

Deteksi Sinyal ECG Irama *Myocardial Ischemia* dengan Jaringan Saraf

Tiruan

Muchammad Taufiq Bachrowi¹, Welina Ratnayanti Kawitana², Endah Purwanti³
^{1,2,3} Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Email : taufiq.fallcon@gmail.com

Abstract

Has been conducted a research with the title of Detection of ECG Signal Myocardial Ischemia Rhythm with Neural Networks. The goal to design the software detect myocardial ischemia disease by analyzing graph of potential ECG signal so that will assist in the work of medical experts (doctors) in diagnosing myocardial ischemia disease patients and expected ANN method can obtain a more accurate diagnosis. In the design software of the ECG signal myocardial ischemia detection are steps of the process such as data preparation process, the ECG signal image processing, process of training the neural network model (ANN) backpropagation, process of testing backpropagation artificial neural network models and the final classification process which determines the detection of myocardial ischemia from ECG signal graphs. In this study optimal ANN parameter detection of myocardial ischemia ECG signal is to use a total of 11 hidden layer in which training data recognition accuracy reaches of 100% and MSE approaches a constant value. Backpropagation neural network is able to detect normal heart conditions, ischemia, and abnormal variation by image analysis of ECG signals with test data recognition accuracy of 89%.

Keywords : Artificial neural networks, backpropagation, myocardial ischemia, image processing

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dengan judul “Deteksi Sinyal ECG Irama Myocardial Ischemia Dengan Jaringan Saraf Tiruan” tujuan penelitian ini merancang perangkat lunak untuk mendeteksi penyakit myocardial ischemia dengan menganalisa grafik potensial sinyal ECG sehingga nantinya membantu kerja pakar medis (dokter) dalam pendiagnosaan pasien penyakit myocardial ischemia serta diharapkan dengan metode JST bisa mendapatkan hasil diagnosa yang lebih akurat. Pada perancangan perangkat lunak deteksi sinyal ECG Myocardial Ischemia terdapat tahapan-tahapan proses antara lain proses persiapan data, proses pengolahan citra sinyal ECG, proses pelatihan pada model jaringan saraf tiruan (JST) backpropagation, proses testing model jaringan saraf tiruan backpropagation dan yang terakhir proses klasifikasi dimana menentukan hasil diagnosa dari grafik sinyal ECG. Pada penelitian ini parameter JST optimal deteksi sinyal ECG Myocardial Ischemia adalah dengan menggunakan hidden layer berjumlah 11 dimana nilai akurasi pelatihan mencapai 100% dan MSE mendekati nilai konstan. Jaringan syaraf tiruan backpropagation mampu mendeteksi kondisi jantung normal, ischemia dan abnormal variasi melalui analisis citra sinyal ECG dengan akurasi pengenalan data uji sebesar 89%.

Kata kunci : Jaringan syaraf tiruan, backpropagation, myocardial ischemia, pengolahan citra

Pendahuluan

Penyakit jantung adalah penyakit yang mengganggu sistem pembuluh darah atau lebih tepatnya menyerang jantung dan urat-urat darah, beberapa contoh penyakit jantung seperti penyakit jantung koroner, serangan jantung, tekanan darah tinggi, *stroke*, sakit di dada (*angina*) dan penyakit jantung rematik. Penelitian WHO pada tahun 2002 terdapat 12,6 persen kematian di dunia diakibatkan *myocardial ischemia diseases* (penyakit jantung iskemia). Bahkan di Amerika didapatkan data setiap 65 detik terjadi kematian karena penyakit jantung (Exarchos *et al*, 2007).

Myocardial ischemia didefinisikan sebagai berkurangnya suplai darah ke otot jantung. Penyebab penyakit *myocardial ischemia* sering kali diakibatkan karena *aterosklerosis* (penyumbatan akut arteri koronaria). Jika dibiarkan, akan memacu terjadinya *myocardial infarction* (serangan jantung) dimana suplai darah ke otot jantung betul-betul terhambat yang dapat berakibat pada kematian. Aktivitas jantung menghasilkan sinyal listrik pada bagian- bagian jantung. Aliran sinyal listrik ini akan mengalir ke seluruh tubuh dan permukaan kulit. Aliran sinyal listrik yang ada di permukaan kulit dapat dibaca potensialnya dengan elektroda. Bentuk gelombang *electrocardiograph* (ECG) yang terbaca menentukan normal atau tidaknya jantung. Pada umumnya instrumen ECG hanya menampilkan grafik potensial sinyal jantung pada layar monitor, kemudian dicetak dalam bentuk gelombang PQRST pada kertas milimeter. Setiap ketidaknormalan pada jantung dapat diamati dari adanya perubahan grafik PQRST pada sinyal ECG *myocardial ischemia* akan menyebabkan penyimpangan (depresi) segmen ST dan atau perubahan pada gelombang T. Dengan mengamati perubahan inilah maka *myocardial ischemia* dapat dideteksi (Papaloukas *et al*, 2002).

Penelitian Azhar (2009) menggunakan pendekatan *fuzzy logic* dalam mengidentifikasi kelainan jantung *myocardial ischemia*. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa setelah pengujian terhadap 20 data sinyal ECG, sistem identifikasi penyakit jantung *myocardial ischemia* memiliki tingkat keakuratan 90%. Dalam penelitian tersebut menggunakan parameter

amplitudo segmen ST, gelombang T, umur pasien sebagai data input untuk pengidentifikasian penyakit jantung *myocardial ischemia*.

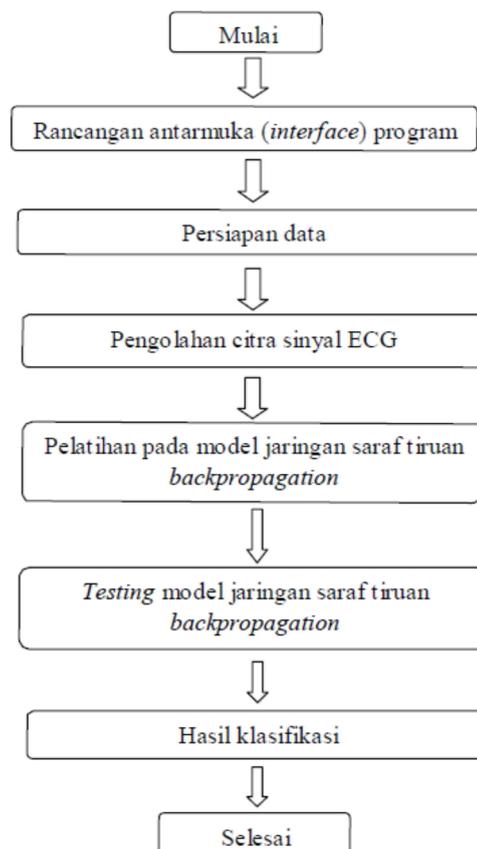
Febrianty (2007) menggunakan pendekatan jaringan saraf tiruan untuk mendeteksi penyakit jantung koroner dengan metode *resilient propagation*. Dalam penelitian Febrianty (2007) masukan yang digunakan merupakan data grafik hasil pemeriksaan ECG yang diubah ke dalam format citra digital. Data citra grafik sinyal ECG berupa citra *RGB true color* yang mana di-*crop* menjadi 12 sandapan. Hasil keluaran dari sistem tersebut adalah jenis pola ECG jantung koroner (*infark miokard*) berdasarkan sandapan yang jadi masukan pada model yang terdiri dari Q patologis, ST depresi, ST elevasi, QSTE, T *inverted* atau normal. Berdasarkan hasil pengujian, *delt_inc*, *delt_dec*, *delta0*, *deltamax*, *jumlah hidden layer*, dan *jumlah hidden neuron* yang menghasilkan akurasi tertinggi dalam arsitektur jaringan saraf tiruan *resilient propagation* yakni nilai *delt_inc* adalah 1.2, nilai *delt_dec* adalah 0.5, nilai *delta0* adalah 0.07, nilai *deltamax* adalah 50, *hidden layer 2 layer* (sebanyak 30 neuron pada masing-masing *layer*), sistem memiliki akurasi pengenalan data latih sebesar 100% sedangkan akurasi pengenalan data uji sebesar 84,21%.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan perangkat lunak dengan menggunakan *artificial neural networks* (jaringan saraf tiruan) *backpropagation* untuk mendeteksi penyakit *myocardial ischemia* dari citra sinyal ECG. Kelebihan JST *backpropagation* terletak pada kemampuan belajar yang dimilikinya sehingga dengan kemampuan tersebut pengguna tidak perlu merumuskan kaidah atau fungsinya. JST akan belajar mencari sendiri kaidah atau fungsi tersebut (Yani, 2005). Dengan demikian JST mampu mengenali pola kelainan *myocardial ischemia* pada citra sinyal ECG. Pada penelitian ini diawali dengan mendapatkan data grafik hasil pemeriksaan ECG yang diubah ke dalam format citra digital, pengambilan data sinyal ECG dilakukan pada *lead III*. Kemudian dilakukan pengolahan citra sinyal ECG yakni proses *grayscale*, koreksi gamma, segmentasi, morfologi citra dan prose ekstraksi *fitur* (Febrianty, 2007).

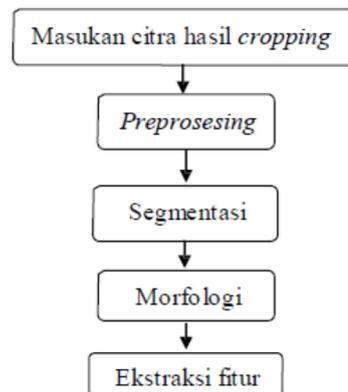
Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini akan dilaksanakan dalam beberapa tahap pelaksanaan. Adapun tahapan-tahapan tersebut disajikan pada Gambar 1. Pertama melakukan perancangan antarmuka (*interface*) program kemudian persiapan data yakni melakukan pemotongan citra digital sinyal ECG pada lead III. Penggunaan lead III dikarenakan menurut referensi dari dokter kelainan *myocardial ischemia* muncul pada lead III, sedangkan lebar dari lead III sebesar 157 pixel. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan ukuran citra dengan lebar 157 pixel dan tinggi sesuai dengan puncak gelombang Q pada sinyal ECG. Data citra terdiri dari 2 macam data yakni *training* data dan *testing* data, masing-masing data terdiri dari data jantung normal, *ischemia* dan abnormal variasi jantung.

Selanjutnya, proses pengolahan citra ECG dilakukan untuk memperoleh *fitur* citra. Langkah-langkah pengolahan citra disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian



Gambar 2. Diagram alir pengolahan citra

Secara detail diagram alir pengolahan citra diatas dari mulai dari *preprocessing* data sampai ekstraksi fitur (*input JST*), dijelaskan sebagai berikut:

a) Proses *Grayscale*

Proses ini mengubah citra grafik sinyal ECG berwarna menjadi citra *gray* (hitam- putih) yaitu dengan cara menghitung rata-rata nilai RGB (*red, green, blue*) dari setiap nilai *pixel* citra sinyal ECG berwarna sehingga didapatkan satu nilai pada setiap *pixel* (Putra, 2010).

b) Koreksi Gamma (*Gamma Corection*)

Untuk meningkatkan kecerahan (*brightness*) citra grafik sinyal ECG hasil proses *graysacle* dilakukan proses *gamma correction* (Putra, 2010).

c) Proses Segmentasi

Proses segmentasi membagi tampilan wilayah (*region*) objek dengan wilayah latar belakang menjadi beda dimana wilayah (*region*) objek berwarna putih, sedangkan latar atau *background* warna hitam (Putra, 2010).

d) Proses Dilasi

Proses ini memperbaiki hasil citra biner dari proses segmentasi yakni dengan “penumbuhan” atau “penebalan” dalam citra biner tersebut (Prasetyo, 2011), dimana pada proses ini menggunakan *strel* jenis *square* (bujur sangkar).

e) Proses Erosi

Proses ini mengecilkan atau menipiskan obyek citra biner hasil proses dilasi, berbeda dengan dilasi yang melakukan

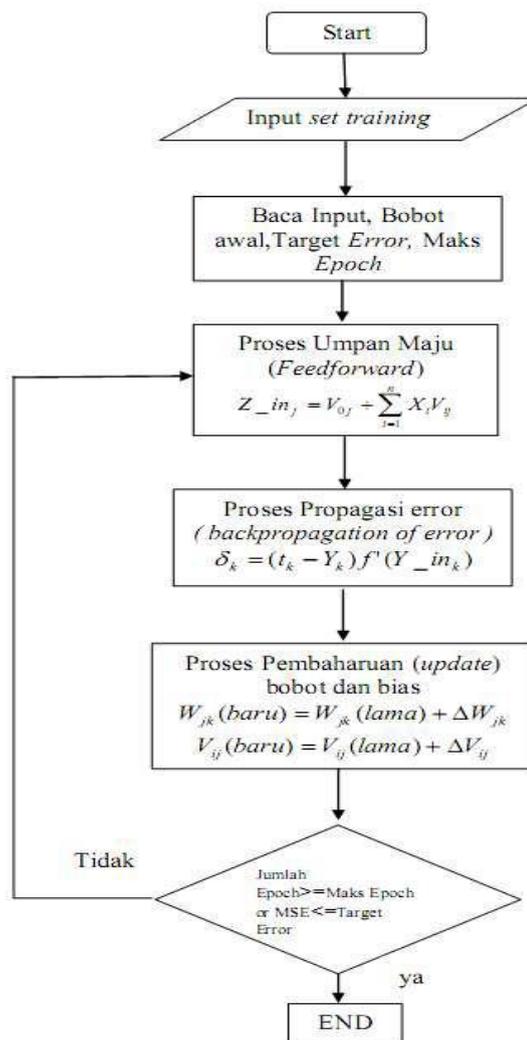
penumbuhan/penebalan. Proses erosi dapat dianggap sebagai operasi *morphological filtering* dimana detail citra yang lebih kecil dari *strel* akan di-*filter* (dihilangkan) dari citra (Prasetyo, 2011).

f) Ekstraksi fitur

Proses ekstraksi fitur merupakan proses untuk mendapatkan ordinat grafik potensial sinyal ECG yang akan menjadi masukan dalam JST.

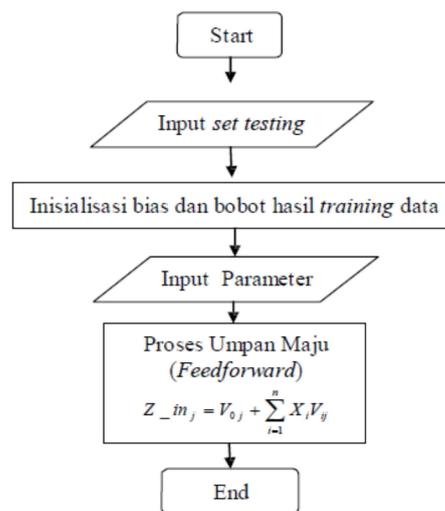
Perancangan Software

Dalam pelatihan pada model jaringan saraf tiruan *backpropagation*, dilakukan pembelajaran pola dari 66 database sinyal ECG pada *software* jaringan saraf tiruan *backpropagation*, *flowchart* proses *training* data disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* Algoritma *training* data

Proses yang kedua adalah proses *testing* data yakni proses pengujian data sinyal ECG yang mana membandingkannya dengan nilai target sehingga menghasilkan hasil klasifikasi *software* jaringan saraf tiruan *backpropagation* nantinya, *flowchart* proses *testing* data ditunjukkan pada Gambar 4.



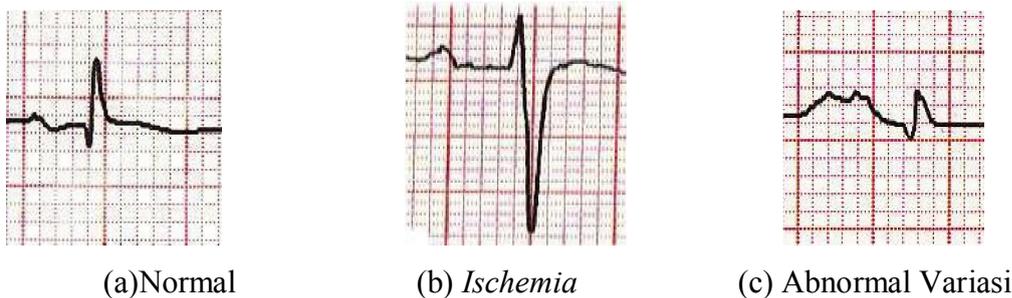
Gambar 4. *Flowchart* Algoritma *testing* data

Hasil Penelitian dan Pembahasan

a. Hasil tampilan jaringan syaraf tiruan

Dalam perancangan tampilan (*interface*) jaringan saraf tiruan, dibuat 3 tampilan (*interface*) *form* yakni *form cover*, *training* dan *testing* program. Tampilan *form cover*, *training* dan *testing* program disajikan pada Gambar 5, 6 dan 7.

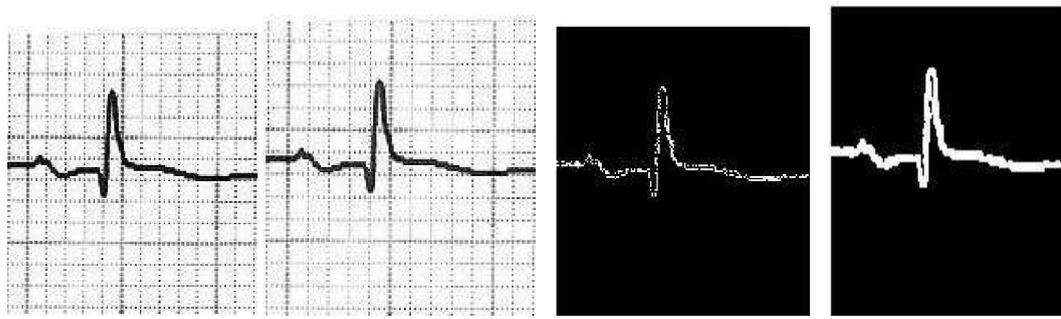
myocardial ischemia muncul pada *lead III*, sedangkan pemotongan citra sinyal ECG pada *lead III* memiliki lebar sebesar 157 *pixel*. Pengambilan nilai 157 *pixel* berdasarkan *visual* dari *lead* yang direferensikan oleh dokter. Banyak data citra sinyal ECG terdiri dari 66 data *training* dan 26 data *testing*, dimana masing-masing data terdiri dari data jantung normal, *ischemia* dan abnormal variasi jantung. Gambar hasil pemotongan citra sinyal ECG untuk normal jantung, *ischemia* dan abnormal variasi jantung disajikan pada Gambar 8



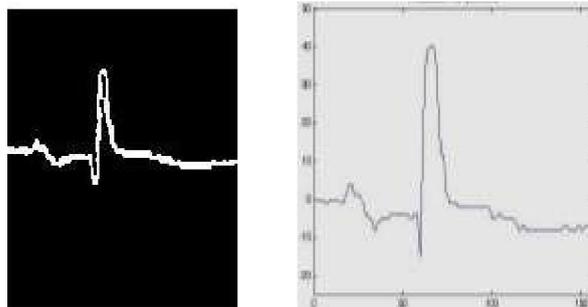
Gambar 8. Hasil pemotongan citra ECG

Setelah persiapan data selesai dilakukan proses pengolahan citra, Tahap pertama adalah proses *grayscale* dimana mengubah citra ECG berwarna menjadi citra abu-abu (*gray*). Tahap kedua adalah proses *gamma correction*. *Gamma correction* sangat penting dalam upaya menampilkan citra secara akurat. Proses selanjutnya adalah proses segmentasi, dimana menentukan nilai *threshold* (T) dengan membuat histogram citra. Kemudian dilakukan proses morfologi citra yakni dilakukan proses dilasi dan proses erosi. Proses dilasi adalah “penumbuhan” atau “penebalan” dalam citra biner. Proses ini merupakan proses perbaikan citra ECG akibat dari proses *threshold*, pengertian penebalan ini dikontrol oleh bentuk *strel* yang digunakan sedangkan proses erosi adalah proses mengecilkan atau menipiskan obyek citra biner, berbeda dengan dilasi yang melakukan penumbuhan/penebalan. Proses erosi dapat dianggap sebagai operasi *morphological filtering* dimana detail citra yang lebih kecil dari *strel* akan difilter (dihilangkan) dari citra. Data citra biner sinyal ECG hasil proses morfologi (proses erosi) akan diolah dalam proses ekstraksi fitur dimana menggunakan ekstraksi fitur bentuk sehingga didapatkan ordinat potensial citra sinyal ECG yang kemudian dijadikan sebagai masukan untuk proses *training* JST.

Setelah didapatkan ordinat potensial grafik sinyal ECG, dibuat visualisasi potensial citra ECG untuk mengetahui hasil dari pengolahan citra sama dengan gambar aslinya. Gambar hasil proses *grayscale*, *gamma correction*, segmentasi, dilasi, erosi dan proses ekstraksi fitur disajikan pada Gambar 9.



(a) Grayscale (b) *Gamma correction* (c) Segmentasi (d) Dilasi



(e) Erosi (f) Visualisasi Proses Ekstraksi Fitur

Gambar 9. Hasil proses pengolahan citra ECG

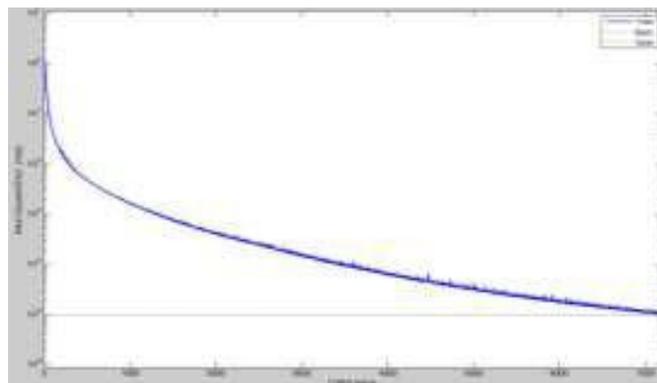
c. Hasil Pelatihan (*Training*) Pada Model Jaringan Saraf Tiruan (*backpropagation*)

Hasil pelatihan (*training*) menggunakan metode *trial* dan *error* dalam pengujian ini. Dimana variabel *hidden layer* selama pelatihan berubah-ubah. Pengaruh jumlah *hidden layer* terhadap lamanya pelatihan, hubungan Jumlah *hidden layer*, *epoch* dan MSE disajikan pada Tabel I.

Tabel I. Hubungan Jumlah *hidden layer*, *epoch* dan MSE.

No.	<i>Hidden Layer</i>	<i>Epoch</i>	MSE	Akurasi (%)
1.	3	11000	0,405	74,2424
2.	6	11000	0,0231	98,4848
3.	9	11000	$3,25 \times 10^{-5}$	100
4.	11	8731	$9,98 \times 10^{-6}$	100
5.	22	904	$9,93 \times 10^{-5}$	100
6.	40	1558	$9,86 \times 10^{-5}$	100
7.	50	1328	$9,97 \times 10^{-6}$	100
8.	60	6328	$9,97 \times 10^{-6}$	100
9.	80	5682	$9,98 \times 10^{-6}$	100
10.	100	3415	$9,91 \times 10^{-6}$	100

Dari tabel diatas pada jumlah *hidden layer* dari 3 sampai 100, berpengaruh pada nilai MSE dimana semakin banyak jumlah *hidden layer* maka nilai MSE semakin mendekati nilai konstan (kovergen). Hasil optimum didapatkan pada *hidden layer* berjumlah 11 dimana nilai keakurasian mencapai 100 % dan MSE mendekati nilai konstan. Hasil *training* dapat dilihat pada grafik MSE terhadap *epoch* disajikan pada Gambar 8.



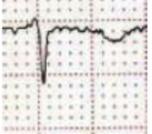
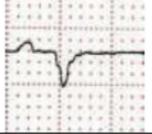
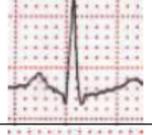
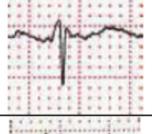
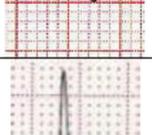
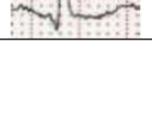
Gambar 8. Grafik MSE terhadap *Epoch* pada *hidden layer* 11

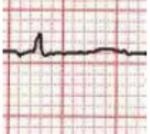
d. Hasil *Testing* Model Jaringan Saraf Tiruan (*Backpropagation*)

Uji validasi yang dilakukan adalah bobot baru hasil dari proses *training* dibuat sebagai masukan (*input*) untuk proses *testing*, kemudian dengan target data *testing* yang telah ditentukan. Data diolah pada jaringan saraf tiruan (JST), *output* menghasilkan diagnosa dari citra ECG tersebut. Hasil deteksi citra ECG oleh jaringan saraf tiruan *backpropagation* dibandingkan dengan identifikasi hasil medis, kemudian dari perbandingan tersebut akan diketahui apakah data tersebut sudah sesuai dengan hasil medis. Hasil *testing* data disajikan pada Tabel II dengan nilai target 1 untuk kondisi *ischemia*, nilai target 0 untuk kondisi normal, dan nilai target -1 untuk kondisi abnormal variasi jantung.

Tabel II. Hasil *software* dibandingkan dengan identifikasi hasil medis

No.	Citra ECG	Kondisi	Target	Hasil Medis	Hasil Software
1		<i>Ischemia</i>	1	<i>Ischemia</i>	Terdeteksi
2		Normal	0	Normal	Terdeteksi
3		<i>Ischemia</i>	1	<i>Ischemia</i>	Gagal
4		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Terdeteksi
5		<i>Ischemia</i>	1	<i>Ischemia</i>	Terdeteksi
6		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Terdeteksi
7		Normal	0	Normal	Terdeteksi
8		Normal	0	Normal	Terdeteksi

9		<i>Ischemia</i>	1	<i>Ischemia</i>	Terdeteksi
10		Normal	0	Normal	Terdeteksi
11		<i>Ischemia</i>	1	<i>Ischemia</i>	Terdeteksi
12		Normal	0	Normal	Terdeteksi
13		<i>Ischemia</i>	1	<i>Ischemia</i>	Terdeteksi
14		Normal	0	Normal	Gagal
15		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Terdeteksi
16		Normal	0	Normal	Terdeteksi
17		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Gagal
18		Normal	0	Normal	Terdeteksi

19		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Terdeteksi
20		Normal	0	Normal	Terdeteksi
21		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Terdeteksi
22		Normal	0	Normal	Terdeteksi
23		Abnormal Variasi	-1	Abnormal Variasi	Terdeteksi

Kesalahan deteksi *software* adalah 3 kali kesalahan dari 26 data yang diuji cobakan terhadap sistem, dengan kata lain tingkat akurasi mencapai 89%.

$$Akurasi = \frac{\Sigma \text{jumlah total data} - \Sigma \text{jumlah data tidak valid}}{\Sigma \text{total jumlah data}} \times 100\%$$

$$akurasi = \frac{26-3}{26} \times 100\%$$

$$akurasi = \frac{23}{26} \times 100\% = 88,461\%$$

Kesimpulan

1. Pada penelitian ini *design* perangkat lunak mampu mendeteksi sinyal ECG *myocardial ischemia* melalui proses pengolahan citra dimulai dari proses *grayscale*, *gamma corection*, *threshold*, dilasi, erosi dan ekstrasi fitur potensial sinyal ECG.
2. Pada penelitian ini kinerja perangkat lunak jaringan saraf tiruan maksimal pada *hidden layer* berjumlah 11 dimana nilai akurasi pelatihan mencapai 100 % serta MSE mendekati nilai konstan (*konvergen*), serta mampu mendeteksi kondisi jantung normal, *ischemia* dan abnormal variasi melalui analisis citra sinyal ECG dengan akurasi pengenalan data uji sebesar 89%.

Daftar Pustaka

- Azhar, A.N, Suyanto. 2009. Studi Identifikasi Sinyal ECG Irama *Myocardial Ischemia* dengan Pendekatan *Fuzzy Logic*. Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Exarchos, T.P, Tsipouras, M.G, Exarchos, C.P, Papaloukas, C., Fotiadis, D.I, Michalis, L.K. 2007. *A Methodology for the Automated Creation of Fuzzy Expert Systems for Ischaemic and Arrhythmic Beat Classification Based on a Set of Rules Obtained by a Decision Tree*. Artificial Intelligent Med. 40 (3).
- Febrianty, Devi, Dewanto, Aradea R.A. 2007. Analisis Jaringan Syaraf Tiruan Rprop Untuk Mengenali Pola Elektrokardiografi Dalam Mendeteksi Penyakit Jantung Koroner. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik. Universitas Siliwangi Tasikmalaya.
- Irianto, K. 2008. Struktur dan Fungsi Tubuh Manusia untuk Paramedis. Yrama Widya, Bandung.
- Nugroho, Muhammad Rifki. 2011. Operasi Morfologi Citra Dengan Matlab. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia Kampus Baru UI, Depok. Jakarta.
- Papaloukas, C, Fotiadis, D.I, Likas, A, Stroumbis, C.S, Michalis, L.K. 2002. *Use of a novel rule-based expert system in the detection of changes in the ST segment and the T wave in long duration ECGs*. Jurnal Electrocardiol 35 (27–34).
- Papaloukas, C, Fotiadis, D.I., Likas, A., Michalis, L.K. 2001. *An Ischemia Detection Method Based on Artificial Neural Networks*.
- Putra, Dharma. 2010. Pengolahan Citra Digital. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Rubenstein, D. 2007. Kedokteran Klinis. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Siang, Jong Jek, Drs, M.Sc, 2009, Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB. Penerbit Andi. Jogjakarta.
- Sloane, Ethel, 2004, Anatomi dan Fisiologi, Penerbit Buku Kedokteran, EGC, Jakarta.

Sutoyo, T, S.Si., M.Kom, Mulyanto, Edi, S.Si., M.Kom, Suhartono, Vincent, Dr., Nurhayati, Oky Dwi, MT, Wijanarto, M.Kom, 2009, Teori pengolahan Citra Digital, Diterbitkan atas kerjasama Penerbit Andi Yogyakarta dengan UDINUS Semarang.

Widodo, Arif. 2005. Sistem Akuisisi ECG Menggunakan USB untuk Deteksi Aritmia. Jurusan Teknik Elektro ITS. Surabaya.

Yani, Eli. 2005. Pengantar Jaringan Saraf Tiruan. Artikel Kuliah. http://trirezqiaariantoro.file.wordpress.com/2007/05/jaringan_saraf_tiruan.pdf (akses 25 Desember 2011).