
DETEKSI POLA SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM IRAMA ISKEMIA MIOKARDIAL MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BERBASIS MATLAB SIMULINK

Yendra Arianto^{*}, Muhammad Hamdi

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: yendra.arianto@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This study aims to design a computer program to detect myocardial ischemic through Electrocardiogram (ECG) signal patterns and their accuracy. Myocardial ischemia is a heart disorder due to narrowing of blood vessels in the heart wall. The method used is a backpropagation Neuron (ANN) based on Simulink Matlab. Input data trained to recognize target ECG signal patterns based on potential and time in the ST segment. The optimal weight from the backpropagation ANN algorithm results used in testing the ECG signal pattern to obtain the ANN output. The outputs analyzed for potential depression or elevation to identify normal heart or myocardial ischemia. The training results show that from several architectures that have been tested, the optimal ANN architecture is 1 hidden layer with 11 hidden units. These results are obtained from the Epoch parameters and the value of MSE as well as the accuracy of each architecture. The learning process of backpropagation ANN requires 8 epochs to achieve performance goals with an MSE of 4.03×10^{-9} . The system can recognize target patterns with training accuracy of 99.82%. The results of testing the ANN program identification system can detect myocardial ischemic heart and normal heart disorders with an accuracy of 86.7%. Some data does not detected because ANN output does not meet normal cardiac criteria or myocardial ischemia on ECG signals. Based on the accuracy of the ANN program identification system, the detection of myocardial ischemic rhythm ECG signal patterns using artificial neural networks can be said to work well.

Keywords: Myocardial ischemia, ECG, Artificial neural network *backpropagation*.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang program komputer untuk mendeteksi kelainan jantung iskemia miokardial melalui pola sinyal Elektrokardiogram (EKG) beserta keakurasiannya. Iskemia miokardial adalah kelainan jantung akibat penyempitan pembuluh darah pada dinding jantung. Metode yang digunakan adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) backpropagation berbasis Matlab simulink. Data masukan dilatih untuk mengenali pola target sinyal EKG berdasarkan potensial dan waktu pada segmen ST. Bobot optimal dari hasil algoritma JST backpropagation digunakan dalam proses pengujian pola sinyal EKG untuk mendapatkan output JST. Output JST dianalisa potensialnya depresi atau elevasi untuk identifikasi jantung normal atau iskemia miokardial. Hasil pelatihan menunjukkan dari beberapa arsitektur yang telah diuji coba, arsitektur JST yang optimal adalah 1 lapisan tersembunyi dengan 11 unit tersembunyi. Hasil ini diperoleh dari parameter epoch dan nilai MSE serta akurasi dari masing-masing arsitektur. Proses pembelajaran JST backpropagation memerlukan 8 epoch untuk mencapai kinerja tujuan dengan MSE sebesar $4,03 \times 10^{-9}$. Sistem dapat mengenali pola target dengan akurasi pelatihan sebesar 99,82%. Hasil pengujian sistem identifikasi program JST dapat mendeteksi gangguan jantung iskemia miokardial dan jantung normal dengan akurasi 86,7%. Beberapa data tidak terdeteksi karena output JST tidak memenuhi kriteria jantung normal atau iskemia miokardial pada sinyal EKG. Berdasarkan akurasi sistem identifikasi program JST, maka deteksi pola sinyal EKG irama iskemia miokardial menggunakan jaringan syaraf tiruan dapat dikatakan bekerja dengan baik.

Kata kunci: Iskemia miokardial, EKG, Jaringan syaraf tiruan *backpropagation*.

PENDAHULUAN

Gejala jantung tidak normal salah satu penyebab kematian yang paling mematikan di dunia. Di Indonesia angka kematian yang disebabkan oleh gangguan jantung mencapai 30% [1]. Menurut penelitian WHO (*World Health Organization*) atau organisasi kesehatan dunia pada tahun 2002 kematian akibat kelainan jantung iskemia (*Ischemic Heart Diseases*) mencapai 12,6% di seluruh dunia [2].

Sinyal EKG menampilkan interval waktu dan potensial yang berbeda-beda dan akan menghasilkan pola sinyal yang berbeda-beda pula. Kondisi jantung normal dan abnormal dapat dibedakan dengan mengklasifikasi pola sinyal EKG. Salah satu metode yang paling handal dalam mengklasifikasi pola adalah JST. JST adalah sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah. JST mampu menyelesaikan persoalan yang rumit atau bahkan tidak mungkin jika diselesaikan dengan menggunakan komputasi konvensional [3].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang program komputer menggunakan sistem JST *backpropagation* dalam mendeteksi irama iskemia miokardial dari pola sinyal EKG. Peningkatan performa klasifikasi JST akan mendapatkan pengklasifikasi terbaik dari model jaringan syaraf manusia sehingga komputer dapat menduplikasi kecerdasan manusia. Klasifikasi JST ini diharapkan dapat memberi kemudahan bagi analis medis di lapangan untuk diagnosis kondisi jantung normal dan abnormal dengan menghadirkan data analisa hasil komputasi yang lebih objektif.

TINJAUAN PUSTAKA

Iskemia Miokardial

Gangguan jantung Iskemia Miokardial (*Myocardial Ischemia*) didefinisikan sebagai kondisi ketidak seimbangan suplai oksigen dengan kebutuhan oksigen miokard yang menghasilkan hipoksia dan akumulasi hasil

metabolit. Penelitian-penelitian terdahulu menjelaskan bahwa iskemia miokardial pada arteri koroner dihasilkan dari plak atherosclerosis yang mempersempit lumen pembuluh darah dan membatasi suplai darah, namun pada penelitian terkini menunjukkan bahwa penurunan aliran darah disebabkan oleh kombinasi dari penyempitan pembuluh darah permanen dan tonus vaskular yang abnormal menyebabkan atherosclerosis. Diagnosis medis kondisi iskemia miokardial adalah nyeri dan tekanan di retrosternal menjalar ke leher, rahang atau bahu dan lengan kiri. Kerja berat dapat memicu kondisi ini dan dapat mereda hanya dengan istirahat [4].

Kondisi iskemia miokardial dapat dideteksi salah satunya melalui sinyal EKG. Perubahan sinyal yang terjadi yaitu penyimpangan (*deviasi*) pada segmen ST dan atau perubahan pada gelombang T [2]. Penyimpangan yang terjadi pada segmen ST didasarkan pada dua kondisi yaitu depresi (*penurunan*) terjadi ketika awal segmen ST (*titik J*) terletak di bawah sumbu horizontal gelombang P dan U (*garis isoelektrik*), dan elevasi (*kenaikan*) terjadi ketika awal segmen ST (*titik J*) terletak di atas sumbu horizontal gelombang P dan U (*garis isoelektrik*) [5]. Karakteristik depresi atau elevasi segmen ST sinyal EKG dengan beberapa kondisi jantung terhadap amplitudo dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut [2].

Tabel 1. Karakteristik segmen ST kondisi jantung terhadap amplitudo.

Kondisi Jantung	Amplitudo (mm)
Normal	0,00 - 0,49
Iskemia	0,50 - 1
Koroner	> 1

Elektrokardiogram (EKG)

EKG merupakan aktivitas listrik otot jantung yang dihasilkan oleh kontraksi ritmik jantung manusia. Sinyal ini sangat efektif untuk mendeteksi gangguan jantung dalam studi klinis [6].

Sinyal EKG normal memiliki karakteristik terhadap amplitudo dan waktu pada bagian parameter tertentu. Karakteristik ini dapat

dijadikan sebagai landasan dalam diagnosis jantung normal atau abnormal. Beberapa parameter gelombang dan interval sinyal EKG memiliki nilai amplitudo dan nilai waktu yang dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut [7].

Tabel 2. Karakteristik sinyal EKG normal terhadap amplitudo dan waktu.

Parameter	A (mm)	Parameter	t (s)
Gel. P	0.25	Interval PR	0.12 – 0.20
Gel. R	1.60	Interval QRS	0.09
Gel. Q	25% Gel. R	Interval QT	0.31 – 0.44
Gel. T	0.1 – 0.5	Interval ST	0.05 – 0.15

Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

JST merupakan suatu sistem yang dibentuk dengan berdasarkan prinsip kerja yang sama dengan otak manusia. Otak manusia adalah pusat dari sistem syaraf manusia yang mengatur hampir seluruh operasi kerja dari berbagai organ tubuh manusia. Sama halnya dengan otak manusia, JST terdiri dari sejumlah besar elemen pemroses / neuron yang saling terhubung erat dan beroperasi secara paralel [8].

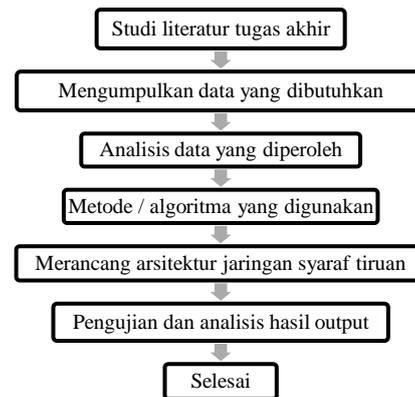
Input JST akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. *Neuron* akan diaktifkan apabila *input* sudah melewati suatu nilai ambang tertentu. Selanjutnya *neuron* akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot output ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya [9].

Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam JST, diantaranya adalah fungsi identitas, fungsi biner sigmoid, dan fungsi bipolar sigmoid.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Penelitian

Kerangka acuan pelaksanaan penelitian ini digambarkan dalam *pilot project* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pelaksanaan penelitian diawali dari studi literatur tugas akhir hingga pengujian dan analisis hasil output.



Gambar 1. Struktur *pilot project* penelitian.

Penggunaan Perangkat

Perangkat Keras (Hardware)

Hardware yang digunakan oleh peneliti dalam pengolahan data untuk identifikasi kelainan jantung iskemia miokardial dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan sebuah laptop dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. Spesifikasi *hardware*.

BagianPerangkat	Spesifikasi
Processor	Intel(R) Core(TM) i3-2350M CPU @ 230Ghz
RAM	2 GB
HRD	500 GB
TipeSistem	64-bit operating system
Monitor	14"

Perangkat Lunak (Software)

Software yang digunakan oleh peneliti dalam perancangan program identifikasi kelainan jantung iskemia miokardial dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan aplikasi Matlab R2015a. Desain rancangan program JST *backpropagation* menggunakan fitur-fitur yang ada dalam Matlab yaitu blok-blok simulink. Blok simulink dalam *library* simulink didesain berdasarkan arsitektur JST *backpropagation*.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mendapatkan data pola sinyal hasil pemeriksaan EKG yang dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti rumah sakit, klinik dokter, atau jurnal penelitian

yang telah dilakukan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan program JST untuk mendeteksi irama iskemia miokardial melalui pola sinyal EKG. Prosedur penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan sebagai berikut.

Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan mengumpulkan hasil rekaman EKG yang telah dicetak pada kertas milimeter. Data sinyal EKG yang akan digunakan terdiri dari 2 macam yakni sinyal EKG dengan irama jantung iskemia dan irama jantung normal. Data yang telah diperoleh tersebut kemudian dihitung nilai potensial dan waktu dengan skala 1 kotak kecil pada kertas EKG mewakili 0.1 mV untuk sumbu vertikal, dan 0.04 sekon untuk sumbu horizontal. Perhitungan nilai potensial dan waktu dalam penelitian ini digunakan 5 titik pada segmen ST. Titik awal segmen ST adalah akhir dari kompleks QRS sampai awal dari gelombang T.

Perancangan Program JST

Perancangan program JST pada umumnya dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu proses pelatihan (*training*) dan proses pengujian (*testing*) model JST *backpropagation*.

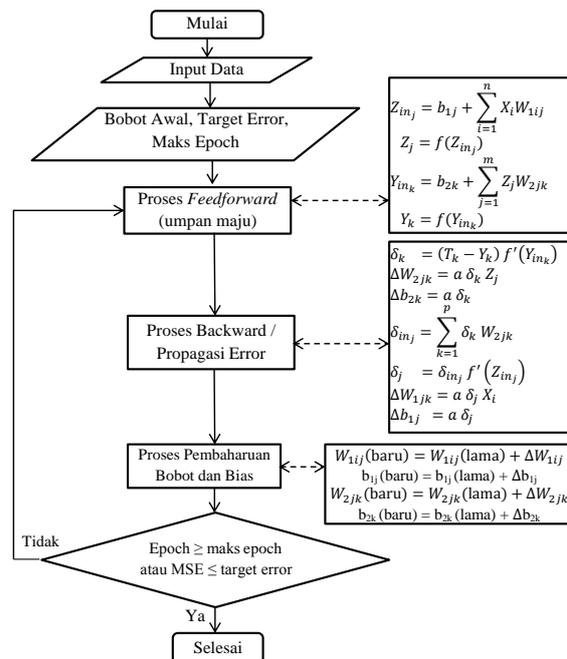
Pelatihan Model JST

Pelatihan (*training*) JST *backpropagation* dilakukan untuk mengenali pola data yang telah dibuat. Data targetnya adalah data eksperimen hasil rekaman EKG yang telah diperoleh. JST memiliki arsitektur yang dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Penentuan arsitektur JST tidak memiliki rumusan khusus sehingga perlu dilakukan uji coba-ujji coba. Pelatihan dilakukan dengan ditambahkan berbagai variasi jumlah unit pada lapisan tersembunyi. Setiap variasi diamati dengan menghitung MSE (*Mean Square Error*) dan lama iterasinya (banyaknya epoch). Arsitektur yang optimal digunakan dalam proses pengujian JST untuk identifikasi pola sinyal EKG.

Pengujian Model JST

Proses pengujian (*testing*) model JST adalah proses pengujian terhadap pola sinyal EKG dengan melakukan pembaruan bobot hasil pelatihan JST. Bobot baru hasil dari proses pelatihan digunakan pada proses pengujian sehingga mendapatkan keluaran JST. Keluaran JST tersebut diidentifikasi dengan menganalisis penyimpangan amplitudo/potensialnya pada titik awal segmen ST terhadap garis dasar sinyal EKG. Amplitudo dengan penyimpangan sebesar 0.50 – 1.00mm dikategorikan dengan irama iskemia miokardial, sedangkan jika penyimpangan sebesar 0.00 – 0.49mm dikategorikan dengan irama jantung normal. Hasil identifikasi dari JST dibandingkan dengan hasil identifikasi medis untuk mendapatkan akurasi dari hasil pemrograman JST *backpropagation* dalam penelitian ini.

Algoritma JST Backpropagation

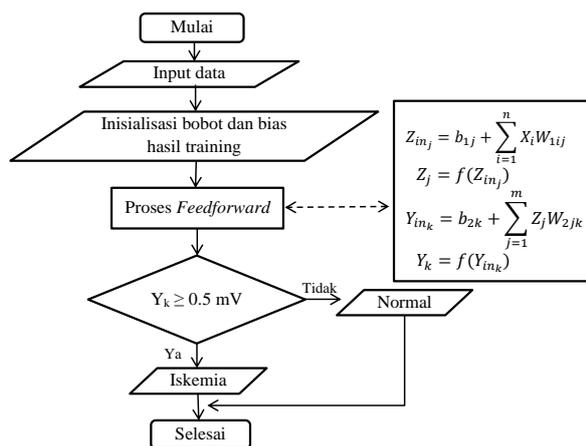


Gambar 2. Flowchart pelatihan JST *backpropagation*.

Rancangan program JST *backpropagation* terdiri dari proses pelatihan dan proses pengujian. Masing – masing proses memiliki algoritma tersendiri. Algoritma dalam proses pelatihan memiliki 3 proses, yaitu proses *feedforward*

(umpan maju), proses *backward* (umpan mundur) / propagasi error dan perbaikan bobot. Algoritma pelatihan JST dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) pelatihan JST *backpropagation* pada Gambar 2..

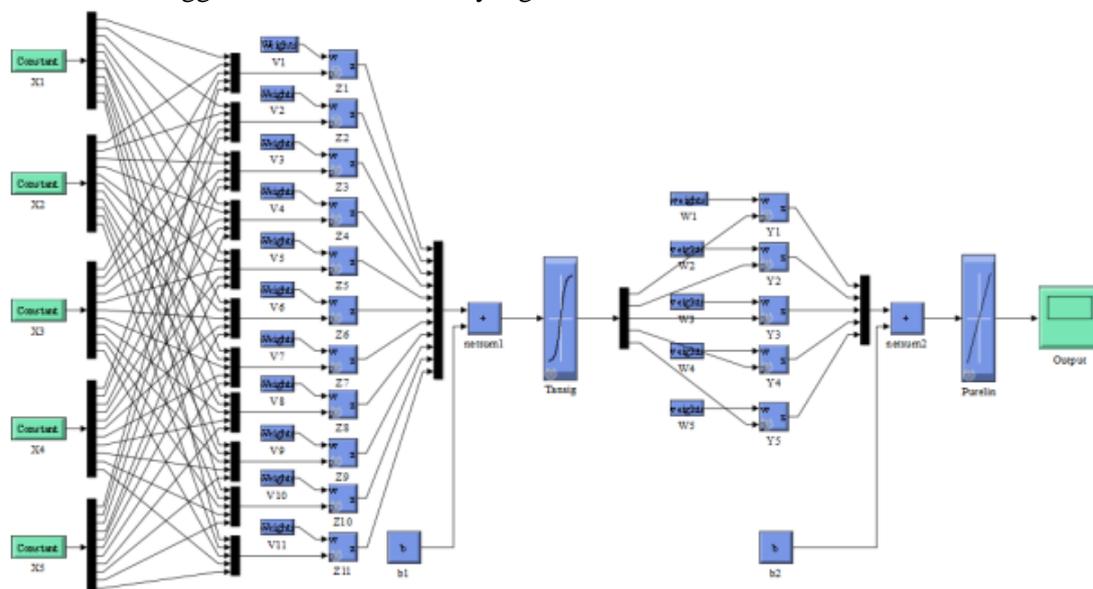
Algoritma pada proses pengujian dilakukan hanya dengan proses *feedforward* (umpan maju) dengan pembaruan bobot dan bias hasil pelatihan. Algoritma proses pengujian ini dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) pengujian JST *backpropagation* pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3. *Flowchart* pengujian JST *backpropagation*.

Mendesain Rancangan Simulink Matlab

Desain rancangan simulink Matlab dengan sistem JST menggunakan blok-blok yang



Gambar 4. Rancangan simulink Matlab model JST.

terdapat pada *Neural Network Toolbox*. Blok-blok tersebut dapat ditemukan dengan membuka aplikasi Matlab, lalu buka simulink *library* pada tampilan menu utama. Setelah muncul simulink *library browser*, kemudian pilih *Neural Network Toolbox* maka akan ditemukan beberapa kelompok blok diantaranya *Control Systems*, *Net Input Functions*, *Processing Functions*, *Transfer Functions* dan *Weight Functions*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Model JST Matlab Simulink

Rancangan tahapan proses dalam metodologi simulink ini menggunakan prinsip JST *backpropagation*. Penggunaan fungsi fitur-fitur simulink berdasarkan prinsip kerja rangkaian komputer analog dengan menggunakan *Neural Network Toolbox*. Rancangan simulink model JST dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan desain model JST menggunakan fitur-fitur simulink Matlab. Rancangan arsitektur JST ini terdiri dari beberapa bagian, diantaranya 3 lapisan utama yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*). Lapisan-lapisan tersebut dihubungkan dengan suatu fungsi aktivasi yang berfungsi untuk memproses dan mentransmisikan data pada lapisan satu ke lapisan berikutnya.

Analisis Hasil Program JST

Data Eksperimen

Data eksperimen dalam penelitian ini menggunakan data hasil rekaman EKG dengan kondisi jantung normal dan iskemia yang telah dicetak pada kertas milimeter. Pola sinyal EKG yang dijadikan sebagai masukan adalah 5 titik pada segmen ST yang dihitung potensial dan waktunya berdasarkan skala 1 : 0,1 mV untuk sumbu vertikal dan skala 1 : 0,04 s untuk sumbu horizontal. Data eksperimen ini digunakan sebagai data target pada proses pelatihan JST *backpropagation*.

Hasil Pelatihan JST

Pelatihan JST dilakukan untuk melihat kehandalan JST dalam belajar mengenali pola sinyal pada EKG yang direpresentasikan oleh nilai akurasi dan nilai MSE (*Mean Square Error*). Data yang dilatih yaitu sebanyak 30 data yang terdiri dari 3 pola segmen ST dimana setiap pola terdiri dari 5 titik potensial dan 5 titik waktu. Pelatihan dilakukan dengan uji coba terhadap beberapa arsitektur JST untuk mendapatkan arsitektur yang optimal. Hasil proses pelatihan dari setiap arsitektur adalah diperoleh nilai epoch dan nilai MSE serta akurasi yang diperoleh dengan membandingkan data keluaran JST dengan data target yang dapat dilihat pada Tabel 4.

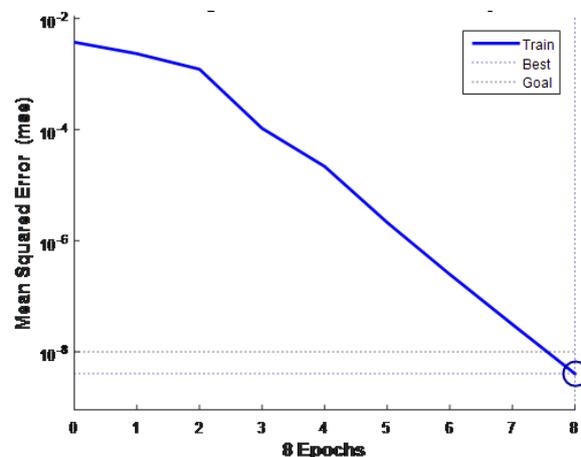
Tabel 4. Hasil pelatihan JST.

No.	Hidden Layer	Epoch	MSE	Akurasi (%)
1.	3	17	1.85×10^{-9}	99.98
2.	6	7	1.50×10^{-8}	99.80
3.	9	7	2.04×10^{-8}	99.75
4.	11	8	4.03×10^{-9}	99.82
5.	22	7	3.68×10^{-9}	99.90
6.	40	7	1.97×10^{-9}	99.93
7.	50	6	8.14×10^{-9}	99.79
8.	60	6	7.45×10^{-9}	99.80
9.	80	7	1.12×10^{-9}	99.94
10.	100	6	6.13×10^{-9}	99.85

Tabel 4 menunjukkan hasil uji coba pelatihan JST dengan beberapa unit tersembunyi dari 3

sampai 100 unit. Setiap arsitektur berpengaruh pada nilai MSE dimana semakin banyak jumlah unit tersembunyi maka nilai MSE semakin mendekati nilai konstan. Hasil uji coba pelatihan menunjukkan arsitektur yang optimal adalah 1 lapisan tersembunyi dengan 11 unit tersembunyi, karena pada arsitektur tersebut nilai MSE sudah mulai mendekati konstan. Jumlah epoch menunjukkan kecepatan proses pembelajaran JST untuk mencapai kinerja tujuan. Semakin kecil epoch maka semakin cepat pula proses pembelajaran JST. Hasil akurasi pelatihan diperoleh dari perbandingan keluaran JST dengan target JST, kemudian dihitung persentasenya.

Proses pelatihan pada setiap epoch menghasilkan nilai MSE yang berbeda-beda. Rangkaian proses pelatihan pada arsitektur 11 unit tersembunyi sehingga mencapai target error dapat dilihat pada Gambar 5 tentang grafik jumlah epoch terhadap MSE.



Gambar 5. Grafik jumlah epoch terhadap MSE dengan epoch maksimal 8

Gambar 5 menunjukkan pada epoch maksimal sama dengan 8, nilai MSE terbaik adalah $4,03 \times 10^{-9}$. Nilai MSE pada epoch 8 ini sudah mencapai target error sehingga proses pelatihan dihentikan atau selesai.

Output dari JST *backpropagation* dibandingkan dengan data target untuk menentukan error sehingga diperoleh akurasi pelatihan dari proses JST tersebut. Data target dan data output serta error dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil keluaran pelatihan JST dan data target pada segmen ST.

Target		Output	
t (s)	V (mV)	t (s)	V (mV)
0.03	0.06	0.030005	0.059988
0.06	0.01	0.059997	0.01007
0.11	-0.02	0.10999	-0.01998
0.13	0.02	0.12999	0.020037
0.16	0.02	0.15997	0.020185

Hasil Pengujian dan Validasi JST

Arsitektur JST yang optimal dari hasil uji coba pelatihan digunakan untuk proses pengujian pola sinyal EKG. Proses pengujian data dilakukan setelah proses pelatihan dengan pembaruan bobot-bobot yang optimal untuk mendapatkan nilai output akhir. Diagnosis kelainan jantung melalui pola sinyal EKG adalah jika data output JST memiliki potensial 0.5 - 1mV pada titik awal segmen ST, maka pola sinyal EKG diidentifikasi sebagai irama iskemia miokardial. Data output yang memiliki potensial 0 - 0.49mV pada titik awal segment ST, maka pola sinyal EKG diidentifikasi sebagai irama normal.

Tabel 6. Perbandingan hasil medis dengan hasil sistem JST.

No.	Data	Hasil Medis	Hasil Sistem	Validasi
1.	A	Iskemia	Iskemia	Terdeteksi
2.	B	Iskemia	Iskemia	Terdeteksi
3.	C	Iskemia	Iskemia	Terdeteksi
4.	D	Iskemia	Normal	Tidak Tereteksi
5.	E	Iskemia	Iskemia	Terdeteksi
6.	F	Iskemia	Iskemia	Terdeteksi
7.	G	Normal	Normal	Terdeteksi
8.	H	Normal	Normal	Terdeteksi
9.	I	Normal	Normal	Terdeteksi
10.	J	Normal	Normal	Terdeteksi
11.	K	Normal	Iskemia	Tidak Tereteksi
12.	L	Normal	Normal	Terdeteksi
13.	M	Normal	Normal	Terdeteksi
14.	N	Normal	Normal	Terdeteksi
15.	O	Normal	Normal	Terdeteksi

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil identifikasi medis dengan hasil identifikasi dari sistem yang telah dibangun. Sistem dikatakan terdeteksi jika hasil identifikasi program JST sama dengan identifikasi hasil medis. Sebaliknya, sistem dikatakan tidak terdeteksi jika hasil identifikasi program JST berbeda dengan hasil identifikasi medis. Hasil

pengujian dan validasi sistem JST pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan hasil identifikasi kelainan jantung dari pola sinyal EKG berdasarkan diagnosis medis dan diagnosis sistem JST. Hasil identifikasi dari sistem JST yang sama dengan hasil identifikasi medis dapat dikatakan sistem mendeteksi irama jantung melalui pola sinyal EKG. Hasil identifikasi dari sistem JST yang tidak sama dengan hasil identifikasi medis dapat dikatakan sistem tidak mendeteksi irama jantung melalui pola sinyal EKG.

Data yang telah diuji sebanyak 15 data latihan yang disimbolkan dengan data A-O. Hasil identifikasi medis terdiri dari 9 sinyal normal dan 6 sinyal iskemia miokardial. Setelah data pola sinyal EKG dilakukan pengujian data, maka didapatkan 13 data uji yang terdeteksi yang terdiri dari 5 data sinyal iskemia dan 8 data sinyal normal.

Akurasi sistem identifikasi JST *backpropagation* dapat ditentukan dari jumlah seluruh data uji dikurangi dengan jumlah data yang tidak valid (data yang tidak terdeteksi) dibagi dengan jumlah n seluruh data dan dikalikan 100% atau dapat dirumuskan seperti pada persamaan 1.

$$Akurasi = \frac{(n \text{ seluruh data} - n \text{ data tidak valid})}{n \text{ seluruh data}} \times 100\% \quad (1)$$

Sehingga, akurasi = $(15-2)/(15) \times 100\%$, menjadi akurasi = $(13)/(15) \times 100\%$. Hasil akurasi menjadi lebih efektif dengan persentase $86,7\% \approx 87\%$.

KESIMPULAN

Rancangan arsitektur JST yang optimal membutuhkan uji coba - uji coba terhadap beberapa arsitektur dengan menganalisa jumlah epoch dan nilai MSE dari masing-masing arsitektur. Jumlah unit pada lapisan tersembunyi berpengaruh terhadap nilai MSE, dimana semakin banyak unit tersembunyi maka nilai MSE semakin mendekati konstan. Arsitektur JST yang optimal dalam penelitian ini adalah 1 lapisan tersembunyi dengan 11 unit tersembunyi,

karena pada arsitektur ini nilai MSE sudah mendekati nilai konstan dan jumlah epoch relatif kecil. Sistem JST *backpropagation* dapat mengenali pola data target dari pola data input yang telah dibuat dengan akurasi pelatihan sebesar 99.82%. Rancangan JST *backpropagation* mampu mendeteksi kondisi jantung normal dan irama iskemia miokardial melalui analisis pola-pola sinyal EKG dengan akurasi sistem identifikasi JST mencapai 87%.

REFERENSI

1. Pangestu, G. (2016). *Deteksi Kelainan pada Jantung Menggunakan Citra EKG (Elektrokardiogram) dengan Menggunakan Metode LVQ (Learning Vector Quantization)*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
2. Azhar, A. N. & Suyanto. (2009). Identifikasi Sinyal ECG Irama Myocardial Ischemia dengan Pendekatan Fuzzy Logic. *Juti*, 7(4), 191–204.
3. Lutfi, F. & Arifin, A. (2012). Klasifikasi Sinyal Elektrokardiografi Menggunakan Wavelet Transform dan Neural Network. *Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
4. Satoto, H. H. (2014). Patofisiologi Penyakit Jantung Koroner. *Jurnal Anestesiologi Indonesia*, 6(3), 209–224.
5. Febrianty, D., Dewanto R. A., & Aradea. (2007). Analisis Jaringan Syaraf Tiruan RPROP untuk Mengenali Pola Elektrokardiografi dalam Mendeteksi Penyakit Jantung Koroner. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Tasikmalaya, Yogyakarta.
6. Pongponsri, S. & Yu, X. H. (2013). An Adaptive Filtering Approach for Electrocardiogram (ECG) Signal Noise Reduction Using Neural Networks Neurocomputing. 117, 206–213.
7. Lee, D. H., Park, J. W., Choi, J., Rabbi, A., & Rezai, R. F. (2013). Automatic Detection of Electrocardiogram ST Segment Application in Ischemic Disease Diagnosis. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4(2), 150–155.
8. Farizqi, L. A. (2008). Penerapan pengendali Jaringan Syaraf Tiruan untuk koordinasi pensaklaran Braking Resistor-Reactor pada Stabilitas Peralihan Sistem Tenaga Listrik. Skripsi. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
9. Defrianto & Edisar, M. (2008). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk Estimasi Kecepatan Gelombang Kompresi (P) pada Lapisan Batuan Bawah Permukaan. [Laporan Penelitian]. Pekanbaru: Lembaga Penelitian Universitas Riau.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)