

# IDENTIFIKASI SPEKTRUM FREKUENSI ISYARAT ELEKTROKARDIOGRAF MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN KOMPETISI PENUH

NAZRUL EFFENDY, ST., MT  
Staf Pengajar Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta  
E-mail : [nazrul\\_e@yahoo.com](mailto:nazrul_e@yahoo.com)

## ABSTRAK

Isyarat EKG domain waktu memiliki karakteristik yang khas, namun harus dicuplik pada rentang dan waktu awal tertentu untuk memperoleh pola tertentu yang dapat mewakili kondisi jantung tertentu. Pada penelitian ini, isyarat EKG domain waktu tersebut ditransformasi ke domain frekuensi untuk selanjutnya dilatih ke Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Pengenalan pada domain frekuensi ini sangat jarang dilakukan oleh dokter, bahkan banyak dokter yang tidak memahami arti dari isyarat domain frekuensi tersebut. Karena itu diperlukan alat bantu tambahan yang dapat mengenali dan mengidentifikasi spektrum frekuensi isyarat EKG tersebut yang pada akhirnya dapat memberi hasil diagnosis banding bagi dokter.

Pada penelitian ini, JST dilatih untuk mengenali pola-pola spektrum frekuensi dari 4 kondisi isyarat EKG. Kemudian dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan konstanta momentum dalam meningkatkan laju penurunan Kesalahan Rata-rata Perpol (KRP) selama proses pelatihan. Dari penelitian ini, diperoleh hasil bahwa penambahan konstanta momentum tersebut dapat mempercepat pengurangan KRP selama proses pelatihan JST.

Kemampuan JST untuk mengenali pola – pola spektrum frekuensi isyarat EKG diuji dengan data-data pelatihan dan data – data spektrum frekuensi isyarat EKG lainnya. Dari penelitian ini, JST berhasil mengenali keempat pola yang dilatihkan dan juga berhasil mengenali sebagian pola – pola spektrum frekuensi dari isyarat EKG normal lainnya dengan benar menggunakan metode pengenalan biasa dan threshold sebesar 0,1. Namun dengan menggunakan sistem pengenalan kompetisi penuh, JST dapat mengenali semua pola pengujian dengan benar. Arsitektur JST terbaik untuk mengatasi pengaruh derau pada sinyal masukan adalah 128-20-4.

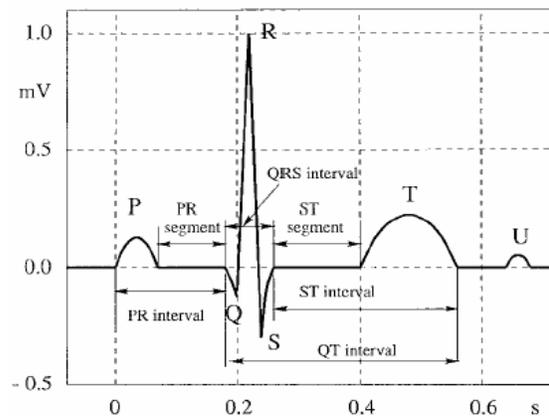
**Kata kunci:** Isyarat Elektrokardiograf, Jaringan Syaraf Tiruan, pengenalan pola

## PENDAHULUAN

Isyarat Elektrokardiograf (EKG) adalah isyarat yang merepresentasikan isyarat bioelektrik jantung manusia. Isyarat ini sering digunakan oleh para dokter untuk mendiagnosis kondisi jantung seorang pasien. Isyarat EKG pasien normal memiliki karakteristik yang berbeda

dengan isyarat EKG pasien berpenyakit jantung. Bahkan, pasien dengan penyakit jantung yang berbeda memiliki karakteristik isyarat EKG tersendiri.

Isyarat EKG domain waktu terdiri dari gelombang P, kompleks QRS, gelombang T dan kadang-kadang disertai dengan gelombang U. (Lihat Gambar 1). Parameter-parameter yang terdapat pada suatu isyarat EKG adalah amplitudo P, amplitudo QRS, amplitudo T, interval R-R, interval P-R, interval QRS, interval QT, interval ST, segmen PR dan segmen ST [1].



Gambar 1. Parameter-parameter pada isyarat EKG [2]

Isyarat EKG domain waktu memiliki karakteristik yang khas, namun harus dicuplik pada rentang dan waktu awal tertentu untuk memperoleh pola tertentu yang dapat mewakili kondisi jantung tertentu. Pada penelitian ini, isyarat EKG domain waktu tersebut ditransformasi ke domain frekuensi.

Isyarat EKG domain frekuensi memiliki pola yang menggambarkan unsur-unsur frekuensi yang terkandung dalam sinyal tersebut. Pola isyaratnya tidak banyak dipengaruhi oleh saat awal pencuplikan isyarat domain waktu, namun masih terdapat sedikit perubahan walaupun isyarat-isyarat tersebut mewakili kondisi jantung yang sama.

Penelitian-penelitian lain tentang penerapan JST pada analisis isyarat EKG sudah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti lain, seperti yang dilakukan oleh Silipo, R. dan Marchesi, C 1998 [2], Lehtinen, R. dkk. (1998) [3], Heden, B., dkk. (1996) [4], Jones, N. B., dkk (1995)

[5], dan Mardiyanto (1994) [6], namun tidak menggunakan isyarat EKG domain frekuensi.

Pengenalan pada domain frekuensi sangat jarang dilakukan oleh dokter, bahkan banyak dokter yang tidak memahami arti dari isyarat domain frekuensi tersebut. Karena itu diperlukan alat bantu tambahan yang dapat mengenali dan mengidentifikasi spektrum frekuensi isyarat EKG tersebut yang pada akhirnya dapat memberi hasil diagnosis banding bagi dokter.

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat komputer dengan sistem operasi windows 98 yang dilengkapi dengan software Borland C++ Builder 4.0, Matlab 5.3 dan Ms Excel, file data isyarat EKG kondisi normal dalam format teks ASCII, tinta printer, kertas HVS dan disket 3,5".

Data-data untuk pelatihan JST diambil dari hasil modifikasi data isyarat EKG normal. Modifikasi data dilakukan menggunakan software Microsoft Excel berdasarkan pada karakteristik isyarat EKG yg dijelaskan oleh Karim, S. dan Kabo, P (1999) [1].

Isyarat-isyarat domain waktu tersebut kemudian diubah menjadi isyarat domain frekuensi menggunakan software Matlab 5.3. Data isyarat EKG domain frekuensi kemudian disimpan ke dalam hardisk untuk dapat digunakan sebagai data pelatihan atau sebagai data pengujian JST.

JST yg digunakan pada penelitian ini dirancang menggunakan bahasa C/C++ dan teknik pemrograman berorientasi objek. JST yang digunakan adalah JST perseptron banyak lapis yang merupakan jenis JST terbimbing sehingga membutuhkan sejumlah data untuk pelatihnnya.

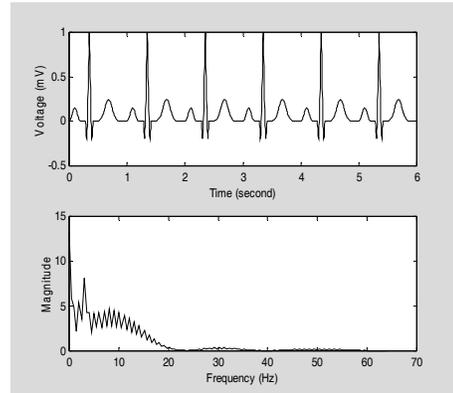
### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data pelatihan yang digunakan untuk melatih JST adalah berupa pola-pola spektrum frekuensi yang diset dengan vektor keluaran tertentu. Pada penelitian ini, JST dilatih dengan 4 pola spektrum frekuensi. Keempat pola spektrum frekuensi tersebut dan isyarat EKG domain waktunya ditampilkan pada Gambar 2, 3, 4, dan 5. Keempat pola tersebut mewakili isyarat EKG pada kondisi yang berbeda-beda. Vektor keluaran pada penelitian ini terdiri dari 4 bit data sesuai dengan jumlah klasifikasi yang ada. Hanya satu dari keempat bit tersebut yang bernilai satu, lainnya bernilai nol. Data pelatihan dan vektor keluaran yang diajarkan ke JST ditunjukkan pada Tabel 1.

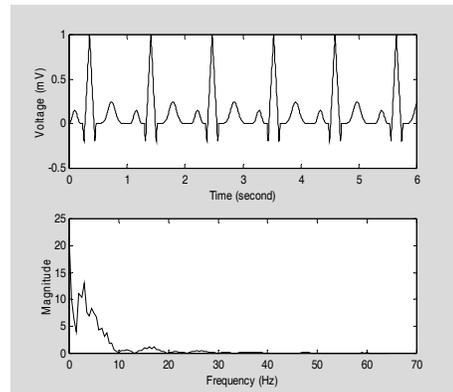
Tabel 1. Data pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

No.	Nama File	Vektor keluaran	Keterangan
1	FEcgN1.dat	0 0 0 1	Normal

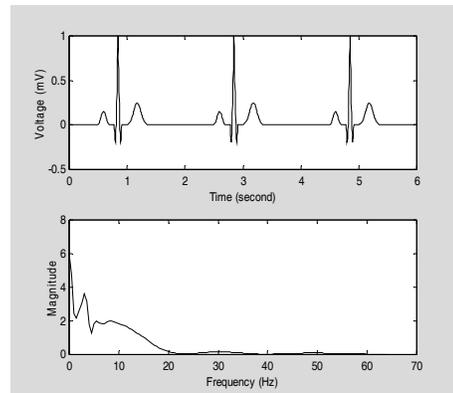
2	FQRS022.dat	0 0 1 0	Interval QRS sebesar 0,22 detik
3	FRR30.dat	0 1 0 0	Bradichardia (laju QRS sebesar 30 BPM)
4	FNon_PT.dat	1 0 0 0	Isyarat EKG tanpa gelombang P dan T



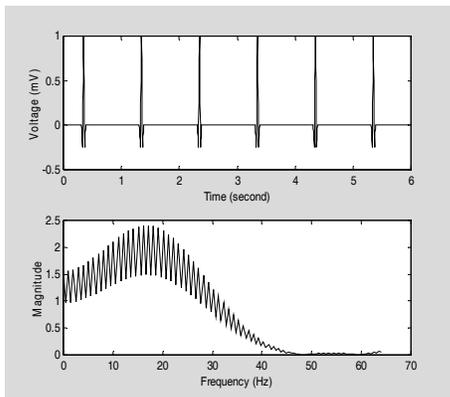
Gambar 2. EcgN1.dat (atas) dan FEcgN1.dat (bawah)



Gambar 3. QRS022.dat (atas) dan FQRS022.dat (bawah)

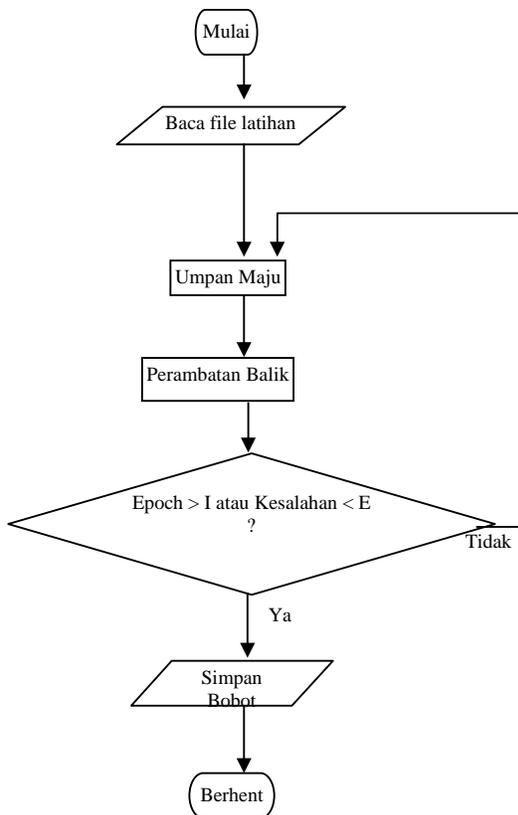


Gambar 4. RR30.dat (atas) dan FRR30.dat (bawah)



Gambar 5. Non\_PT.dat (atas) dan FNon\_PT.dat (bawah)

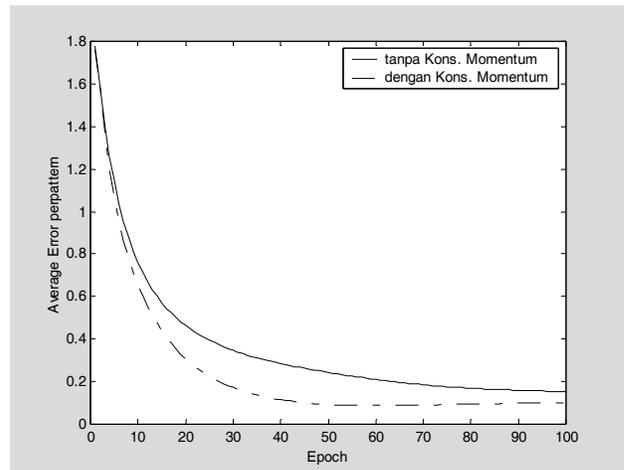
Proses pelatihan JST yang dirancang dapat dihentikan oleh salah satu dari dua hal yaitu bila kesalahan rata-rata perpola (KRP) lebih kecil dari kesalahan yang ditetapkan atau bila epoch pelatihan melebihi nilai tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya seperti yang digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir proses pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Pelatihan JST dimulai dengan mempelajari pola pertama dengan umpan maju dan umpan balik kesalahannya, dilanjutkan dengan pola kedua, kemudian pola ketiga sampai pola keempat. Setelah keempat pola tersebut dipelajari oleh JST, kemudian dihitung KRPnya. Sampai proses ini, dikatakan bahwa JST telah melalui 1 epoch. Jika KRPnya lebih besar dari nilai yang ditetapkan atau jumlah epoch yang telah dilakukan kurang dari nilai yang telah ditetapkan, maka JST akan mempelajari kembali keempat pola tersebut.

Pelatihan JST dengan konstanta belajar sebesar 0,02 dan tanpa konstanta momentum dengan nilai pembobot awal dirandomkan telah dilakukan. Kemudian dilakukan juga pelatihan JST dengan konstanta belajar sebesar 0,02 dan konstanta momentum sebesar 0,01 dengan nilai pembobot awal dirandomkan. KRP pada kedua kondisi pelatihan tersebut ditampilkan pada Gambar 7 dengan skala sumbu absis dan ordinat yang sama. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa penambahan konstanta momentum pada penelitian ini dapat mempercepat turunnya KRP.



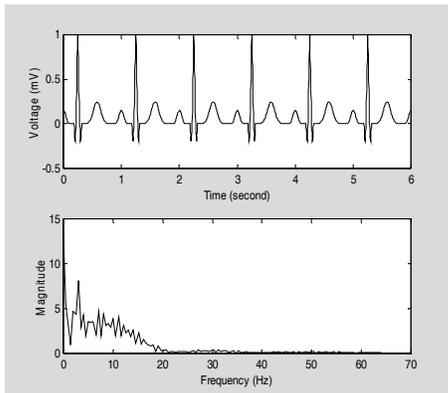
Gambar 7. Proses pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan konstanta belajar sebesar 0,02 dan konstanta momentum sebesar 0,01 atau tanpa konstanta momentum.

JST yang sudah dilatih kemudian diuji menggunakan pola-pola spektrum frekuensi yang sudah dilatihkan dan dengan pola-pola spektrum frekuensi yang lain (Tabel 2). Pola-pola spektrum frekuensi isyarat EKG yang belum dilatihkan ke JST tersebut dapat dilihat pada Gambar 8, 9, dan 10. Di samping itu, JST juga diuji menggunakan data yang diberi derau. Derau yang diberikan divariasikan dari Faktor Derau (FD) = 0 sampai ke faktor derau sebesar 1. Sinyal yang berderau mengikuti persamaan sebagai berikut : Sinyal Berderau = Sinyal asli (1+ FD \* (bilangan acak antara nol dan satu)).

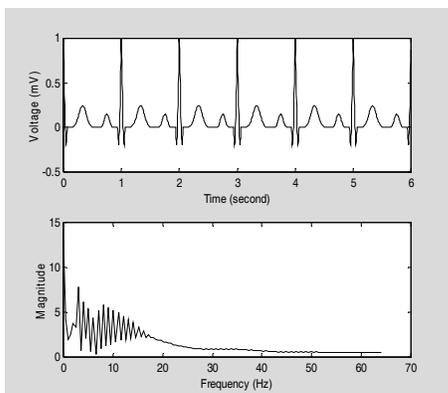
Tabel 2. Data pengujian Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

No	Nama File	Keterangan
1.	FEcgN1.dat	Normal
2.	FEcgN2.dat	Normal (ada pergeseran fase)
3.	FEcgN3.dat	Normal (ada pergeseran fase)
4.	FQRS007.dat	Normal (Interval QRS sebesar 0,07 detik)
5.	FQRS022.dat	Interval QRS sebesar 0,22 detik
6.	FRR30.dat	Bradichardia (laju QRS sebesar 30 BPM)
7.	FNon_PT.dat	Isyarat EKG tanpa gelombang P dan T

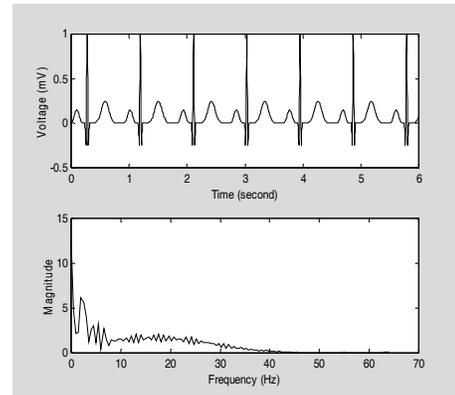
Klasifikasi pola-pola spektrum frekuensi isyarat EKG tergantung pada nilai ambang (treshold) yang digunakan untuk menerjemahkan suatu nilai keluaran menjadi bernilai satu atau nol. Misalkan jika treshold yang digunakan sebesar 0,1, maka nilai 0,91 akan dianggap sebagai satu, nilai 0,09 akan dianggap sebagai nol, sedangkan nilai 0,5 tidak akan dikenal oleh JST.



Gambar 8. EcgN2.dat (atas) dan FEcgN2.dat (bawah)



Gambar 9. EcgN3.dat (atas) dan FEcgN3.dat (bawah)



Gambar 10. QRS007.dat (atas) dan FQRS007.dat (bawah)

Dari penelitian ini, JST berhasil mengenali keempat pola yang dilatihkan. JST juga berhasil mengenali pola FEcgN2 dan FEcgN3 dengan benar. Namun untuk pola FQRS007, dengan metode pengenalan biasa dan treshold 0,1, JST tidak mampu mengenali pola tersebut. Namun dengan menggunakan sistem pengenalan kompetisi penuh, JST dapat mengenali pola tersebut dengan benar.

Pada sistem pengenalan kompetisi penuh, hanya ada satu bit vektor keluaran yang bernilai satu, lainnya dianggap nol. Bit yang dijadikan bernilai satu tersebut adalah bit yang bernilai paling besar diantara bit-bit yang ada. Untuk seterusnya, JST yang dirancang akan menggunakan sistem pengenalan kompetisi penuh.

Dengan sistem pengenalan kompetisi penuh, JST dapat mengenali pola-pola yang diujikan kepadanya walaupun pola masukan tersebut diberi derau. Semakin tinggi faktor derau yang diberikan pada sinyal masukannya, maka kesalahan pengenalan polanya akan semakin tinggi. Oleh karena itu, pada prakteknya, sebelum diumpankan ke JST, diusahakan agar sinyal tersebut telah mengalami penyaringan terlebih dahulu untuk mengurangi deraunya.

JST juga berhasil mengenali spektrum isyarat EKG yang masih termasuk normal sebagai normal, walaupun data pengujian tersebut tidak persis sama dengan data pelatihannya. Pada penelitian ini, JST yang dirancang sudah berhasil mengenali dan membedakan spektrum frekuensi isyarat EKG normal, interval QRS yang lebih lebar dari kondisi normal, Lebar gelombang P yang tidak normal, isyarat EKG tanpa gelombang P dan T dan kondisi bradichardia.

Jika dikaitkan dengan arsitektur JSTnya, dari penelitian yang dilakukan, diperoleh arsitektur yang terbaik untuk mengatasi pengaruh derau pada sinyal masukan adalah 128-20-4. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh arsitektur JST pada tingkat keberhasilan pengenalan pola spektrum frekuensi isyarat EKG. Arsitektur yang digunakan adalah 128-j-4.

j	Faktor Derau maksimum agar tingkat keberhasilan = 100 %						
	FecgN1	FecgN2	FecgN3	FQRS007	FQRS022	RR30	Non_PT
3	0,2	0,2	0,2	0,12	0,2	0,2	0,2
10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2
20	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
35	0,4	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4	0,4

Semakin banyak jumlah neuron di lapisan tersembunyi, JST akan semakin bersifat mengingat (Memorize). Sebaliknya, semakin kecil jumlah neuron di lapisan tersembunyi, JST tersebut akan semakin bersifat toleran. Pada penelitian ini, dengan jumlah neuron di lapisan tersembunyi sejumlah 3 buah, JST tersebut menjadi kurang mengingat dan menjadi lebih toleran dibandingkan dengan JST berneuron lebih banyak di lapisan tersembunyi. Pada JST berneuron sebanyak 35 buah di lapisan tersembunyi bersifat lebih memorize, namun kurang toleran dibandingkan dengan yang berneuron lebih sedikit di lapisan tersembunyi.

## KESIMPULAN

1. Konstanta momentum dapat mempercepat pengurangan Kesalahan Rata-rata Perpola (KRP) selama proses pelatihan JST.
2. JST yang dirancang dapat melakukan fungsi pengenalan spektrum frekuensi isyarat EKG dengan baik walaupun terdapat derau pada sinyal masukannya.
3. Pada kasus pengenalan pola spektrum isyarat EKG yang dilakukan pada penelitian ini, arsitektur JST terbaik untuk mengatasi pengaruh derau pada sinyal masukan adalah 128-20-4.

## REFERENSI

1. Karim, S. dan Kabo, P., *EKG dan penanggulangan beberapa penyakit jantung untuk dokter umum*, Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 1999
2. Silipo, R. and Marchesi, C., *Artificial Neural Networks for Automatic ECG Analysis*, IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 46, No. 5, 1998
3. Lehtinen, R., Holst, H., Turjanmaa, V., Edenbrandt, L., Pahlm, O. and Malmivuo, J., *Artificial Neural Network for the Exercise Electrocardiographic Detection of Coronary Artery Disease*, 2<sup>nd</sup> International Conference on

Bioelectromagnetism, Melbourne, Australia, 1998

4. Heden, B., Ohlson, M., Rittner, R., Pahlm, O., Haisty, W., K., Peterson, C. and Edenbrandt, L., *Agreement Between Artificial Neural Networks and Experienced Electrocardiographer on Electrocardiographic Diagnosis of Heald Myocardial Infarction*, JACC Vol. 28, No. 4., Elsevier Science Inc, 1996
5. Jones, N. B., Wang, J. T., Sehmi, A. S. and deBono, D. P., *Knowledge Base Systems and Neural Networks for Clinical Decision Making*, Elsevier Science Ltd., Great Britain, 1995
6. Mardiyanto, *Simulasi Pengenalan Isyarat EKG dengan Jaringan Neural*, skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 1994