

## KLASIFIKASI SINYAL EEG TERHADAP RANGSANGAN SUARA MENGGUNAKAN POWER SPECTRAL DENSITY DAN MULTILAYER PERCEPTRON

**Rista Wulansari<sup>\*</sup>, Esmeralda Contesa Dajamal, Tedjo Darmanto**  
Jurusan Informatika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Achmad Yani  
Jl. Terusan Sudirman, Cimahi 40513.  
<sup>\*</sup>Email: rista.wulansari@gmail.com

### Abstrak

*Suara sangat berpengaruh pada aktifitas di otak, termasuk alunan musik. Beberapa jenis musik memiliki pengaruh menenangkan pikiran, bahkan musik dapat membantu mengurangi stres pada seseorang yang sedang dalam kondisi stres. Selain itu musik juga dapat meningkatkan mood seseorang, dan memberikan energi bagi pendengar. Salah satu perangkat yang dapat menangkap kondisi pikiran termasuk pengaruh rangsangan suara adalah Electroencephalogram (EEG), yang menangkap aktivitas listrik di otak. Namun analisis sinyal EEG tidaklah mudah, karena amplitudonya kecil sehingga mudah tertimbuh noise, dan tidak mempunyai bentuk yang baku. Penelitian ini membuat sistem yang dapat mengklasifikasikan sinyal EEG terhadap rangsangan suara menggunakan ekstraksi power spektral dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan mengklasifikasikan terhadap 3 kelas yaitu musik klasik, murotal Al-Quran dan musik rock. Ekstraksi menggunakan power spectral dengan lebar window 2 detik dan overlap 50% serta klasifikasi menggunakan algoritma backpropagation menghasilkan akurasi sebesar 75% untuk data uji dan 62.5% untuk data latih.*

**Kata kunci:** Jaringan Syaraf Tiruan, Power Spectral, Rangsangan Suara, Sinyal EEG

### 1. PENDAHULUAN

Aktifitas yang dilakukan manusia akan direspon oleh otak, termasuk ketika mendengarkan musik, karena suara dapat berpengaruh terhadap aktifitas di otak. Untuk mengetahui aktifitas di otak, dapat dilihat melalui sinyal Electroencephalogram (EEG). Sinyal EEG dapat direkam melalui korteks atau kulit kepala dengan alat EEG. Korteks akan mengalirkan sinyal yang berfrekuensi rendah sehingga untuk mengetahui pola dari sinyal tersebut tidak mudah. Sinyal EEG mengandung komponen-komponen tertentu yaitu gelombang alfa (8-13 Hz) dengan kondisi rileks, beta (14-30 Hz) dengan kondisi aktifitas atau sedang berfikir, teta (4-7 Hz) dengan kondisi tidur ringan atau stress emosional, dan delta (0.5-3 Hz) dengan kondisi tidur nyenyak, dan gelombang gama dengan frekuensi lebih dari 30 Hz.

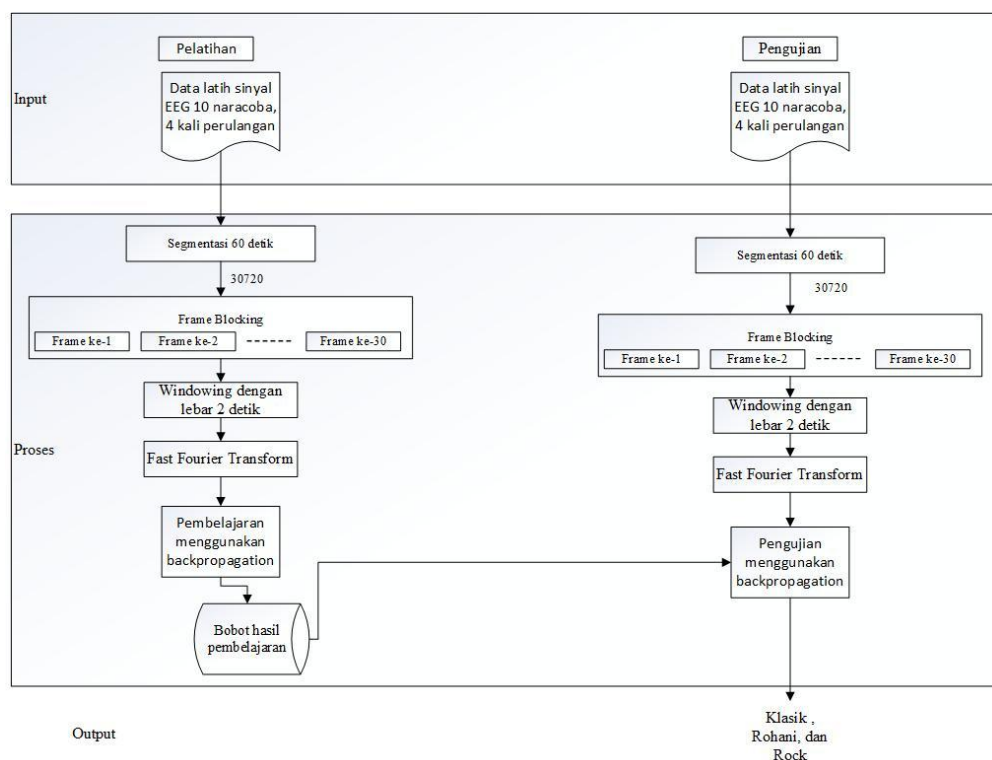
Suara dapat mempengaruhi keadaan pikiran seseorang, Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, membuktikan bahwa suara terutama musik bisa dijadikan terapi dan berpengaruh dalam mengembangkan imajinasi dan pikiran kreatif. Penelitian ilmiah tersebut, menyatakan bahwa musik dapat digunakan untuk membantu penyembuhan beberapa penyakit seperti insomnia, membantu proses pemulihan pasien koma dengan cedera otak dan stroke (Rihantoro, et al., 2008), dan mengurangi rasa nyeri (Liu, et al., 2011). Bahkan musik dijadikan rangsangan untuk mengenali emosi (Duan, et al., 2012) (Liu, et al., 2011).

Beberapa penelitian terdahulu yang telah melakukan klasifikasi terhadap sinyal EEG di antaranya mengidentifikasi sinyal EEG terhadap pergerakan kursor menggunakan koefisien regresi dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) (Hindarto, 2013), tingkat kewaspadaan (Djamal, et al., 2014), (Kiymk, et al., 2004), kondisi emosional (Duan, et al., 2012), kelelahan (Schmorrow, et al., 2007), aktivitas pikiran (Culpepper, 1999). Adapun penelitian lain menggunakan ekstraksi wavelet dan Spectral Daya untuk identifikasi kondisi rileks (Djamal & Tjokronegoro, 2005).

Penelitian ini membuat sistem yang dapat mengklasifikasikan sinyal EEG terhadap rangsangan suara menggunakan Power Spectral Density sebagai pra proses untuk mendapatkan sinyal alfa, beta dan teta dan untuk klasifikasi menggunakan JST Backpropagation dengan menggunakan 3 kelas yang mewakili setiap jenis musik yaitu klasik, murotal Al-Quran, dan rock. Naracoba akan diberikan berbagai rangsangan suara selama 2 menit dari tiga jenis musik tersebut. Sistem klasifikasi yang dibangun akan diimplementasi dalam perangkat lunak. Sistem dapat digunakan untuk praktisi dalam monitoring dan evaluasi terapi menggunakan rangsangan suara.

## 2. METODOLOGI

Sistem klasifikasi sinyal EEG terhadap rangsangan suara menggunakan power spectral sebagai tahap pra-proses, sedangkan tahap klasifikasi menggunakan algoritma backpropagation. Penelitian ini menggunakan sepuluh naracoba, setiap naracoba melakukan perekaman sebanyak 4 kali perulangan, sehingga menghasilkan 40 set data EEG. Komponen yang digunakan untuk klasifikasi yaitu gelombang alfa (8-12 Hz), beta (13-40 Hz), dan teta (4-7 Hz). Setiap sinyal masukan dibagi menjadi segmen-segmen. Sinyal EEG dalam waktu 2 menit diambil menjadi satu menit sehingga menghasilkan 30720 titik sinyal, kemudian dibagi-bagi menjadi 2 detik, sehingga menghasilkan 30 segmentasi. Setiap segmentasi sinyal, akan dikalikan dengan fungsi window, selanjutnya dilakukan perhitungan Fast Fourier Transform untuk mendapatkan nilai sinyal dalam domain frekuensi. Hasil perhitungan pada praproses menggunakan power spectral density, akan menjadi neuron input untuk pelatihan menggunakan algoritma backpropagation. Klasifikasi menggunakan JST menghasilkan tiga kelas yaitu musik klasik, murotal Al-Quran dan musik rock. Tahapan klasifikasi dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Sistem klasifikasi sinyal EEG**

### 2.1 Power Spectral Dencity

Sinyal EEG yang direkam berupa sinyal dalam domain waktu, sedangkan untuk mendaptkan gelombang alfa, beta dan teta maka perlu mengetahui frekuensi dari sinyal tersebut. Untuk mengubah domain waktu menjadi domain frekuensi, diperlukan pengolahan sinyal untuk mentransformasikan sinyal tersebut. Metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi berdasarkan perhitungan estimasi spectrum menggunakan metode Welch. Penelitian terdahulu menggunakan mengidentifikasi pengaruh 20 rangsangan suara yang berbeda setelah sinyal diekstraksi dengan Wavelet Hasil penelitian ini dapat mengidentifikasi kondisi rileks (Djamal & Suprijanto, 2011). Sementara penelitian lain menggunakan Power Spectral untuk identifikasi alzheimer (Wang, et al., 2015), analisis kondisi pikiran menggunakan spektral daya (Culpepper, 1999). Power Spectral digunakan untuk menganalisa peningkatan gelombang EEG yaitu kemunculan gelombang alfa 75%, sedangkan gelombang teta dan beta menurun sekitar 48% dan 56% (Djamal & Tjokronegoro, 2005). Pada penelitian lain, analisis Power Spectral digunakan untuk mengetahui dua kondisi pikiran (Djamal, et al., 2005).

### 2.1.1 Frame Blocking

*Frame blocking* adalah pembagian sinyal menjadi beberapa *frame* dan satu *frame* terdiri beberapa titik sinyal. *Frekuensi sampling* dari sinyal EEG yang direkam 512 Hz, maka setiap satu detik menghasilkan 512 titik sinyal.. Setiap *frame* dapat saling bertumpuk dengan *frame* lain atau disebut *overlap* (N). Untuk menghitung banyak data dalam setiap frame maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = \text{sampling} * fs \quad (1)$$

$$M = N * \text{overlap} \quad (2)$$

$$X(n) = y(M+n) \quad (3)$$

### 2.1.2 Windowing

Proses windowing berfungsi untuk mengurangi diskontinyu pada ujung setiap *frame* akibat proses *frame blocking*. Sinyal yang telah dibagi menjadi beberapa *frame* perlu dijadikan sinyal *continue* supaya tidak terjadi kesalahan pada proses perhitungan FFT. Windowing dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad (4)$$

$$y(n) = y * w(n) \quad (5)$$

N = banyak data

n = 0,1,2,3 ... N

y = nilai sinyal

### 2.1.3 Fast Fourier Transform

Hasil dari proses windowing berupa sinyal domain waktu, sedangkan untuk memperoleh informasi sinyal EEG, diperlukan sinyal domain frekuensi. *Fast fourier transform* (FFT) berfungsi untuk mengubah domain waktu menjadi frekuensi. FFT adalah teknik perhitungan cepat dari DFT dengan memanfaatkan sifat periodikal dari transformasi *fourier* dengan memakai persamaan 6 dan 7

$$x[k] = \sum_{n=1}^{N=1} x(n)W_n^{kn} \quad (6)$$

$$x[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N=1} x(n) \cos(2 * \pi * k * n) - j \sin(2 * \pi * k * n) \quad (7)$$

k = banyak frame

N = banyak data setiap frame

n = data di setiap frame 0,1,2, ...,N

x(n) = nilai sinyal

## 2.2 Algoritma Backpropagation

Algoritma Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi, nilai output pada pembelajaran ini sudah diketahui sebelumnya. Backpropagation menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini tahap perambatan maju (*forward*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron dikatitkan dengan menggunakan fungsi aktivasi.

Arsitektur pada backpropagation menggunakan multilayer, yang terdiri dari lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Lapisan input dapat berjumlah dari satu neuron hingga neuron ke-n tergantung pada setiap kasus, lapisan *input* menerima informasi berupa nilai dari suatu variabel yang berpengaruh pada output pembelajaran. Lapisan tersembunyi merupakan lapisan yang menghubungkan antara *input* dan *output*, hidden layer pada arsitektur *backpropagation* dapat berbeda-beda pada setiap kasus, perbedaan hidden layer ini akan mempengaruhi tingkat keberhasilan. Seperti pada penelitian klasifikasi sinyal EEG untuk menggerakkan kursor, menggunakan tiga hidden layer dengan tingkat keberhasilan 80% (Hindarto, et al., 2011). Sedangkan penggunaan dua hidden layer mempunyai tingkat keberhasilan 55% (Hindarto, 2010).

Adapun penelitian menggunakan tiga hidden layer, tetapi tingkat keberhasilannya hanya 51% (Hindarto, 2010).

Pelatihan pada algoritma backpropagation terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. Inisialisasi bobot awal dengan bilangan *random* yang cukup kecil
2. Kerjakan langkah-langkah feed forward selama kondisi penghentian bernilai false

*Feedforward*

3. Setiap neuron *input* ( $X_i, i = 1, \dots, n$ ) menerima sinyal *input*  $X_i$  dan meneruskan sinyal ini kesemua *neuron* pada lapisan di atasnya (lapisan tersembunyi)

Setiap lapisan tersembunyi ( $Z_j, j=1, \dots, n$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot.

$$Z_{inj} = V_{0j} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \quad (8)$$

Kemudian gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output

$$Z_j = f(z_{inj}) \quad (9)$$

Tiap-tiap unit output ( $Y_k, k=1, \dots, n$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot.

$$y_{ink} = w_{0k} + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \quad (10)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya

$$Y_k = f(y_{ink}) \quad (11)$$

Kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan *output*

*Backpropagation*

4. Tiap-tiap unit output ( $Y_k, k=1, \dots, n$ ) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{ink}) \quad (12)$$

$$\text{Kemudian hitung koreksi bobot } \Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \quad (13)$$

$$\text{Hitung koreksi bias } \Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \quad (14)$$

5. Tiap-tiap unit tersembunyi ( $Z_j, j=1, \dots, n$ ) menjumlahkan delta inputnya

$$\delta_{inj} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (15)$$

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

$$\delta_j = \delta_{inj} f'(z_{inj}) \quad (16)$$

Kemudian hitung koreksi bobot untuk memperbaiki nilai  $v_{ij}$

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j X_i \quad (17)$$

$$\text{Hitung juga koreksi bias } \Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (18)$$

6. Tiap-tiap unit output ( $Y_k, k=1, \dots, n$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $j=0, 1, 2, \dots, n$ )

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (19)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi ( $Z_j, j=1, \dots, n$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $i=0, 1, \dots, n$ )

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (20)$$

7. Tes kondisi dapat dilakukan ketika *error* yang dihasilkan oleh jaringan berada pada nilai yang lebih kecil sama dengan *error* target yang diharapkan atau ketika telah mencapai iterasi maksimal.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah menghasilkan sistem klasifikasi sinyal EEG terhadap rangsangan suara menggunakan power spectral density dengan lebar window 2 detik, *overlap* 50% dan algoritma backpropagation dengan 27 neuron input. Sistem ini telah diuji menggunakan data latih dengan akurasi sebesar 75% dan data uji dengan akurasi sebesar 62.5% menggunakan *learning rate* 0.1. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Pengujian**

No	Naracoba	Kelas	Jumlah Data	Jumlah Dikenali			
				Learning Rate			
				0.01		0.1	
				Data Latih	Data Uji	Data Latih	Data Uji
1	Naracoba 1	Klasik	4	2	2	4	3
2	Naracoba 1	Murotal	4	3	2	2	3
3	Naracoba 1	Rock	4	2	2	3	2
4	Naracoba 2	Klasik	4	2	3	2	2
5	Naracoba 2	Murotal	4	3	2	4	2
6	Naracoba 2	Rock	4	3	3	3	3
7	Naracoba 3	Klasik	4	2	3	2	2
8	Naracoba 3	Murotal	4	3	3	3	3
9	Naracoba 3	Rock	4	4	2	4	3
Total			36	20	22	27	20
Akurasi (%)				58.33	54.16	75	62.5

Pada Tabel 1 jumlah naracoba yang diujikan sebanyak 3 naracoba. Terdapat 36 data untuk 3 kelas dan 3 naracoba. Data latih merupakan data hasil perekaman yang telah dilatih menggunakan algoritma backpropagation dan diujikan kembali, sedangkan data uji merupakan data hasil perekaman yang langsung diuji menggunakan algoritma backpropagation.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan sistem yang dapat mengklasifikasikan sinyal EEG terhadap rangsangan suara. Sistem ini telah diuji dengan menggunakan parameter *learning rate* 0.01 dan 0.1. Untuk akurasi menggunakan *learning rate* 0.01 sebesar 54.16% untuk data uji dan 58.33% untuk data latih, sedangkan *learning rate* 0.1 menghasilkan akurasi sebesar 62.5% untuk data uji dan 75% untuk data latih.

#### DAFTAR PUSTAKA

- D. D. Schmorow, L. J. Trejo, K. Knuth, R. Prajo and R. Rosipa, "EEG Based Estimation of Mental Fatigue: Convergent Evidence for a Three State Model," *Augmented Cognition, HCI 2007, LNAI 4565*, pp. 201-211, 2007.
- E. C. Djamal, Suprijanto and A. Arif, "Identification of Alertness State Through EEG Signal Using Wavelet Extraction and Neural Networks," in *The 2014 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA 2014)*, Bandung, 2014.
- E. C. Djamal and Suprijanto, "Recognition of Electroencephalogram Signal Pattern against Sound Stimulation using Spectral of Wavelet," *TENCON*, pp. 374-378, 2011.
- E. C. Djamal and H. A. Tjokronegoro, "Identifikasi dan Klasifikasi Sinyal EEG Terhadap Rangsangan Suara dengan Ekstrasi Wavelet dan Spektral Daya," *PROC. ITB Sains & Tek.*, Vols. Vol. 37 A, No. 1, 2005, 69-92, p. 69, 2005.
- E. C. Djamal, H. A. Tjokronegoro and Soegijanto, "The Use Of Wavelet Power Spectrum For Detection And Identification Of Thinking-Induced Eeg Signals," *Majalah IPTEK*, Vols. Vol. 16, No. 1, Februari 2005, pp. 12-21, 2005.
- F. S. Bao, J. M. Gao, J. Hu, D. Y. F. C. Lie and K. J. Oommen, "Automated Epilepsy Diagnosis Using Interictal Scalp EEG," Minneapolis, Minnesota, USA, 2009.
- Hindarto, "Identifikasi Sinyal EEG Menggunakan Koefisien Regresi dan Jaringan Syaraf Tiruan," in *Simposium Nasional Teknologi Terapan*, 2013.
- Hindarto, M. Hariadi and M. H. Purnomo, "Identifikasi Sinyal Elektrode Enchaplao Graph Untuk Menggerakkan Cursor Menggunakan Teknik Sampling Dan Jaringan Syaraf Tiruan," *Jurnal Ilmiah KURSOR*, vol. 6, pp. 11-18, 2011.

Hindarto, "Klasifikasi Sinyal Elektrode Ensephalogram (EEG) Menggunakan Metode Wavelet," *Teknolojia*, vol. 5, pp. 11-18, 2010.

J. Culpepper, "Discriminating Mental States Using EEG Represented by Power Spectral Density," 1999.

M. K. Kiymk, M. Akin and A. Subasi, "Automatic Recognition of Alertness Level by Using Wavelet Transform an Artificial Neural Networks," *Journal of Neuroscience Methods Elsevier*, pp. 231-240, 2004.

R. Wang, Tianjin, J. Wang, H. Li and Y. Chen, "Power spectral density and high order bispectral analysis of Alzheimer's EEG," in *Control and Decision Conference (CCDC), 2015 27th Chinese*, Qingdao, 2015.

R.-N. Duan, X.-W. Wang and B.-L. Lu, "EEG-Based Emotion Recognition in Listening Music by Using Support Vector Machine and Linear Dynamic System," in *ICONIP*, Berlin, 2012.

Sutikno, T.; Pujianta, A.; Supanti, Y. T., "Prediksi Risiko Kredit dengan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *SNATI*, no. ISSN: 1907-5022, Juni 2007.

T. Rihantoro, E. Nurachmah and R. T. S. Hariyati, "Pengaruh Terapi Musik Terhadap Status Hemodinamika Pada Pasien Koma di Ruang ICU Sebuah Rumah Sakit di Lampung," *Jurnal Keperawatan Indonesia*, vol. 12, pp. 115-120, 2008.

Y. Liu, O. Sourina and M. K. Nguyen, "Real-time EEG-based Emotion Recognition and its Applications," *Transactions on Computational Science XII*, vol. 6670, pp. 256-277, 2011.