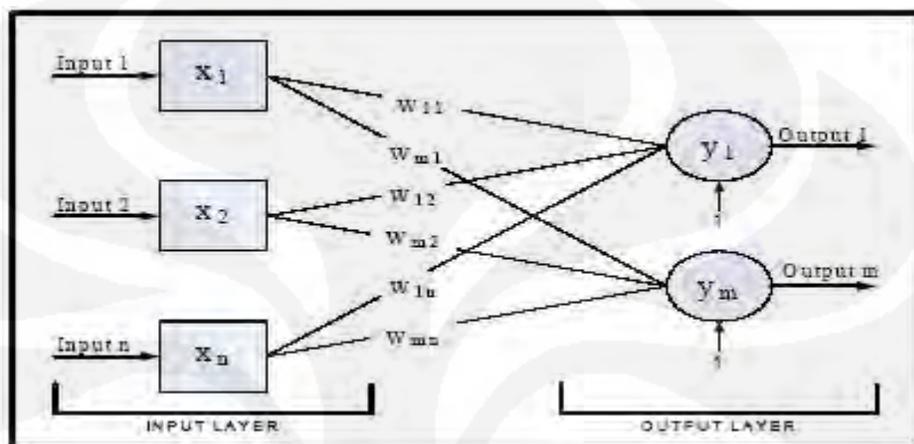


Gambar 2.8 Jaringan Syaraf Tiruan *FeedForward*

Yang termasuk dalam struktur *feedforward* :

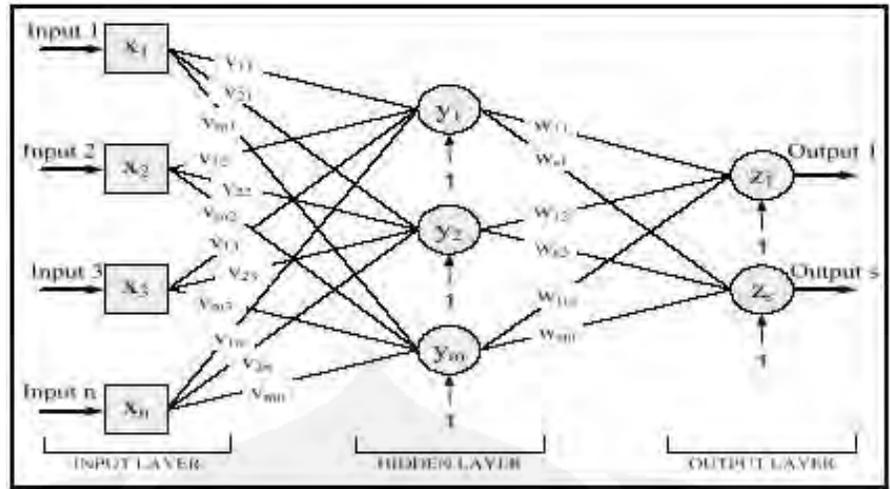
- Single-layer perceptron
- Multilayer perceptron
- Radial-basis function networks
- Higher-order networks
- Polynomial learning networks

- a. Jaringan Layer Tunggal (*single layer network*). Dalam jaringan ini terlihat pada Gambar 2.9, sekumpulan *input* neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan outputnya. Dalam beberapa model (misal *perceptron*), hanya ada sebuah unit neuron *output*.



Gambar 2.9 Single Layer Neural Network

- b. Jaringan Layer Jamak (*multi layer network*). Jaringan layer jamak merupakan perluasan dari layer tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit input dan output, ada unit-unit lain (sering disebut layer tersembunyi atau *hidden layer*). Dimungkinkan pula ada beberapa layer tersembunyi. Sama seperti pada unit *input* dan *output*, unit-unit dalam satu layer tidak saling berhubungan. Lihat Gambar 2.10.



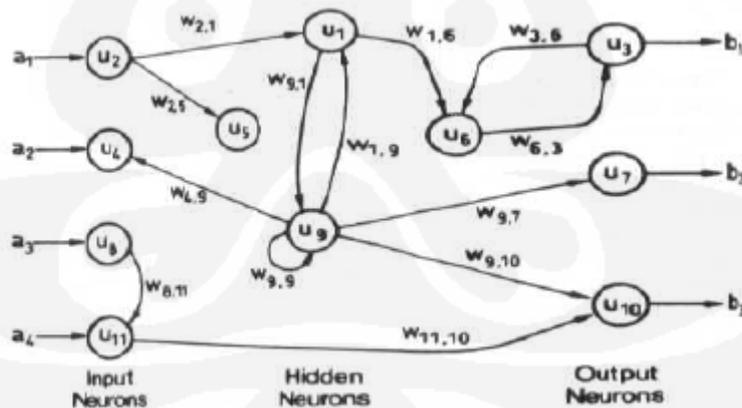
Gambar 2.10 Multi Layer Neural Network

2. Struktur *recurrent (feedback)*

Jika suatu jaringan berulang (mempunyai koneksi kembali dari output ke input) akan menimbulkan ketidakstabilan dan akan menghasilkan dinamika yang sangat kompleks. Jaringan Syaraf Tiruan *FeedBack* dapat dilihat pada Gambar 2.11. Jaringan yang berulang sangat menarik untuk diteliti dalam Jaringan Syaraf Tiruan, namun sejauh ini *structure feedforward* sangat berguna untuk memecahkan masalah.

Yang termasuk dalam struktur *recurrent (feedback)* :

- Competitive networks
- Self-organizing maps
- Hopfield networks
- Adaptive-resonance theory models

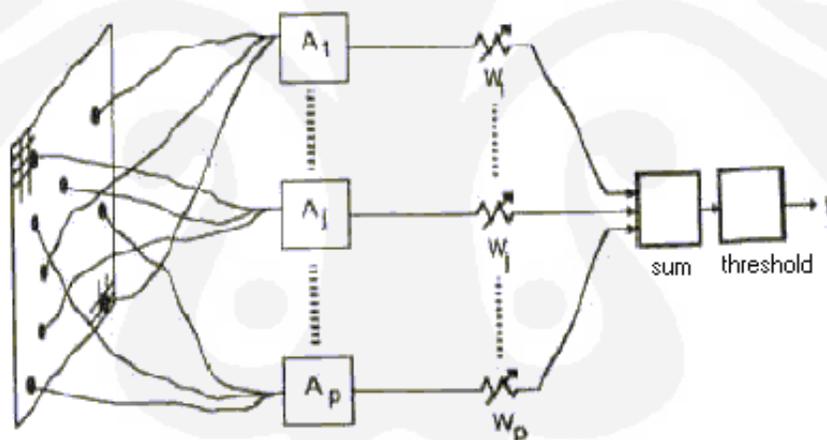


Gambar 2.11 Jaringan Syaraf Tiruan *FeedBack*

Ketika sebuah Jaringan Syaraf digunakan, input dari nilai suatu variable ditempatkan dalam suatu input unit dan kemudian unit lapisan tersembunyi dan lapisan output menjalankannya. Setiap lapisan tersebut menghitung nilai aktivasi dengan mengambil jumlah bobot output dari setiap unit dari lapisan sebelumnya dan kemudian dikurangi dengan nilai ambang. Nilai aktivasi kemudian melalui fungsi aktivasi untuk menghasilkan output dari sel syaraf. Ketika semua unit pada Jaringan Syaraf telah dijalankan maka aksi dari lapisan output merupakan output dari seluruh jaringan syaraf.

2.4.6 Perceptron [1]

Perceptron termasuk kedalam salah satu bentuk Jaringan Syaraf Tiruan yang sederhana. Perceptron biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan suatu tipe pola tertentu yang sering dikenal dengan istilah pemisahan secara linear. Pada dasarnya perceptron pada Jaringan Syaraf dengan satu lapisan memiliki bobot yang bisa diatur dan suatu nilai ambang. Algoritma yang digunakan oleh aturan perceptron ini akan mengatur parameter-parameter bebasnya melalui proses pembelajaran. Fungsi aktivasi dibuat sedemikian rupa sehingga terjadi pembatasan antara daerah positif dan daerah negatif. Perceptron dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Bentuk Perceptron

2.4.7. Paradigma Pembelajaran

Berdasarkan cara memodifikasi bobotnya, ada 2 macam pelatihan yang dikenal yaitu dengan supervisi (*supervised*) dan tanpa *supervise* (*unsupervised*). Dalam pelatihan dengan supervisi, terdapat sejumlah pasangan data (masukan – target keluaran) yang dipakai untuk melatih jaringan hingga diperoleh bobot yang

diinginkan. Pasangan data tersebut berfungsi sebagai "guru" untuk melatih jaringan hingga diperoleh bentuk yang terbaik. "Guru" akan memberikan informasi yang jelas tentang bagaimana sistem harus mengubah dirinya untuk meningkatkan unjuk kerjanya. Pada setiap kali pelatihan, suatu input diberikan ke jaringan. Jaringan akan memproses dan mengeluarkan keluaran. Selisih antara keluaran jaringan dengan target (keluaran yang diinginkan) merupakan kesalahan yang terjadi. Jaringan akan memodifikasi bobot sesuai dengan kesalahan tersebut. Jaringan *perceptron*, *ADALINE* dan *backpropagation* merupakan model-model yang menggunakan pelatihan dengan supervisi. Sebaliknya, dalam pelatihan tanpa *supervise* (*unsupervised learning*) tidak ada "guru" yang akan mengarahkan proses pelatihan.

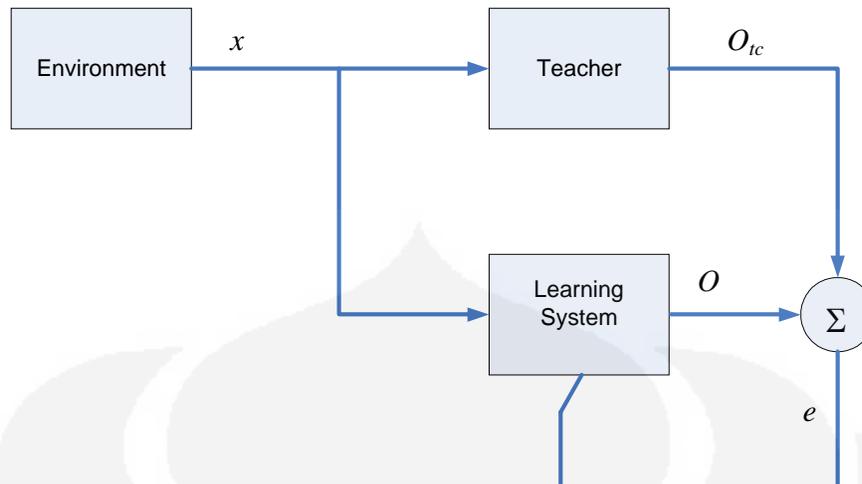
Dalam pelatihannya, perubahan bobot jaringan dilakukan berdasarkan parameter tertentu dan jaringan dimodifikasi menurut ukuran parameter tersebut. Sebagai contoh, dalam model jaringan kompetitif, jaringan terdiri dari 2 layar, yaitu layar input dan layar kompetisi. Layar input menerima data eksternal. Layar kompetisi berisi neuron-neuron yang saling berkompetisi agar memperoleh kesempatan untuk merespon sifat-sifat yang ada dalam data masukan. Neuron yang memenangkan kompetisi akan memperoleh sinyal yang berikutnya ia teruskan. Bobot neuron pemenang akan dimodifikasi sehingga lebih menyerupai data masukan.

2.4.8 Pelatihan Dengan Supervisi (Pembelajaran terawasi)

Metode ini digunakan jika *output* yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Biasanya pembelajaran dilakukan dengan menggunakan data yang telah ada. Jaringan memberikan tanggapan dengan mendapatkan target tertentu. Sebelum jaringan mengubah sendiri bobotnya untuk mencapai target, bobot interkoneksi diinisialisasi.

Operasional Jaringan Syaraf tiruan *Supervised* terdapat dua fasa : fasa pembelajaran dan fasa pelaksanaan. Pada fasa pembelajaran, tujuannya adalah untuk meminimalkan indek performan (*performance index*) dari jaringan, yang mana pembelajaran ini selanjutnya digunakan untuk memperbaharui parameter-parameter Jaringan syaraf tiruan. Apabila parameter-parameter jaringan syaraf tiruan telah ditemukan, maka JST dapat dioperasikan secara mandiri tanpa pembimbing. Jika

nilai pembimbing adalah O_{tc} dan keluaran JST adalah O , maka diagram blok dari fase pembelajaran terbimbing ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Pelatihan dengan *Supervise*

Proses belajar JST dengan pengawasan adalah proses belajar dengan memberikan latihan untuk mencapai suatu target keluaran yang ditentukan. JST mendapatkan latihan untuk mengenal pola-pola tertentu. Dengan memberikan target keluaran, perubahan masukan akan diadaptasi oleh keluaran dengan mengubah bobot interkoneksinya mengikuti algoritma belajar yang ditentukan. Set pelatihan dipilih dari fungsi keluaran maksimum setiap keadaan parameter yang diubah. Dengan menginisialisasi bobot tiap sel, JST akan mencari *error* terkecil, sehingga bentuk fungsi keluaran mendekati target yang diinginkan. Berdasarkan proses belajar yang dilakukan, kita perlu memperhatikan beberapa hal dalam menyusun set pelatihan, yaitu :

- a. Pemberian urutan pola yang akan diajarkan
- b. Kriteria perhitungan *error*
- c. Kriteria proses belajar
- d. Jumlah iterasi yang harus dilalui
- e. Inisialisasi bobot dan parameter awal

Pelatihan dilakukan dengan memberikan pasangan pola-pola masukan dan keluaran. Untuk keperluan pengendalian, pasangan pola tidak mengikuti rumusan tertentu. JST harus dapat mengadaptasi masukan yang acak supaya keluaran tetap mengikuti target. Lebih lanjut, proses pelatihan dilakukan dengan memberikan pola

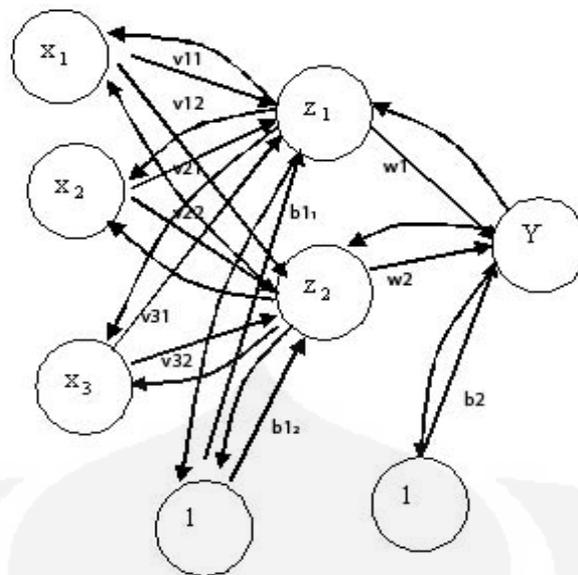
yang menggunakan masukan acak dan bobot interkoneksi yang besar. Dengan pemberian bobot yang besar, perbedaan target dan keluaran berkurang lebih cepat, sehingga proses adaptasi akan lebih cepat pula. Salah satu proses belajar dengan pengawasan adalah proses belajar menggunakan algoritma propagasi balik. Proses belajar jaringan umpan balik dituliskan dalam bentuk algoritma propagasi balik yang dikenal sebagai *Backpropagation*. Jaringan *Backpropagation* kadang-kadang dikenal sebagai *Multilayer Perceptron* (MLP).

2.4.9. Backpropagation [1]

Backpropagation merupakan salah satu algoritma pelatihan terarah. Algoritma *backpropagation* biasa digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma *Backpropagation* menggunakan error *output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* tersebut, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dilakukan terlebih dahulu. Pada perambatan maju neuron-neuron akan diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat didiferensiasikan.

2.4.9.1 Arsitektur Jaringan Backpropagation

Arsitektur jaringan *backpropagation* yang terdiri dari 3 unit (neuron) pada lapisan input yaitu x_1 , x_2 , dan x_3 . Merujuk pada Gambar 2.14, 1 lapisan tersembunyi dengan 2 neuron yaitu z_1 dan z_2 ; serta 1 unit pada lapisan output, yaitu y . Bobot yang menghubungkan x_1 , x_2 , dan x_3 dengan neuron pertama pada lapisan tersembunyi adalah v_{11} , v_{21} dan v_{31} . (v_{ij} ; bobot yang menghubungkan neuron input ke- j pada suatu lapisan ke neuron ke- i pada lapisan sesudahnya) Bobot bias yang menuju ke neuron pertama dan kedua pada lapisan tersembunyi adalah b_{11} dan b_{12} Bobot yang menghubungkan bobot z_1 dan z_2 dengan neuron lapisan output adalah w_1 dan w_2 . bobot bias b_2 menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan output. Fungsi aktivasi digunakan antar lapisan input dengan lapisan tersembunyi dan lapisan tersembunyi dengan lapisan output.

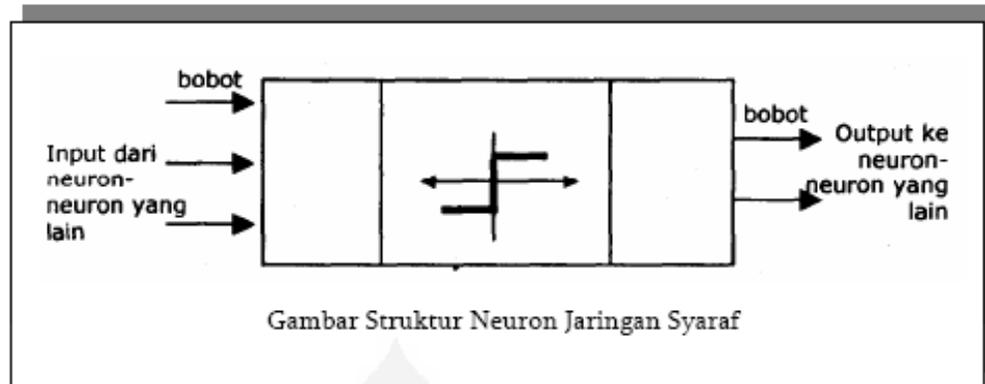


Gambar 2.14 Contoh Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

2.5 Fungsi Aktivasi

Jaringan syaraf adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri-dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.

Jika kita lihat, neuron buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis. Neuron-neuron buatan tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Sesuai dengan Gambar 2.15, Informasi (disebut dengan: *input*) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang.



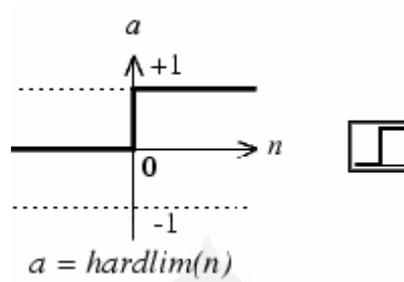
Gambar 2.15 Fungsi Aktivasi

Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan, tapi kalau tidak, maka neuron tersebut tidak akan diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya. Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bias jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan. Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan. Fungsi Aktivasi yang disediakan pada toolbox Matlab, antara lain :

1) Fungsi Undak Biner (*hardlimit*).

Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak bener (*step function*) untuk mengkonversikan *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu *output* biner (0 atau 1). Fungsi undak biner (*hardlimit*) dirumuskan sesuai dengan Gambar 2.16 dibawah ini:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 0 \\ 1, & \text{jika } x \geq 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

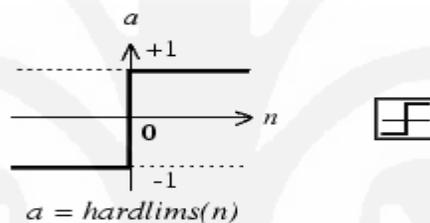


Gambar 2.16 Hardlimit Transfer Function

2) Fungsi Bipolar (symentric hardlims)

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1 atau -1. Fungsi *Symetric Hard Limit* dirumuskan sesuai dengan Gambar 2.17 dibawah ini :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 0 \\ -1, & \text{jika } x < 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

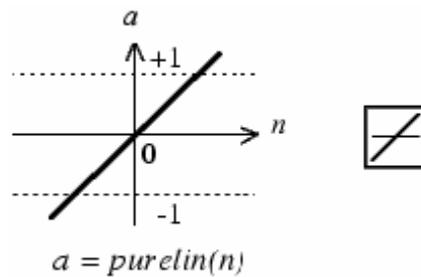


Gambar 2.17 Symetric Hardlimit Transfer Function

3) Fungsi Linear (*purelin*)

Fungsi linear memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai inputnya. Fungsi linear dirumuskan sesuai dengan Gambar 2.18 dibawah ini:

$$y = x \quad (2.3)$$

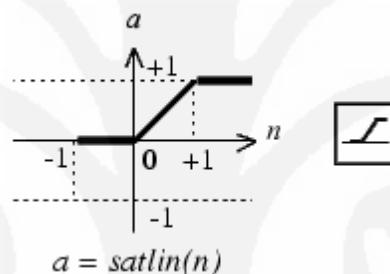


Gambar 2.18 Linear Transfer Function

4) Fungsi Saturating Linear (satlin)

Fungsi ini akan bernilai 0 jika *inputnya* kurang dari -1/2 dan akan bernilai 1 jika *inputnya* lebih dari 1/2. Sedangkan jika nilai *input* terletak antara -1/2 dan 1/2 maka *outputnya* akan bernilai sama dengan nilai *input* ditambah 1/2. Fungsi saturating linear dirumuskan sesuai dengan Gambar 2.19 dibawah ini :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5 & \text{jika } -0,5 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & \text{jika } x \leq -0,5 \end{cases} \quad (2.4)$$



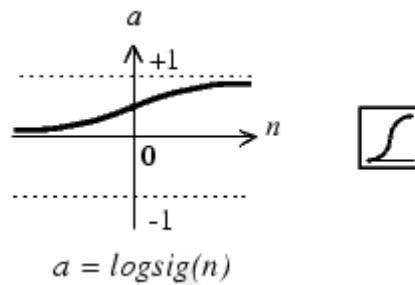
Gambar 2.19 Satlins Transfer Function

5) Fungsi Sigmoid Biner (logsig)

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai *outputnya* 0 atau Fungsi sigmoid biner dirumuskan sesuai dengan Gambar 2.20 dibawah ini :

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad (2.5)$$

$$\text{Dengan } f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \quad (2.6)$$



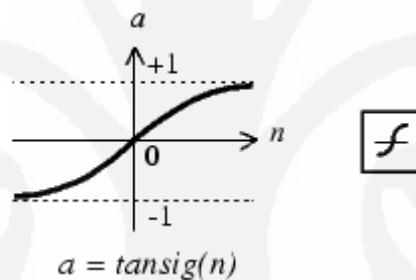
Gambar 2.20 Log-Sigmoid Transfer Function

6) Fungsi Sigmoid Bipolar (tansig)

Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja *output* dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai -1 seperti terlihat pada Gambar 2.21. Fungsi sigmoid bipolar dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (2.7)$$

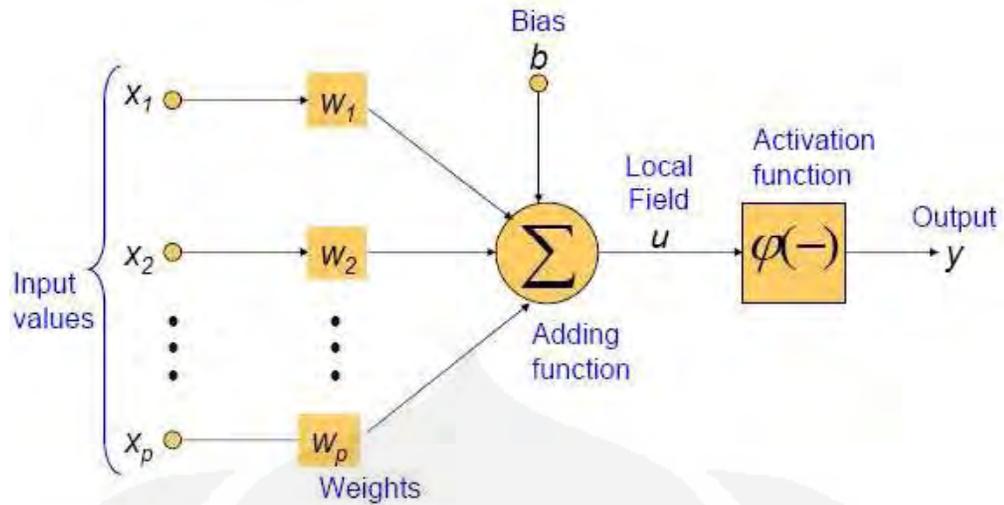
$$\text{Dengan } f'(x) = \frac{e}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2.8)$$



Gambar 2.21 Tan-Sigmoid Transfer Function

2.6 Bias [2]

Di antara neuron pada satu lapis dengan neuron pada lapis berikutnya dihubungkan dengan model koneksi yang memiliki bobot-bobot (*weights*), w dan v . Lapis tersembunyi dapat memiliki bias, yang memiliki bobot sama dengan satu. Jaringan Syaraf Tiruan dapat dilihat sesuai dengan Gambar 2.22 dibawah ini :

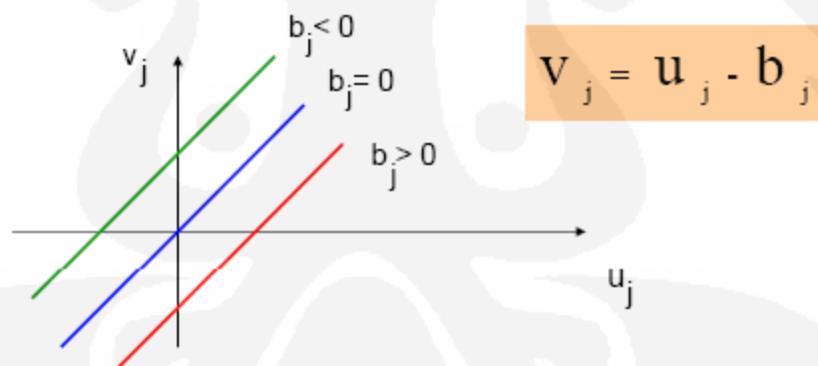


Gambar 2.22 Jaringan Syaraf Tiruan dengan Bias

Suatu neuron merupakan pengolahan informasi dasar dari suatu neural network yang terdiri dari:

1. Himpunan jaringan (*links*), sebagai input, dengan bobot.
2. Sebuah Fungsi tambahan (*linear Combiner*) untuk menghitung jumlah bobot dari semua *input*.
3. Sebuah fungsi aktifasi (*squashing function*) untuk membatasi amplitudo dari *output*.

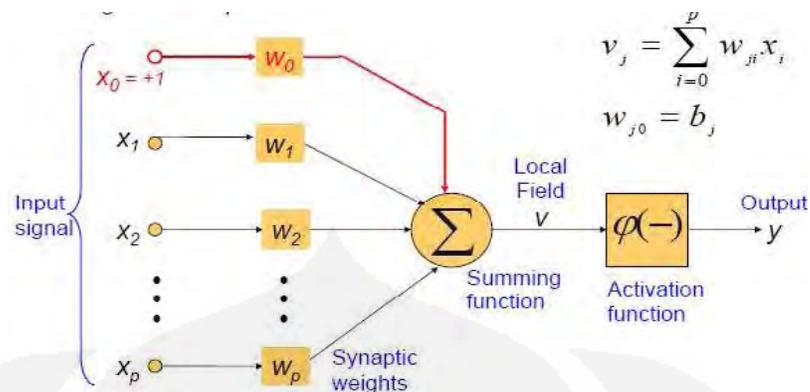
Gambar 2.23 merupakan daerah kerja sistem dengan variasi b_j .



Gambar 2.23 Penggambaran Bias dengan Linearitas

- a. Bias b mempunyai pengaruh dalam penerapan transformasi (*affine transformation*) pada jumlah bobot u .
- b. v disebut sebagai *induced field* dari neuron.

Bias merupakan parameter eksternal dari neuron. Hal ini dapat dimodelkan dengan penambahan *extra input*. seperti pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24 Penggambaran Bias sebagai Input

Algoritma *backpropagation* adalah :

- a. Inisialisasi bobot (ambil awal dengan nilai acak yang kecil)
- b. Tetapkan : Maksimum Epoch, Target *error*, dan *learning rate* (α)
- c. Inisialisasi : Epoch = 0, MSE = 1.
- d. Kerjakan langkah-langkah berikut selama (Epoch < Maksimum Epoch) dan (MSE > Target *Error*) :

1. Epoch = Epoch + 1

2. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan :

Feedforward :

- a. Tiap-tiap unit *input* ($x_i = 1, 2, 3, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi).
- b. Tiap-tiap unit pada lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* berbobot :

$$z_{in_j} = b I_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.9)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$z_j = f(z_{in_j}) \quad (2.10)$$

Universitas Indonesia

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

- c. Tiap-tiap unit *output* (Y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$y_{in_k} = b_2 + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (2.11)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (2.12)$$

Dan kirimkan sinyal *output* tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

Langkah (b) dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi.

- d. Tiap-tiap unit *output* ($Y_k = 1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi errornya :

$$\delta_2 = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (2.13)$$

$$\varphi_2 = \delta_2 z_j \quad (2.14)$$

$$\beta_2 = \delta_2 \quad (2.15)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai w_{jk}):

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi_2 \quad (2.16)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_2):

$$\Delta b_2 = \alpha \beta_2 \quad (2.17)$$

Langkah(d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi *error* dari suatu lapisan tersembunyi ke lapisan tersembunyi sebelumnya.

- e. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta inputnya (dan unit-unit yang berada pada lapisan yang ada di atasnya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta 2_k w_{jk} \quad (2.18)$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi *error* :

$$\delta 1_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (2.19)$$

$$\phi 1_{ij} = \delta 1_j x_j \quad (2.20)$$

$$\beta 1_j = \delta 1_j \quad (2.21)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v_{ij}):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \phi 1_{ij} \quad (2.22)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{1j})

$$\Delta b_{1j} = \alpha \beta 1_j \quad (2.23)$$

Tiap-tiap unit *output* (Y_k , $k = 1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($j=0,1,2,\dots,p$):

$$w_{jk} (baru) = w_{jk} (lama) + \Delta w_{jk} \quad (2.24)$$

$$b_{2k} (baru) = b_{2k} (lama) + \Delta b_{2k} \quad (2.25)$$

- f. Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z^j = j=1,2,3,\dots,p$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i=0,1,2,\dots,n$):

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (2.26)$$

$$b1_j(\text{baru}) = b1_j(\text{lama}) + \Delta b1_j \quad (2.27)$$

3. Hitung MSE

Setelah dilakukan algoritma tersebut pada jaringan maka kita akan mendapatkan jaringan yang sudah ditraining. Sehingga untuk melakukan *indentifikasi*, dapat dilakukan dengan langsung memberikan input dan jaringan akan mengklasifikasinya sesuai dengan bobot-bobot yang diperoleh dari proses *training* sebelumnya.

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data pada perancangan penelitian ini diperoleh dari internet dan data dari Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Data masukan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa database detak jantung dari tiga jenis kelainan jantung. Ketiga jenis sampel ini yaitu : *aortic stenosi*, *mitral valve prolapse* dan *mitral regurgitasi*. Semua data sampel ini diperoleh dengan menggunakan alat *phonocardiograph*. Kemudian data - data sampel ini diubah ke dalam bentuk .wav. Masing - masing data sampel tersebut dijadikan dalam bentuk matriks yang dibatasi hanya sampai 800 baris sebagai masukan pada Jaringan Syaraf Tiruan. Adapun untuk perangkat yang digunakan, yaitu :

Prosesor : Intel Core 2 Duo CPU T5800 @ 2.00 GHz

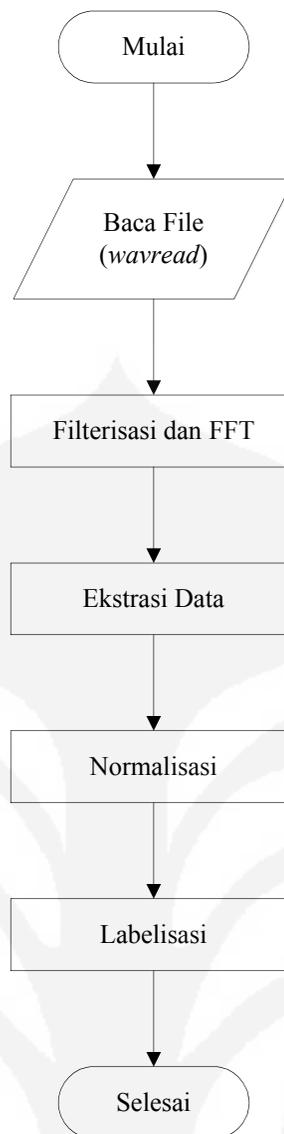
Memory (RAM) : 1 GB

Operating System : Windows Vista

Software : Matlab R2008a, Adobe Audition 1.5

3.2 Labelisasi

Tahap pertama dari pembentukan database adalah proses labelisasi atau pelabelan. Pada proses ini sampel data yang dimasukkan disimpan sebagai database. Tahapan proses sebagai masukan, yaitu : index label 1 digunakan sebagai label untuk jenis kelainan *mitral regurgitasi*, index label 2 digunakan sebagai label untuk jenis kelainan *aortic stenosis*, dan index label 3 digunakan sebagai label untuk jenis kelainan *mitral valve prolapse*. Jumlah masing - masing sampel data tersebut sebanyak 5 buah. Seluruh sampel yang telah dilabelkan tersebut disimpan dalam file label.mat. Diagram alir proses pembentukan matriks untuk masukan jaringan ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembentukan Database

Sedangkan algoritma untuk proses pemberian label sebagai berikut :

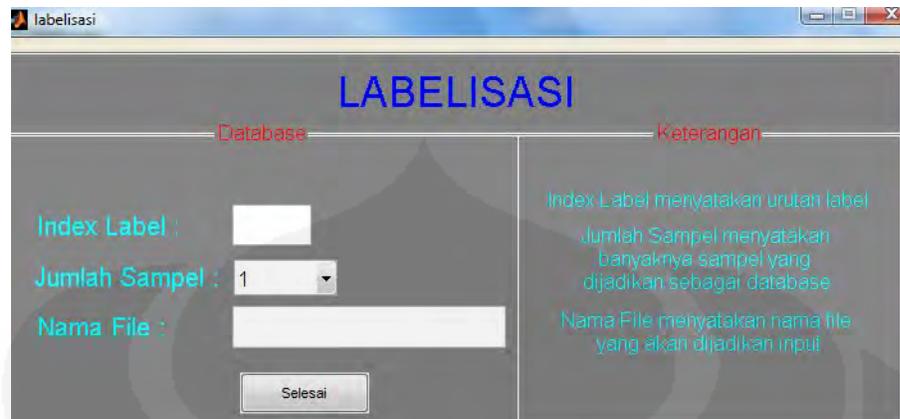
```

function createLabel(thisSampleCount)
    h=guidata(gcbo);
    labelIndex=get(h.labelIndex,'String');
    labelIndex=str2num(labelIndex);
    labelName=get(h.labelName,'String');
    labelFile=['label/' 'label' int2str(labelIndex)];
    label=[];
    count=1;
    while (count<=thisSampleCount)
        fileName= [labelName int2str(count)];
  
```

Universitas Indonesia

```
[speech, Fs, nbits]=wavread(['sample/' fileName]);
[m,n] = size(speech);
length=m;
```

Tampilan program pemberian label ditunjukkan pada Gambar 3.2.



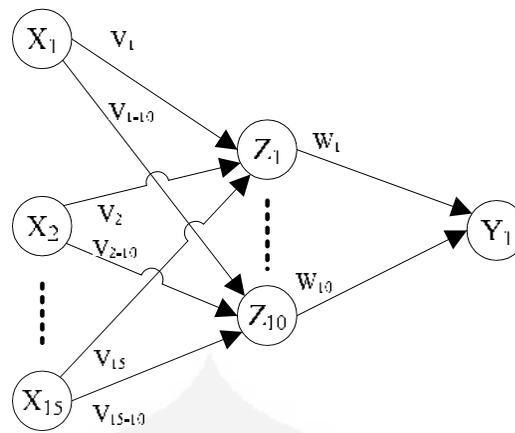
Gambar 3.2 Tampilan Program Pemberian Label

3.3 Pembentukan Jaringan Syaraf Tiruan

Setelah seluruh sampel diubah kedalam bentuk matriks, proses selanjutnya adalah pembentukan jaringan syaraf tiruan. Metode yang digunakan adalah *Back Propagation* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Lapisan masukan digunakan untuk menampung 15 sampel masukan yaitu x_1 sampai dengan x_{15} , dengan bobot neuron yang berjumlah sekitar 150 buah dari v_1, v_2 , sampai dengan v_{15} yang menghubungkan input dengan lapisan tersembunyi. Jumlah neuron tersebut agar hasil yang didapatkan akurat. Kemudian masukan tersebut terhubung dengan lapisan tersembunyi yaitu z_1 sampai dengan z_{10} . Dari lapisan tersembunyi tersebut terdapat bobot neuron yang menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan output yaitu w_1 sampai w_{10} . Satu lapisan keluaran (y_i) digunakan untuk merepresentasikan nilai keluaran yang akan akan dibandingkan dengan nilai target yang telah ditentukan sebelumnya. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk menghubungkan lapisan input dengan lapisan tersembunyi adalah *tansig*, sedangkan fungsi aktivasi yang menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan output adalah *purelin*. Pembentukan JST ini pada *toolbox* MATLAB menggunakan perintah berikut:

```
net = newff(minmax(P),[50 1],{'tansig' 'purelin'},'traingdx');
```

Universitas Indonesia



Gambar 3.3 JST Back Propagation

Keterangan:

X = Masukan (input).

V = Bobot lapisan tersembunyi.

W = Bobot pada lapisan keluaran.

Y = Keluaran hasil.

Pemakaian JST propagasi balik ini bertujuan untuk mengoreksi kembali nilai keluaran proses umpan maju (*feed forward*) jaringan. Apabila antara nilai keluaran jaringan dengan nilai target yang diinginkan masih terdapat selisih *error* maka nilai ini akan diumpangkan kembali sebagai input pada lapisan sebelumnya, kemudian JST dilatih lagi sampai didapatkan nilai keluaran yang sama atau mendekati nilai targetnya. Proses pelatihan JST ini mengarahkan jaringan menuju ke satu nilai yang disebut vektor target sehingga disebut *supervised learning*. Proses perbaikan bobot, nilai bias dan perbaikan *gradien error* akan dijelaskan lebih lanjut pada tahap pelatihan.

3.3.1 Pelatihan (*Training*)

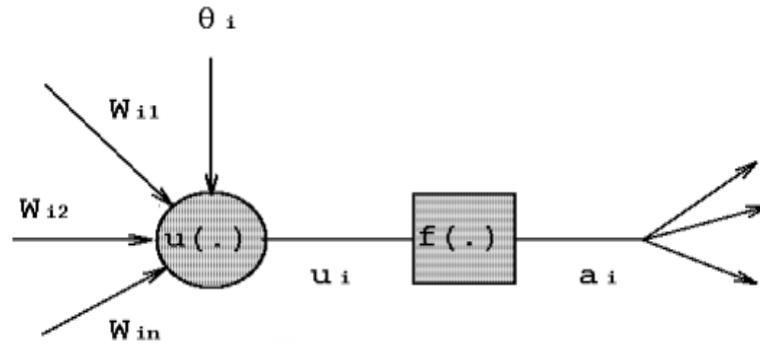
Kelainan jantung yang akan diklasifikasi ada tiga jenis kelainan, yaitu *mitral regurgitasi* dengan 5 buah sampel, *aortic stenosis* sebanyak 5 sampel dan *mitral valve prolapse* 5 sebanyak. Sehingga total terdapat 15 buah sampel yang terekam dalam bentuk .wav, mono. Masing-masing sampel telah mengalami proses *filtering* dan labelisasi terlebih dahulu. Kemudian sampel-sampel tersebut diubah dari domain waktu ke domain frekuensi.

Vektor target yang dibentuk merupakan suatu nilai yang telah tersimpan pada proses pelabelan. Nilai ini ditentukan berdasarkan urutan pada proses pelabelan yaitu sampel 1 s/d 5 untuk kelainan *mitral regurgitasi* memiliki vektor target [1 2 3 4 5], sampel 6 s/d 10 untuk kelainan *aortic stenosis* memiliki vektor target [6 7 8 9 10], dan sampel 11 s/d 15 untuk kelainan *mitral valve prolapse* memiliki vektor target [11 12 13 14 15]. Pelatihan suatu JST dengan algoritma propagasi balik meliputi dua tahap: perambatan maju dan perambatan mundur.

Selama perambatan maju, tiap unit masukan (x_i) menerima sebuah masukan sinyal ini ke tiap-tiap lapisan tersembunyi z_1, \dots, z_{10} . Tiap lapisan tersembunyi ini kemudian menghitung aktivasinya dan mengirimkan sinyalnya (z_j) ke tiap unit keluaran (seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 3.3). Tiap unit keluaran (y_k) menghitung aktivasinya (y_k) untuk membentuk respon pada JST untuk memberikan pola masukan.

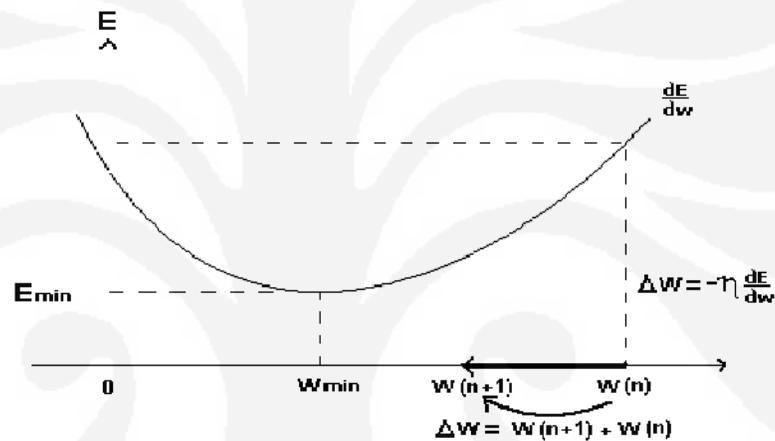
Selama proses pelatihan, tiap unit keluaran membandingkan perhitungan aktivasinya (y_k) dengan nilai targetnya (t_k) untuk menentukan kesalahan pola tersebut dengan unit tersebut. Kemudian dihitung faktor δ_k ($k = 1$). δ_k digunakan untuk menyebarkan kesalahan pada unit keluaran y_k kembali ke semua unit pada lapisan sebelumnya (unit-unit lapisan tersembunyi yang terhubung ke y_k). Nantinya nilai ini juga digunakan untuk mengupdate bobot-bobot antara lapisan keluaran dengan lapisan tersembunyi. Dengan cara yang sama, faktor δ_j ($j = 1, \dots, 10$) dihitung untuk tiap unit tersembunyi z_j . Nilai δ_j hanya digunakan untuk mengupdate bobot-bobot antara lapisan tersembunyi dan lapisan masukan.

Setelah seluruh faktor δ ditentukan, bobot untuk semua lapisan diatur secara serentak. Pengaturan bobot w_{jk} (dari unit tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k) didasarkan pada faktor δ_k dan aktivasi z_j dari unit tersembunyi z_j didasarkan pada faktor δ_j dan aktivasi x_i unit masukan. Blok diagram fungsi aktivasi diilustrasikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Blok Diagram Fungsi Aktivasi

Masing-masing bobot ($w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}$) kemudian ditambahkan dengan suatu nilai bias tertentu (θ_i). Lalu dengan menggunakan fungsi aktivasi *purelin* atau *tansig* maka akan didapatkan keluaran jaringan (a_i). Nilai a_i nantinya akan dibandingkan dengan vektor target yang ditetapkan diatas. Nilai yang diinginkan yaitu apabila nilai gradien perbaikan bobotnya minimum seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kurva Gradien Perbaikan Bobot

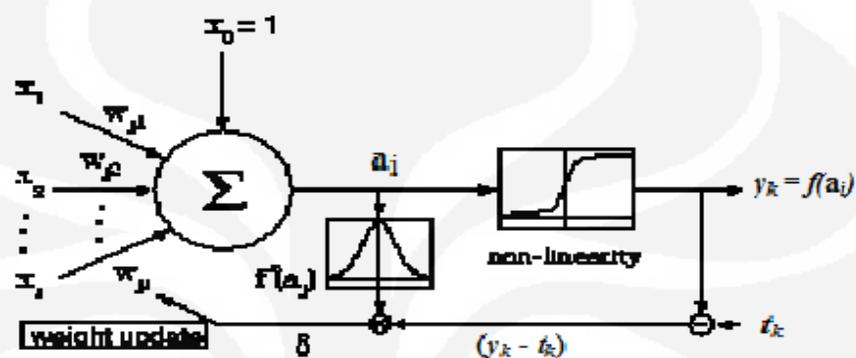
Nilai perubahan bobot yang diperbaiki proporsional dengan gradien negatif yang dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta W_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}} \quad (3.1)$$

Faktor proporsional η adalah laju belajar (learning rate, lr) yang mendefinisikan kedalaman langkah iterasi, dimana nilai laju belajar terletak antara 0 sampai 1. Proses iterasi berjalan lambat saat galat minimum hampir tercapai. Pemilihan parameter laju belajar yang terlalu besar membuat bobot yang terlalu besar sehingga

membuat bobot yang dihasilkan overshoot terhadap galat E minimum. Laju belajar yang terlalu kecil membuat proses konvergensi lambat, dengan kata lain jaringan lebih lambat belajar. Kesalahan pemilihan laju belajar akan mengakibatkan osilasi di sekitar nilai galat E minimum. Pada penelitian ini, JST dilatih dengan nilai laju belajar sebesar 0,01.

Apabila selisih antara keluaran jaringan dengan vektor target masih terdapat error maka nilai ini akan diumpan-balikan ke input sebagai bobot baru seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.6. Proses ini akan berulang sampai nilai gradien perbaikan bobotnya minimum. Proses perbaikan bobot secara rinci dijelaskan pada prosedur pelatihan.



Gambar 3.6 Proses Perbaikan Bobot JST

3.3.2 Prosedur Pelatihan

Prosedur pelatihan dalam membuat JST ini yaitu pertama kita harus menentukan nilai awal bobot-bobotnya. Algoritma pelatihannya yaitu jika kondisi berhenti belum terpenuhi maka jaringan akan melakukan langkah 1 s/d 6. Proses pelatihan meliputi perambatan maju dan perambatan mundur. Berikut ini inisialisasi parameter-parameter JST yang digunakan:

```
net.trainParam.epochs = 2000;
net.trainParam.goal = 1e-10;
net.trainParam.lr = 0.01;
net.trainParam.lr_inc = 1.05;
net.trainParam.lr_dec = 0.7;
net.trainParam.max_perf_inc = 1.04;
net.trainParam.mc = 0.9;
net.trainParam.show = 10;
```

dimana parameter mc merupakan konstanta momentum, lr_inc merupakan rasio kenaikan laju belajar jaringan, lr_dec merupakan rasio penurunan laju belajar, dan max_perf_inc merupakan nilai maksimum kenaikan performansi.

Perambatan Maju:

Langkah 1 : Tiap unit masukan (x_i , $i = 1, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan menghantarkan sinyal ini ke semua unit lapisan di atasnya (unit tersembunyi).

Langkah 2 : Setiap unit tersembunyi (x_i , $i = 1, \dots, p$) jumlahkan bobot sinyal masukannya,

$$z_in_j = v_{oj} + \sum_{i=0}^n x_i v_{ij} \quad (3.2)$$

v_{oj} = bias pada unit tersembunyi j aplikasikan fungsi aktivasinya untuk menghitung sinyal keluarannya, $z_j = f(z_in_j)$, dan kirimkan sinyal ini keseluruhan unit pada lapisan di atasnya (unit keluaran)

Langkah 3 : Tiap unit keluaran (y_k , $k = 1, \dots, m$) jumlahkan bobot sinyal masukannya,

$$y_in_k = w_{ok} + \sum_{j=0}^n z_j w_{jk} \quad (3.3)$$

w_{ok} = bias pada unit keluaran k dan aplikasikan fungsi aktivasinya untuk menghitung sinyal keluarannya, $y_k = f(y_in_k)$.

Perambatan Mundur:

Langkah 4 : Tiap unit keluaran (y_k , $k = 1, \dots, m$) menerima pola target yang saling berhubungan pada masukan pola pelatihan, hitung kesalahan informasinya,

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \quad (3.4)$$

hitung koreksi bobotnya (nantinya digunakan untuk memperbaharui w_{jk}),

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (3.5)$$

hitung koreksi biasnya (digunakan untuk memperbaharui w_{ok} nantinya), dan kirimkan δ_k ke unit-unit pada lapisan dibawahnya,

Langkah 5 : Setiap unit tersembunyi (z_j , $j = 1, \dots, p$) jumlahkan hasil perubahan masukannya (dari unit-unit lapisan di atasnya),

$$\delta_{tn_j} = \sum_{i=0}^n \delta_k w_{jk} \quad (3.6)$$

kalikan dengan turunan fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi kesalahannya,

$$\delta_j = \delta_{tn_j} f'(z_{tn_j}) \quad (3.7)$$

hitung koreksi bobotnya (nantinya digunakan untuk memperbaharui v_{oj}),

Langkah 6 : Tiap unit keluaran (y_k , $k = 1, \dots, m$) update bias dan bobotnya ($j = 0, \dots, p$):

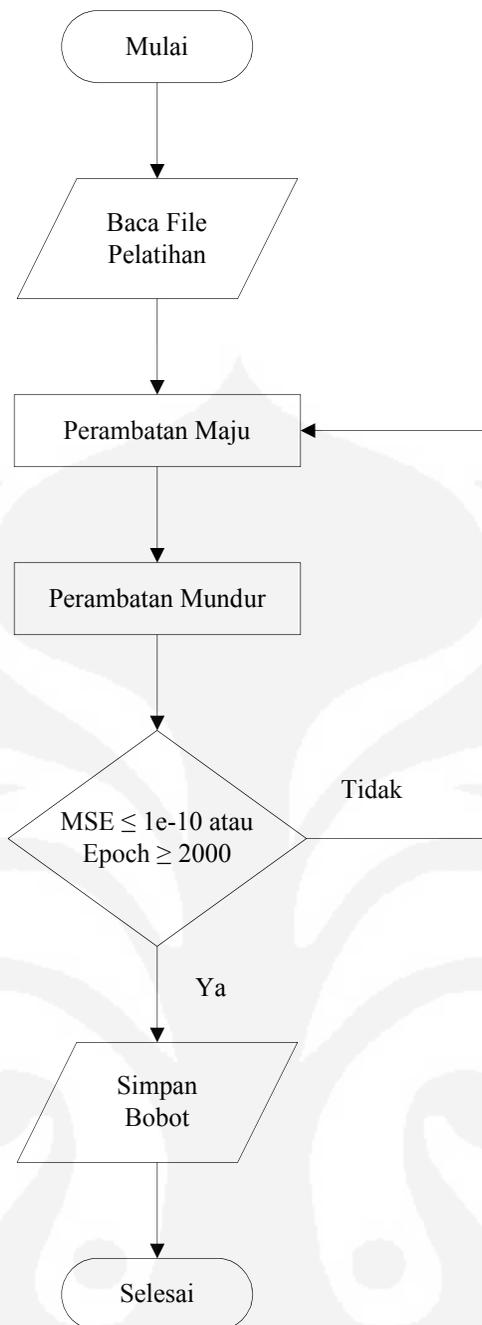
$$w_{jk} (\text{baru}) = w_{jk} (\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (3.8)$$

Tiap unit lapisan tersembunyi (z_j , $j = 1, \dots, p$) update bias dan bobotnya ($i = 0, \dots, n$):

$$V_{ij} (\text{baru}) = v_{ij} (\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (3.9)$$

Langkah 7 : Test kondisi berhenti.

Untuk menentukan kondisi berhenti terdapat dua cara yang biasa dipakai, yaitu membatasi jumlah iterasi yang ingin dilakukan atau membatasi nilai errornya. Dalam program simulasi ini jumlah iterasi dibatasi sampai 2000 sedangkan nilai error (*Mean Square Error*) dibatasi sampai $1e-10$ seperti yang ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 3.7. Semakin kecil nilai MSE, maka semakin kecil pula



Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Pelatihan JST

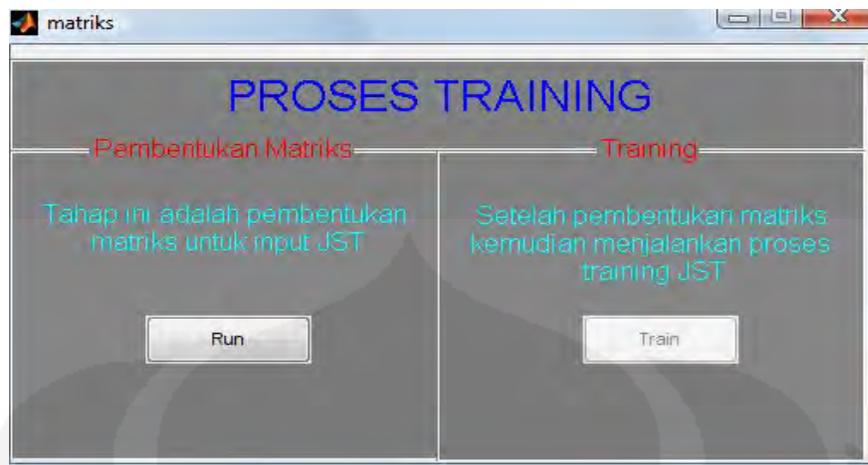
kesalahan jaringan dalam mengenali jenis kelainan yang akan dideteksi. Nilai akhir seluruh bobot dan biasnya ditampilkan oleh perintah berikut:

```

BobotAkhir_Input = net.IW{1,1}
BobotAkhir_Bias_Input = net.b{1,1}
BobotAkhir_Lapisan = net.LW{2,1}
BobotAkhir_Bias_Lapisan = net.b{2,1}
  
```

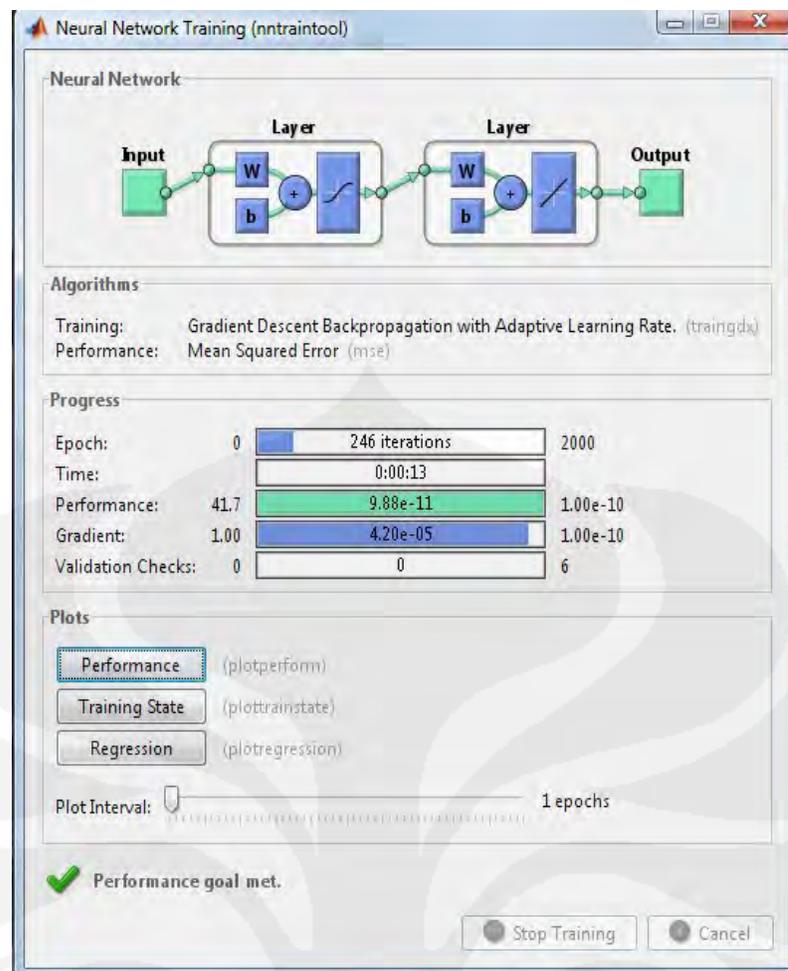
Universitas Indonesia

Tampilan program untuk melakukan proses training JST ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Tampilan Program Proses Training JST

Tampilan jaringan syaraf tiruan ketika melakukan proses pelatihan ditunjukkan oleh Gambar 3.9. Pada gambar tersebut terlihat proses training terhenti ketika performansi goal (MSE) telah menuju target yang diinginkan yaitu pada nilai $9.88e-11$. Pada proses ini terjadi 246 iterasi dan waktu pelatihannya selama 13 detik. Pemilihan secara acak nilai bobot dan biasanya akan menghasilkan performansi yang berbeda yaitu nilai MSE dan iterasinya akan sedikit berbeda.

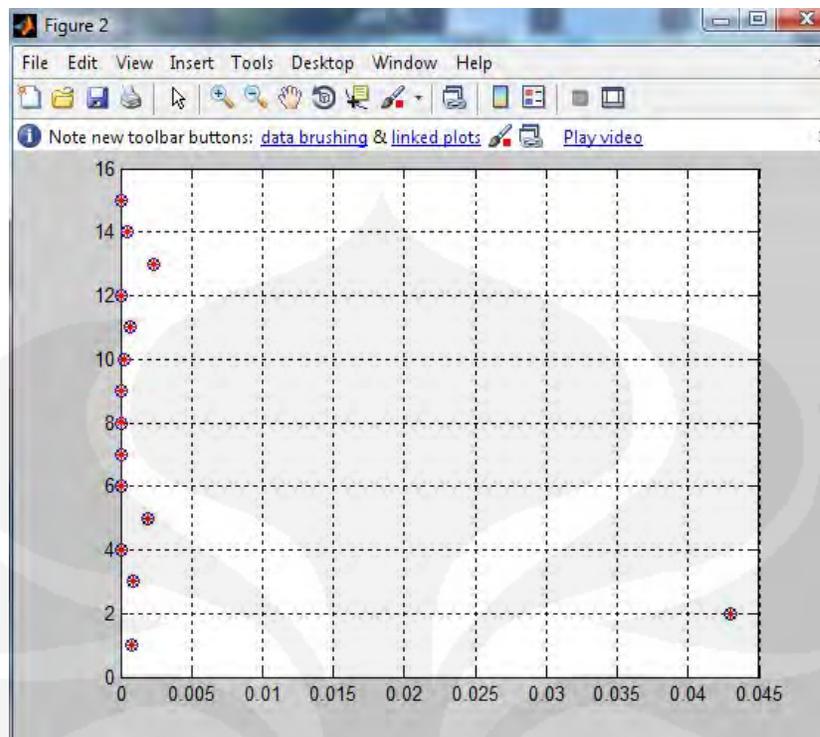


Gambar 3.9 Tampilan Proses Pelatihan JST

Pada Gambar 3.10 terlihat plot hasil pelatihan jaringan. Titik - titik merah menunjukkan nilai input matriks baris ke-2 (dari 15 sampel yang akan dijadikan sebagai database) yang akan dilatih sedangkan lingkaran biru menunjukkan nilai target yang diinginkan. Matriks inputnya yaitu matriks berdimensi 1000x15, namun yang di plot pada gambar tersebut hanya baris ke-2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa proses pelatihan telah menjadikan nilai masukan menuju target yang diinginkan. Dengan demikian jaringan telah menyimpan pola spektrum sampel-sampel tersebut sebagai database jaringan yang akan di ujicoba.

Pengujian selanjutnya berdasarkan pada nilai bobot - bobot sampel yang telah tersimpan pada database. Sehingga ketika sampel baru akan diuji tidak perlu lagi melakukan proses pelatihan. Nantinya nilai - nilai sampel baru yang diuji akan

dikalikan dengan bobot yang telah tersimpan dan kemudian hasilnya akan dicocokkan dengan nilai target yang bersesuaian.

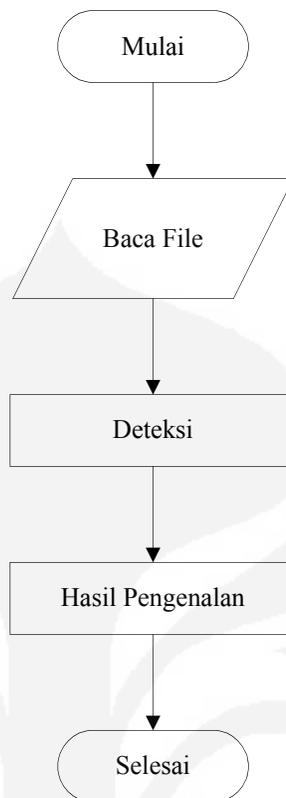


Gambar 3.10 Tampilan Plot Hasil Pelatihan JST

3.3.3 Proses Pengenalan

Setelah JST dilatih dan telah menghasilkan nilai keluaran yang diinginkan maka jaringan siap digunakan untuk mengenali kelainan jantung yang tersimpan pada database. Simulasi JST ini hanya dapat mengenali jenis kelainan jantung yang telah tersimpan dalam databasenya, yaitu *mitral regurgitasi*, *aortic stenosis*, dan *mitral valve prolapse* karena pola spektrum kelainan tersebut telah tersimpan dalam database jaringan ini yang dinyatakan sebagai nilai bobot - bobotnya. Seperti yang telah dijelaskan pada klasifikasi jantung *abnormal / murmur* bahwa terdapat berbagai jenis kelainan jantung. Namun pada penelitian ini hanya memfokuskan pengenalan untuk 3 jenis kelainan jantung saja, yaitu *mitral regurgitasi*, *aortic stenosis* dan *mitral valve prolapse*. Sehingga apabila masukan yang diberikan pada jaringan merupakan jenis kelainan diluar dari database yang ada maka kelainan tersebut tidak dapat dideteksi oleh jaringan dan kelainannya dikenali sebagai *unknown*. Diagram

alir proses pengenalan ditunjukkan pada Gambar 3.11, sedangkan tampilan program pengenalan ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.11 Diagram Alir Proses Pengenalan



Gambar 3.12 Tampilan Program Pengenalan Kelainan

Berikut ini adalah algoritma yang digunakan dalam proses klasifikasi pengenalan tersebut :

```

if output >= 1 && output <= 5
    Disease = 'Mitral Regurgitasi'
  
```

Universitas Indonesia

```

    set(h.diseaseName, 'String', 'Mitral Regurgitasi');
elseif output>=6 && output<=10
    Disease = 'Aortic Stenosis'
    set(h.diseaseName, 'String', 'Aortic Stenosis');
elseif output>=11 && output<=15
    Disease = 'Mitral Valve Prolapse'
    set(h.diseaseName, 'String', 'Mitral Valve Prolapse');
else
    Disease = 'unknown'
    set(h.diseaseName, 'String', 'Unknown disease');

```

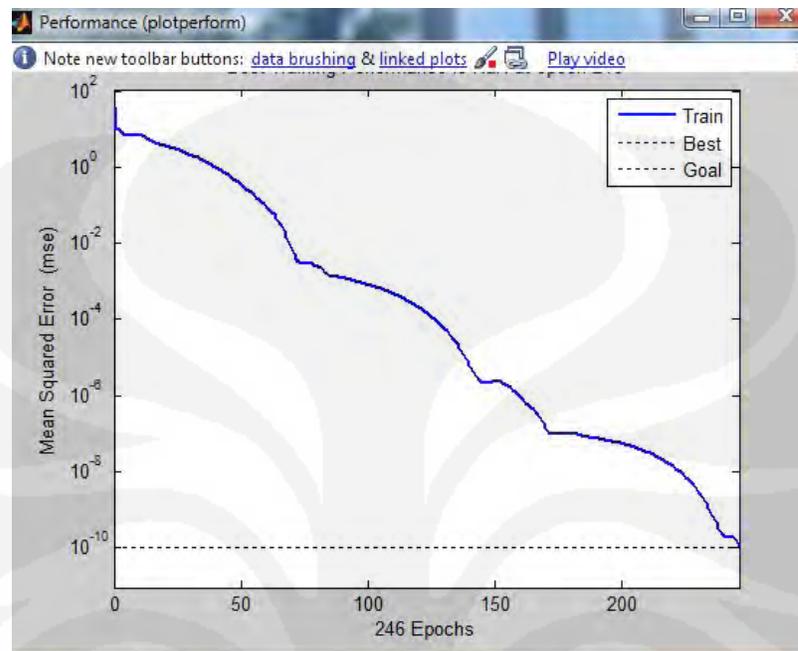
3.3.4 Metode Optimasi

Pada simulasi ini menggunakan metode *gradient descent* dengan konstanta momentum dan laju belajar *adaptive* (*traingdx*) yang terdapat pada Neural Network Toolbox MATLAB. Fungsi *traingdx* merupakan fungsi pelatihan jaringan yang mengupdate nilai bobot dan bias berdasarkan konstanta momentum penurunan gradien dan laju belajar *adaptive*. Metode ini menggunakan perintah *traingdx* untuk proses pelatihannya. Pemilihan metode ini karena merupakan metode pelatihan cepat (*faster training*) yang terdapat dalam Neural Network Toolbox. Dengan menggunakan fungsi *traingdx* waktu pelatihan yang diperlukan hanya sekitar 15 detik. Terdapat beberapa parameter yang tergabung dengan *traingdx* yaitu: *epochs*, *show*, *goal*, *lr*, *lr_inc*, *lr_dec*, *max_perf_inc* dan *mc*. Inisialisasi konstanta laju belajar (*learning rate*) harus mengikuti ketentuan. Jika laju belajar terlalu besar maka jaringan menjadi tidak stabil, sedangkan jika nilai laju belajar terlalu kecil maka jaringan akan membutuhkan waktu yang lama menuju konvergensi.

Dengan metode ini konstanta laju belajar berubah-ubah selama proses pelatihan. Laju belajar *adaptive* akan berusaha mempertahankan proses pembelajaran secepat mungkin sambil menjaga kestabilannya. Fungsi *traingdx* dapat melatih jaringan selama fungsi bobot, net input dan fungsi alihnya memiliki fungsi turunannya. Propagasi balik digunakan untuk menghitung turunan fungsi performansinya. Setiap variabel diatur berdasarkan momentum penurunan gradien yang dirumuskan sebagai berikut:

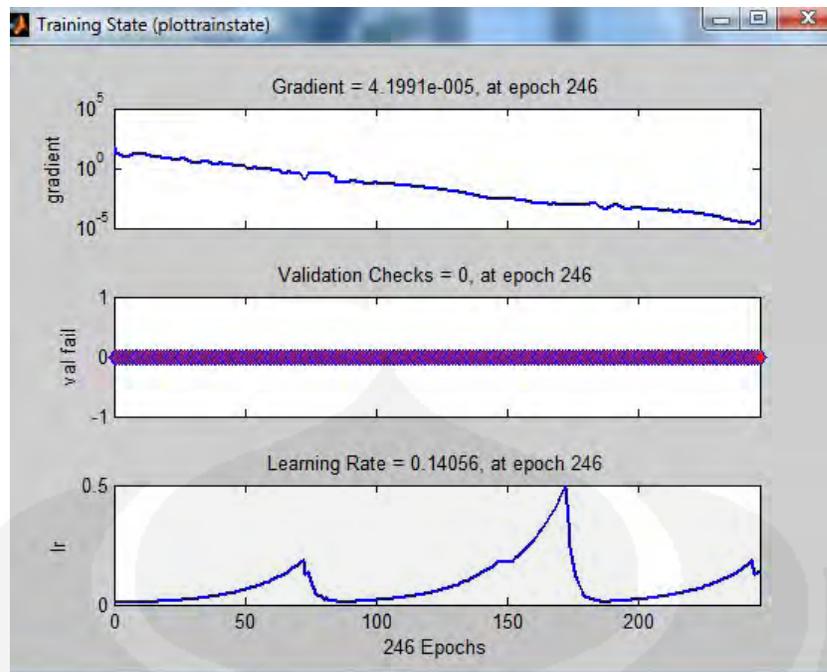
$$dX(\text{baru}) = mc \cdot dX(\text{lama}) + lr \cdot mc \frac{dperf}{dX} \quad (3.8)$$

Pada setiap epoch, jika laju pembelajaran menuju target menurun, maka laju belajar dinaikkan oleh faktor lr_inc . Jika performansi meningkat lebih dari nilai max_perf_inc , maka learning rate diturunkan oleh faktor lr_dec . Pada Gambar 3.13 ditampilkan plot hasil pelatihan jaringan.



Gambar 3.13 Tampilan Plot Performansi MSE

Pada plot performansi tersebut terlihat bahwa kurva (garis biru) menuju nilai goal yaitu $1e-10$ terjadi pada iterasi ke-246, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada Gambar 3.14 ditampilkan plot dari gradient perbaikan bobot. Pada gambar tersebut pada iterasi ke-246 nilai gradien perbaikan bobotnya sebesar $4.1991e-5$. Sedangkan konstanta laju pembelajarannya sebesar 0.14056 pada iterasi ke-246. Pada kedua plot kurva tersebut terlihat bahwa garisnya tidak linear, hal ini dikarenakan pengaruh dari perubahan nilai laju pembelajaran ketika proses pelatihan berlangsung. Adanya parameter lr_inc dan lr_dec juga mempengaruhi kelinearan kurva tersebut.



Gambar 3.14 Tampilan Plot Gradien Perbaikan Bobot

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Prosedur Pengujian

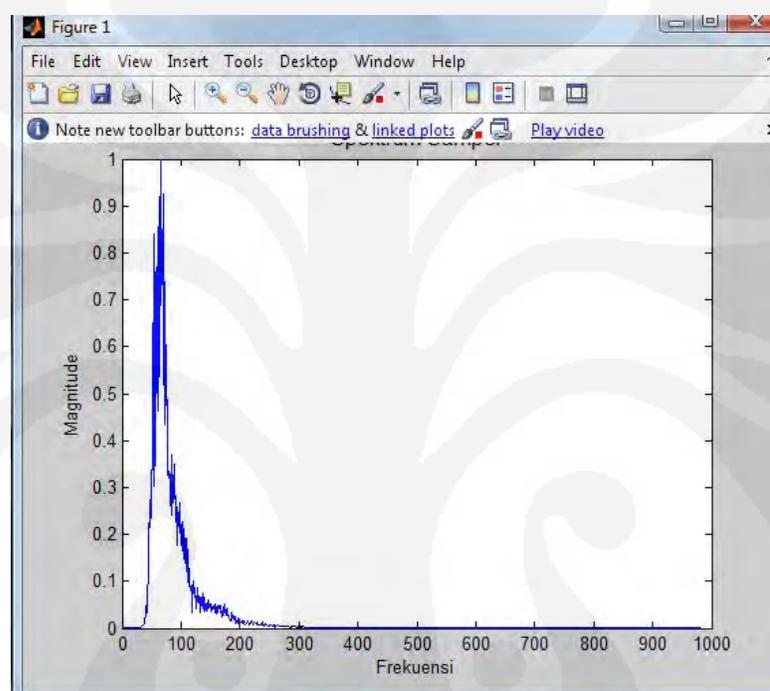
Untuk mengukur tingkat keakuratan jaringan syaraf tiruan yang dibuat maka perlu dilakukan pengujian pengenalan beberapa sampel baru. Sampel baru ini bukan merupakan jenis sampel yang telah dilatihkan ke jaringan. Dengan demikian dapat diketahui seberapa akurat JST ini dalam mengenali jenis kelainan jantung. Setiap jenis kelainan jantung akan diuji dengan 15 sampel baru, sehingga terdapat 45 sampel baru yang akan dikenali. Pengujian dilakukan dengan menjalankan program simulasi pengenalan. Pada program simulasi tersebut user tinggal menekan tombol browse sehingga program akan mengambil nama file yang akan dikenali, kemudian menekan tombol deteksi maka hasil deteksi akan muncul pada bagian nama kelainan.

Dalam hal pengujian simulasi JST ini, nama kelainan yang akan dikenali oleh simulasi ini telah diketahui sebelumnya. Sehingga dapat diketahui apakah program simulasi ini dapat mengenali kelainan jantung tersebut dengan benar atau tidak. Masing-masing jenis kelainan akan diuji dengan 15 sampel baru yang telah diketahui jenis kelainannya. Dengan demikian dapat diukur tingkat akurasi JST yang telah dibuat. Tingkat akurasi dihitung dengan membandingkan jumlah sampel yang dikenali dengan benar terhadap total sampel yang diuji dari masing-masing jenis kelainan.

Pengujian tidak mengikutsertakan sampel yang telah dilatihkan ke JST, hal ini disebabkan akurasi dengan data pelatihan mencapai 100% yang menunjukkan asosiatif masukan dan target telah sempurna. JST dibentuk dengan melakukan pembelajaran berdasarkan contoh (*learning by example*), dimana contoh yang dimaksud adalah sampel yang dilatih ke dalam jaringan. Dengan menguji sampel yang telah dilatih ke JST maka tingkat akurasinya akan mencapai 100% dan sesuai dengan yang diperoleh.

Pada pengujian ini harus dipastikan bahwa jenis kelainan jantung yang akan diuji memiliki pola spektrum yang mirip dengan pola spektrum yang telah tersimpan pada database yaitu pola spektrum kelainan *mitral regurgitasi*, *mitral valve prolapse*,

dan *aortic stenosis*. Sampel yang digunakan sebagai database memiliki pola spektrum yang mirip untuk satu jenis kelainan karena untuk masing-masing jenis kelainan jantung memiliki suara *murmur* yang khas. Dengan pola spektrum yang mirip maka proses konvergensi jaringan menuju matriks target yang diinginkan berlangsung cepat. Apabila pola spektrum sampel baru yang akan diuji memiliki pola yang berbeda dengan database maka kemungkinan hasil pengenalan akan salah atau keluarannya menjadi *unknown*. Untuk lebih jelasnya akan ditampilkan plot spektrum yang telah tersimpan pada database yaitu untuk sampel kelainan *mitral valve prolapse* (Gambar 4.1), *mitral regurgitasi* (Gambar 4.2) dan *aortic stenosis* (Gambar 4.3). Plot spektrum ini merupakan keluaran dari FFT pada pra-proses. Pada plot tersebut terlihat masing-masing jenis kelainan memiliki pola spektrum yang berbeda.

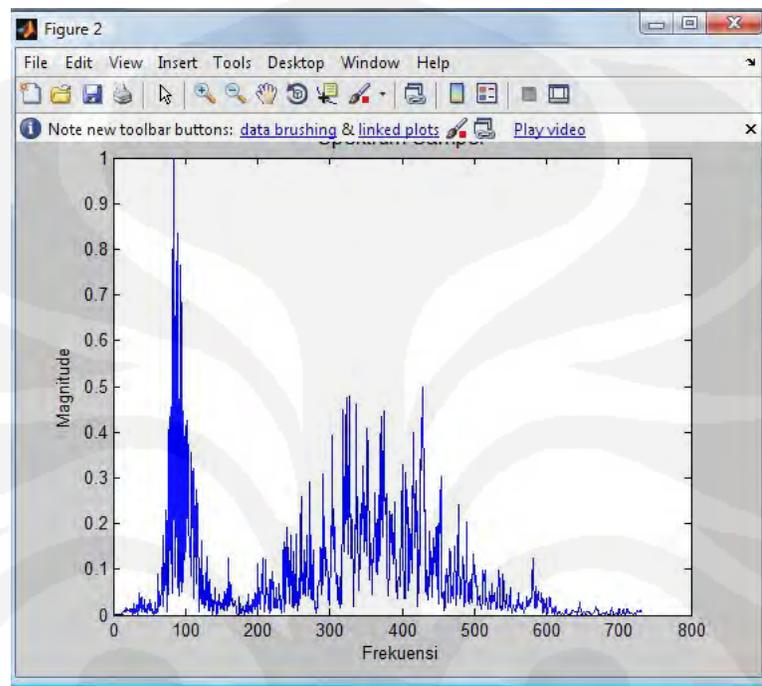


Gambar 4.1 Spektrum Sampel *Mitral Valve Prolapse*

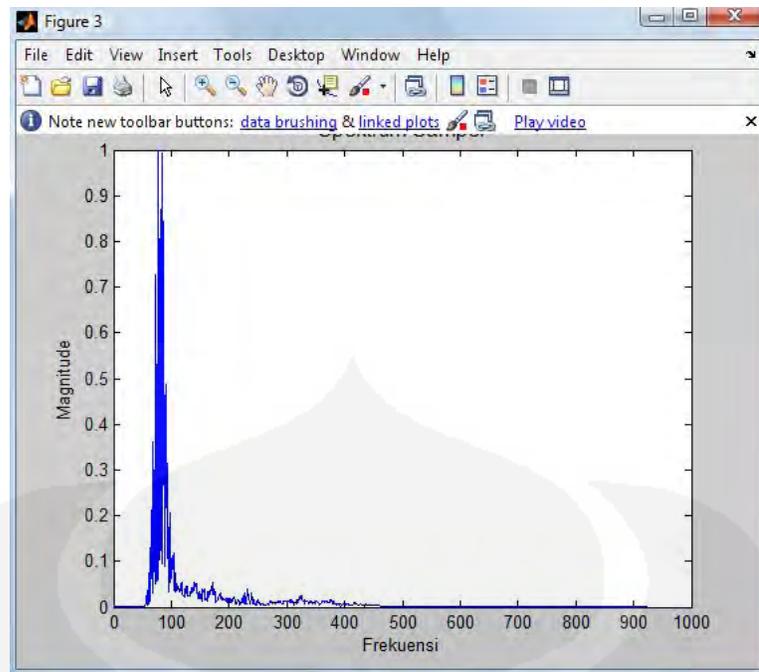
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa spektrum sampel *mitral valve prolapse* memiliki pola yang terletak pada range 0-300 Hz. Nilai maksimum terjadi pada frekuensi disekitar 70 Hz. Namun range frekuensi sampel *mitral valve prolapse* bervariasi hingga mencapai 400 Hz. Pada plot tersebut terlihat bahwa amplitudo maksimumnya bernilai 1. Hal ini merupakan amplitudo hasil proses normalisasi dimana nilai-nilai amplitudonya telah dibagi dengan nilai amplitudo maksimumnya dari masing-masing sampel sehingga range nilainya hanya antara 0 dan 1. Terdapat

Universitas Indonesia

beberapa pola spektrum sampel *mitral valve prolapse* yang mirip dengan pola spektrum sampel *aortic stenosis*. Dan ada juga pola spektrum yang mirip dengan spektrum jantung normal, namun memiliki range frekuensi yang berbeda. Spektrum jantung normal memiliki range antara 0 sampai 100 Hz. Pada spektrum sampel *mitral regurgitasi* (Gambar 4.2) memiliki pola yang bervariasi dengan range sekitar 0 - 700 Hz. Nilai amplitudo maksimum terjadi pada frekuensi sekitar mendekati 100 Hz.



Gambar 4.2 Spektrum Sampel *Mitral Regurgitasi*



Gambar 4.3 Spektrum Sampel *Aortic Stenosis*

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa spektrum *aortic stenosis* polanya berada pada range 0 Hz sampai 400 Hz, sedangkan amplitudo maksimum terjadi pada sekitar frekuensi 100 Hz. Dari ketiga plot spektrum tersebut terlihat bahwa range frekuensinya diatas frekuensi jantung normal yaitu diatas 100 Hz, sehingga ketiga spektrum tersebut merupakan pola spektrum jantung abnormal. Pada spektrum *mitral regurgitasi* terlihat pola spektrum yang menyebar. Hal ini dikarenakan pada jenis kelainan ini jantung pasien berdebar keras (*palpitasi*) karena ventrikel kiri membesar untuk meningkatkan kekuatan denyut jantung.

4.2 Hasil Pengujian

Pada pengujian ini akan digunakan sebanyak 30 sampel baru, yaitu 15 sampel untuk kelainan *mitral valve prolapse*, 15 sampel *mitral regurgitasi* dan 15 sampel *aortic stenosis*. Hasil pengujian untuk masing-masing jenis kelainan ditunjukkan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pengenalan Kelainan *Mitral Valve Prolapse*

No.	Nama File	Hasil Pengenalan	Koreksi
1	MVP1	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar

Universitas Indonesia

2	MVP2	<i>Aortic Stenosis</i>	Salah
3	MVP3	<i>Aortic Stenosis</i>	Salah
4	MVP4	<i>Aortic Stenosis</i>	Salah
5	MVP5	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
6	MVP6	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
7	MVP7	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
8	MVP8	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
9	MVP9	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
10	MVP10	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
11	MVP11	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
12	MVP12	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
13	MVP13	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
14	MVP14	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
15	MVP15	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Benar
Akurasi (%)			80 %

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengenalan Kelainan *Aortic Stenosis*

No.	Nama File	Hasil Pengenalan	Koreksi
1	AS1	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
2	AS2	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Salah
3	AS3	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar

4	AS4	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
5	AS5	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
6	AS6	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
7	AS7	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
8	AS8	<i>Mitral Valve Prolapse</i>	Salah
9	AS9	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
10	AS10	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
11	AS11	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
12	AS12	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
13	AS13	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
14	AS14	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
15	AS15	<i>Aortic Stenosis</i>	Benar
Akurasi (%)			86,67 %

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pengenalan Kelainan *Mitral Regurgitasi*

No.	Nama File	Hasil Pengenalan	Koreksi
1	MR1	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
2	MR2	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
3	MR3	<i>Unknown</i>	Salah
4	MR4	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
5	MR5	<i>Aortic Stenosis</i>	Salah

6	MR6	<i>Aortic Stenosis</i>	Salah
7	MR7	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
8	MR8	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
9	MR9	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
10	MR10	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
11	MR11	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
12	MR12	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
13	MR13	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
14	MR14	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
15	MR15	<i>Mitral Regurgitasi</i>	Benar
Akurasi (%)			80 %

4.3 Analisis Hasil Pengujian

Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa simulasi program mengenali sebanyak 12 sampel kelainan *Mitral Valve Prolapse* dengan benar, sedangkan 3 sampel kelainan salah dikenali. Berdasarkan pada spektrum sampel *Mitral Valve Prolapse* yang telah dijelaskan sebelumnya, ini disebabkan karena spektrum pada sampel MVP2, MVP3 dan MVP4 berbeda pada pola spektrum-spektrum yang terdapat pada database. Sehingga jaringan tidak dapat mengenalinya sebagai *Mitral Valve Prolapse*, melainkan sebagai *Aortic Stenosis* karena spektrum tersebut menyerupai *Aortic Stenosis*. Dari pengujian tersebut akurasi yang diperoleh sebesar 80 %.

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa simulasi program mengenali sebanyak 13 sampel kelainan *Aortic Stenosis* dengan benar, sedangkan 2 sampel kelainan salah dikenali. Seperti masalah kelainan pada *Mitral Valve Prolapse*, berdasarkan pada spektrum sampel *Aortic Stenosis* yang telah dijelaskan sebelumnya, ini disebabkan karena spektrum pada sampel AS2 dan AS8 berbeda pada pola spektrum-spektrum

yang terdapat pada database. Sehingga jaringan tidak dapat mengenalinya sebagai *Aortic Stenosis*, melainkan sebagai *Mitral Valve Prolapse* karena spektrum tersebut menyerupai *Mitral Valve Prolapse*. Dari pengujian tersebut akurasi yang diperoleh sebesar 86,67 %.

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa simulasi program mengenali sebanyak 12 sampel kelainan *Mitral Regurgitasi* dengan benar, sedangkan 3 sampel kelainan salah dikenali. Seperti masalah yang timbul pada kelainan *Aortic Stenosis* dan *Mitral Valve Prolapse*, berdasarkan pada spektrum sampel *Mitral Regurgitasi* yang telah dijelaskan sebelumnya, ini disebabkan spektrum pada sampel MR5 dan MR6 berbeda pada pola spektrum-spektrum yang terdapat pada database. Sehingga jaringan tidak dapat mengenalinya sebagai *Mitral Regurgitasi*, melainkan sebagai *Aortic Stenosis* karena spektrum tersebut menyerupai *Aortic Stenosis*. Catatan khusus untuk sampel MR3 hasilnya tidak dapat dikenali atau *Unknown*, ini disebabkan spektrum tersebut tidak terdapat pada database, baik itu sebagai *Mitral Valve Prolapse*, *Aortic Stenosis* maupun *Mitral Regurgitasi*. Dari pengujian tersebut akurasi yang diperoleh sebesar 80 %.

Dari hasil ketiga pengujian kelainan jantung tersebut diperoleh akurasi rata-rata sebesar 82,22 %. Nilai akurasi ini agak kurang sesuai dari perencanaan pendeteksi kelainan jantung menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan yang menginginkan akurasi sebesar 100 %. Seperti yang telah dibahas sebelumnya terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi hasil deteksi tersebut, diantaranya yaitu : pola spektrum, ukuran matriks sampel.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak jumlah pemotongan sampel data akurasi pengenalannya akan semakin baik karena sinyal yang dibentuk sesuai dengan sinyal aslinya.
2. Semakin banyak spektrum dan besarnya ukuran matriks sampel hasil yang didapatkan akan semakin akurat.
3. Metode Jaringan Syaraf Tiruan pada pendeteksi kelainan pada jantung yang digunakan berjalan dengan sangat baik dengan akurasi rata-rata mencapai 82,22 % dari ketiga jenis kelainan yang dideteksi.

DAFTAR ACUAN

- [1] Eli Yani. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. MateriKuliah.Com, 2005
- [2] Kiki, Sri Kusumadewi. *Analisis Jaringan Saraf Tiruan dengan Metode Backpropagation Untuk Mendeteksi Gangguan Psikologi*. Laboratorium Komputasi & Sistem Cerdas, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
- [3] <http://jantung.klikdokter.com/subpage.php?id=1&sub=67>
- [4] http://medicastore.com/penyakit/111/Regurgitasi_Katup_Mitral.html
- [5] http://medicastore.com/penyakit/114/Regurgitasi_Katup_AortaInkompetensi_a_Aorta_Insuffisiensi_Aorta_Aortic_Regurgitation.html
- [6] http://medicastore.com/penyakit/115/Stenosis_Katup_Aorta_Aortic_Stenosis.html
- [7] http://medicastore.com/penyakit/113/Stenosis_Katup_Mitral.html
- [8] <http://dr-zapra.blogspot.com/2007/12/murmur-jantung-yang-disebabkan-oleh.html>
- [9] Yul Antonisfia, Romi Wiryadinata. *Ekstraksi Ciri Pada Isyarat Suara Jantung Menggunakan Power Spectral Density Berbasis Metode Welch*. Media Informatika, Vol. 6, No. 1, Juni 2008, 71-84 ISSN: 0854-4743
- [10] <http://wapedia.mobi/id/Jantung?t=3>