

# Klasifikasi Sinyal EEG Terhadap Tiga Kondisi Pikiran Menggunakan *Autoregressive* dan *Adaptive Backpropagation*

Irvan Herdiansyah<sup>1</sup>, Esmeralda C. Djamal, Agus Komarudin  
Jurusan Informatika, Fakultas MIPA  
Universitas Jenderal Achmad Yani  
Cimahi, Indonesia  
<sup>1</sup>irvanherdian46@gmail.com

**Abstrak**— Seorang siswa dituntut untuk memiliki kemampuan berpikir yang cepat dan tepat dalam menyelesaikan setiap masalah yang dihadapi dalam proses belajar. Kemampuan yang harus dimiliki diantaranya adalah kemampuan menulis dan kemampuan menghitung. Kondisi berpikir setiap siswa tersebut dapat diketahui dengan cara melakukan evaluasi menggunakan perangkat *Elektroensefalogram* (EEG). Sinyal EEG memiliki banyak informasi mengenai kondisi pikiran seseorang seperti ketika seseorang berpikir menghitung, berpikir menulis bahkan ketika seseorang tidak memikirkan sesuatu. Penelitian ini membangun sebuah sistem klasifikasi sinyal EEG terhadap tiga kondisi pikiran menggunakan *Autoregressive* untuk ekstraksi sinyal EEG dan klasifikasi menggunakan *Adaptive Backpropagation* dengan tiga kondisi pikiran yang ditinjau adalah kondisi menghitung, menulis dan tidak memikirkan sesuatu. Orde *Autoregressive* yang digunakan untuk ekstraksi ciri adalah orde 10, orde 20 dan orde 30 dengan parameter optimal untuk proses pelatihan *Adaptive Backpropagation* yaitu *learning rate* 0.01, minimum error 0.001 dan iterasi sebanyak 7000. Hasil pengujian menunjukkan akurasi terbaik diperoleh dengan melakukan ekstraksi menggunakan orde 30 dengan akurasi sebesar 82% dari 90 set data yang digunakan.

**Kata kunci**— *sinyal eeg; kondisi pikiran; autoregressive; adaptive backpropagation*

## I. PENDAHULUAN

Sekolah merupakan tempat yang digunakan oleh siswa untuk mengembangkan kemampuan kognitif mereka meliputi kemampuan menulis dan kemampuan menghitung. Kemampuan-kemampuan tersebut saling berhubungan pada salah satu fungsi kerja otak. Kemampuan menulis diartikan sebagai kondisi seorang siswa yang dapat menggambarkan atau menjabarkan sebuah masalah menjadi sebuah tulisan. Kemampuan menghitung dapat diartikan sebagai kondisi siswa yang dapat melakukan operasi aritmatika seperti melakukan penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Sehingga setiap siswa dituntut untuk memiliki kemampuan tersebut agar dapat mengikuti seluruh pelajaran di sekolah. Kondisi pikiran seorang siswa ketika berpikir menghitung atau ketika berpikir menulis bahkan ketika siswa tidak memikirkan sesuatu dapat diketahui dengan cara melakukan sebuah evaluasi yaitu menggunakan *Elektroensefalogram* (EEG) [1]. Perangkat EEG bekerja dengan menangkap aktivitas listrik

pada permukaan kulit kepala. Sinyal hasil perekaman dari perangkat EEG disebut sebagai sinyal EEG. Melalui sinyal EEG kondisi pikiran seseorang dapat diketahui sekalipun orang tersebut tidak melakukan suatu gerakan fisik apapun. Banyak variabel yang dapat ditinjau untuk menentukan kondisi pikiran seseorang berdasarkan sinyal EEG.

Pada penelitian terdahulu sinyal EEG digunakan untuk membedakan antara kondisi mengantuk dan keadaan tidur [2], kondisi kewaspadaan [3], kondisi emosional [4], ada juga yang menggunakan sinyal EEG untuk membedakan kondisi mata terbuka dan mata tertutup [5], menggerakkan perangkat eksternal [6], melakukan identifikasi gerakan tangan [7], menggerakkan kursor melalui gerakan jari [8], mengetahui kondisi menulis dan menggenggam dari sinyal EEG [9], identifikasi penyakit Epilepsi [10]. Selain itu beberapa rangsangan dapat mempengaruhi hasil dari sinyal EEG yang diperoleh seperti rangsangan suara [11], rangsangan musik yang dapat mempengaruhi kondisi emosi [12].

Namun pemrosesan sinyal EEG tidaklah mudah, masalah yang dihadapi dalam pemrosesan sinyal EEG yaitu amplitudo yang rendah, mudah tertimbun *noise* saat perekaman data dan polanya yang rumit. Oleh karena itu dibutuhkan tahapan-tahapan yang sesuai agar dapat mengetahui kondisi pikiran seseorang, dimulai dari tahap ekstraksi hingga tahap klasifikasi. Tahap ekstraksi digunakan untuk mengambil setiap ciri yang ada pada sinyal EEG yang diperoleh. Penelitian terdahulu menggunakan Wavelete untuk ekstraksi sinyal EEG pada identifikasi tingkat konsentrasi [13], Short-time Fourier untuk ekstraksi kondisi membayangkan menulis [14], dan penelitian lain menggunakan *Autoregressive* dalam mengekstraksi sinyal EEG untuk deteksi penyakit Epilepsi dan tidak Epilepsi [15]. Hasil ekstraksi kemudian diteruskan pada tahap klasifikasi. Pada tahap klasifikasi digunakan untuk mengukur kedekatan sinyal EEG yang diperoleh dengan kondisi pikiran yang ingin diketahui. Salah satu metode yang cukup banyak digunakan dalam tahap klasifikasi adalah *Backpropagation*.

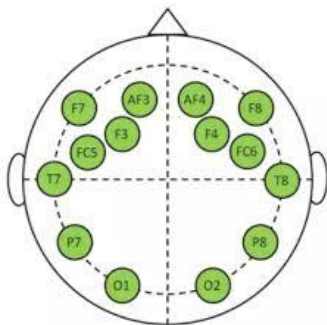
Penelitian ini telah membangun sebuah sistem yang dapat mengklasifikasi sinyal EEG terhadap tiga kondisi pikiran yaitu menghitung, menulis dan tidak memikirkan sesuatu menggunakan *Autoregressive* sebagai metode ekstraksi ciri dan *Adaptive Backpropagation* sebagai metode klasifikasi.

## II. PERANCANGAN SISTEM

### A. Elektroensefalogram

Menulis dan menghitung merupakan kemampuan yang dimiliki oleh setiap orang. Terdapat berbagai cara yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan tersebut yaitu dengan melakukan sebuah tes tertulis namun cara tersebut masih memiliki kekurangan karena terdapat kemungkinan siswa melakukan kecurangan atau mencontek pada saat mengerjakan soal tes tersebut sehingga hasil yang diberikan tidak sesuai dengan kemampuan siswa tersebut. Cara lain yang dapat digunakan untuk evaluasi yaitu menggunakan EEG, dengan menggunakan EEG hasil yang diberikan lebih maksimal karena kondisi berpikir seseorang akan langsung diketahui melalui sinyal yang ditangkap dari aktivitas listrik pada permukaan kulit kepala manusia. Proses perekaman sinyal EEG biasanya dianggap sulit dan memerlukan alat yang rumit yang hanya dapat digunakan oleh dokter atau standar klinik kesehatan saja. Namun saat ini perangkat EEG sudah ada dalam bentuk *wireless* sehingga dapat lebih mudah digunakan dalam proses pengambilan sinyalnya. Secara garis besar, otak manusia menghasilkan lima jenis gelombang otak secara bersamaan yaitu Gamma, Beta, Alfa, Teta dan Delta, tetapi selalu ada gelombang otak yang dominan yang menandakan kondisi pikiran seseorang.

Perekaman sinyal EEG dilakukan dengan cara meletakkan elektroda pada permukaan kulit kepala yang pada umumnya menggunakan metode 10-20 dengan *frekuensi sampling* 128-1024 Hz. Peletakan elektroda pada permukaan kulit kepala dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peletakan elektroda

Peletakan elektroda dilengkapi dengan kode huruf yang menyatakan angka ganjil menunjukkan daerah sisi kiri dan angka genap menunjukkan daerah sisi kanan kepala serta membagi kepala dalam beberapa daerah yaitu C (*Central*), F (*Frontal*), O (*Occipital*), P (*Parietal*) dan T (*Temporal*).

### B. Akuisisi Data

Akuisisi data merupakan tahap yang digunakan untuk memperoleh data yang nantinya data tersebut digunakan pada pemrosesan sistem. Pada penelitian ini data diambil dari 10 naracoba dengan rentang usia masing-masing naracoba diantara 19 hingga 23 tahun. Perekaman dilakukan sebanyak tiga kali perulangan untuk tiga kondisi. Perekaman menggunakan EEG Emotive Insight empat kanal (AF3, AF4, T7 dan T8) dengan *frekuensi sampling* 128 Hz. Satu naracoba menghasilkan sembilan set data, sehingga dari 10 naracoba menghasilkan 90

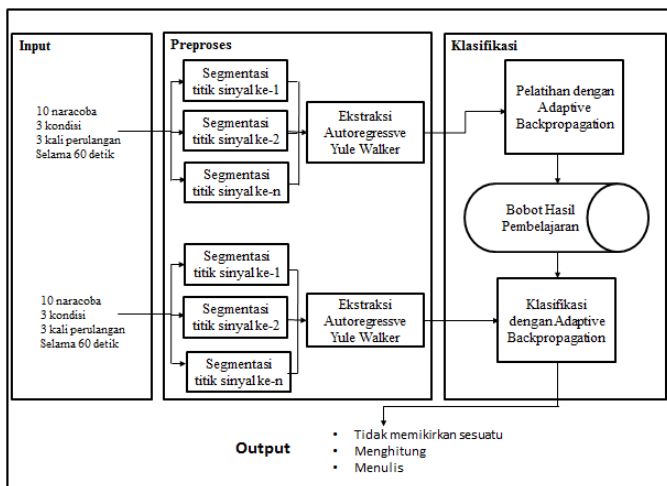
set data untuk data latih. Perekaman dilakukan pada pagi, siang dan sore hari dimulai pada pukul 08.00 hingga selesai pada pukul 17.00 yang bertujuan agar data yang diperoleh lebih bervariasi untuk proses pelatihan sistem. Tempat yang digunakan merupakan tempat dengan suasana yang tenang dan hening agar mengurangi kemungkinan adanya *noise* pada saat perekaman data berlangsung.

Pada saat perekaman dimulai naracoba dikondisikan pada posisi duduk, dalam keadaan setenang mungkin, cukup istirahat, tidak dalam tekanan, tidak mengantuk dan fokus pada arahan yang diberikan. Arahan yang diberikan berkaitan dengan proses perekaman agar data yang diperoleh sesuai dengan kondisi pikiran yang diinginkan. Pada kondisi menghitung setiap naracoba diarahkan untuk mengerjakan tes matematika, setiap naracoba diberi sebuah soal meliputi penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian dan diminta untuk menyelesaikan soal tersebut satu persatu tanpa bersuara atau membuat gerakan fisik lain. Untuk kondisi menulis setiap naracoba diminta untuk membayangkan menulis surat kepada teman dekat atau kerabat tanpa bersuara dan melakukan gerakan fisik lain. Untuk kondisi tidak memikirkan sesuatu setiap naracoba hanya diminta untuk duduk tenang sambil memejamkan mata dengan lama waktu perekaman selama satu menit atau 60 detik. Data hasil perekaman tidak dapat langsung digunakan oleh sistem karena data hasil perekaman masih disimpan pada file berekstensi *\*.edf* sehingga perlu diubah terlebih dahulu ke dalam file berekstensi *\*.csv*. Data sinyal EEG yang berekstensi *\*.csv* inilah yang kemudian dimasukkan ke dalam sistem untuk diketahui cirinya melalui tahap ekstraksi menggunakan *Autoregressive* dan diklasifikasi menggunakan *Adaptive Backpropagation*.

### C. Perancangan Sistem Klasifikasi

Data yang diperoleh dari hasil perekaman berjumlah 90 set data yang kemudian dilatih dan digunakan sebagai data uji. Satu set data terdapat 7680 titik sinyal dari satu kanal. Sehingga dari empat kanal untuk satu set data terdapat 30720 titik sinyal. Kemudian data tersebut diekstraksi menggunakan *Autoregressive* orde 10, orde 20 dan orde 30. Penggunaan orde 10 membutuhkan 100 titik sinyal untuk proses ekstraksinya, maka dari satu set data menghasilkan 76 segmen, satu segmen berisi 10 koefisien sehingga dari 76 segmen menghasilkan 760 koefisien pada satu set data. Untuk penggunaan orde 20 dibutuhkan 400 titik sinyal dalam proses ekstraksinya, maka dari satu set data menghasilkan 19 segmen, tiap segmen menghasilkan 20 koefisien sehingga dari seluruh segmen menghasilkan 380 koefisien pada satu set data. Untuk penggunaan orde 30 membutuhkan 900 titik sinyal dan menghasilkan 30 koefisien dari setiap segmennya. Penggunaan orde 30 menghasilkan 8 segmen sehingga total koefisien yang dihasilkan adalah 240 koefisien dari satu set data.

Hasil ekstraksi kemudian dijadikan sebagai neuron masukan yang kemudian digunakan untuk proses pelatihan menggunakan *Adaptive Backpropagation* untuk mengetahui kondisi pikiran seseorang dari data yang diperoleh. Sistem klasifikasi tiga kondisi pikiran yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem klasifikasi tiga kondisi pikiran

Pengujian dilakukan secara *offline* yaitu data yang digunakan adalah data hasil perekaman sehingga data EEG sudah disiapkan terlebih dahulu kemudian sistem diujikan menggunakan data tersebut. Sistem dibangun berbasis *desktop* menggunakan bahasa pemrograman Java dengan basis data SQLite dengan *tools* Eclipse.

### III. METODE

#### A. Autoregressive

Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi nilai parameter atau koefisien Autoregressive yaitu menggunakan Least Squares, Yule Walker dan Burg. Pada penelitian ini menggunakan Yule Walker untuk mendapat nilai parameter  $\alpha$  (koefisien Autoregressive) yang dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$R_{xx}(k) + \sum_{i=1}^p \alpha_i R_{xx}(k-i) = 0 \quad (1)$$

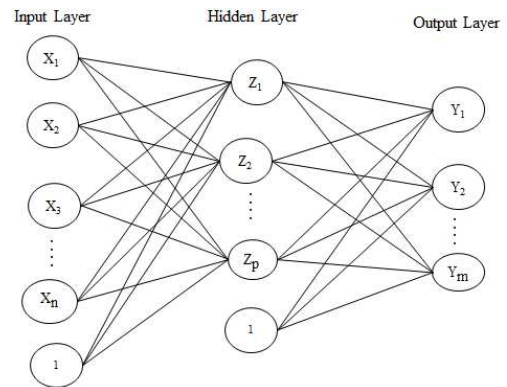
Dengan  $p$  adalah orde Autoregressive yang digunakan, nilai  $k$  akan sama dengan orde atau nilai  $p$  dimulai dari 1 hingga orde yang digunakan,  $\alpha_i$  adalah koefisien Autoregressive,  $R_{xx}(k)$  adalah autokorelasi. Nilai autokorelasi dapat diperoleh melalui Persamaan 2.

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-k} x[n] * x[n+k] \quad (2)$$

Dimana  $x$  adalah *point sampel* pada waktu ke  $x$  dan  $N$  adalah jumlah data yang digunakan. Pemilihan orde Autoregressive dapat menentukan akurasi yang dihasilkan. Pada penelitian terdahulu menggunakan orde 20 karena memberikan nilai *error* terkecil sebesar 2% [16].

#### B. Adaptive Backpropagation

*Backpropagation* menggunakan arsitektur Multilayer Perceptron yang terdiri dari lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*). Arsitektur *Multilayer Perceptron* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur *multilayer perceptron*

*Backpropagation* adalah algoritma pembelajaran yang terawasi, proses pelatihan dilakukan dengan perhitungan propagasi maju dan propagasi mundur. Propagasi maju menghasilkan keluaran yang dibandingkan dengan target setiap data masukan, propagasi mundur dilakukan untuk koreksi bobot menggunakan *error output*. Neuron-neuron pada propagasi maju diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi. Salah satu fungsi aktivasi yang digunakan adalah aktivasi *Sigmoid Biner* yang menghasilkan keluaran pada rentang 0-1. Fungsi aktivasi *Sigmoid Biner* dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (3)$$

Perbedaan *Backpropagation* dan *Adaptive Backpropagation* yaitu terdapat pada koreksi bobot yang dilakukan. Pada *Adaptive Backpropagation* nilai *learning rate* terus berubah dalam koreksi bobot pada jaringan disetiap iterasinya menggunakan Persamaan 4, sehingga penggunaan *Adaptive Backpropagation* dapat meningkatkan kecepatan konvergensi dalam hal waktu dan meminimalkan *error* [17].

$$w^{t+1} = w^t - \lambda_t \nabla E(w^t) \quad (4)$$

Dengan  $w^{t+1}$  adalah bobot baru untuk iterasi berikutnya ( $t+1$ ),  $w^t$  adalah bobot pada iterasi saat ( $t$ ),  $\lambda_t$  adalah *adaptive learning rate*,  $\nabla E(w^t)$  adalah fungsi *error* pada bobot iterasi saat ( $t$ ), nilai  $\lambda_t$  dapat diperoleh dari Persamaan 5.

$$\lambda_t = \begin{cases} \eta_t, & \left| \frac{\eta_t}{\eta_{t-1}} \right| \leq \mu \\ \mu \eta_{t-1}, & \text{kondisi lain} \end{cases} \quad (5)$$

Dengan  $\eta_t = \frac{\langle \delta_{t-1}, \delta_{t-1} \rangle}{\langle \delta_{t-1}, \psi_{t-1} \rangle}$  dan  $\mu$  adalah faktor pertumbuhan maksimum. Nilai  $\delta_{t-1}$  dan nilai  $\psi_{t-1}$  dapat diperoleh masing-masing menggunakan Persamaan 6 dan Persamaan 7.

$$\delta_{t-1} = w^t - w^{t-1} \quad (6)$$

$$\psi_{t-1} = \nabla E(w^t) - \nabla E(w^{t-1}) \quad (7)$$

Pada penelitian terdahulu penggunaan *momentum adaptive learning rate* dapat meningkatkan akurasi dalam melakukan klasifikasi data [18], penelitian lain menggunakan *Adaptive Backpropagation* dalam mendeteksi penyakit Epilepsi dan tidak Epilepsi berdasarkan sinyal EEG dengan menghasilkan akurasi sebesar 96% untuk data latih [15].

#### IV. HASIL DAN DISKUSI

Proses pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi pengujian parameter pelatihan dan pengujian penggunaan variasi nilai orde Autoregressive yang digunakan pada saat melakukan ekstraksi data. Nilai orde yang digunakan yaitu orde 10, orde 20 dan orde 30. Pengujian dilakukan terhadap 90 data yang terdiri dari 30 data menulis, 30 data menghitung dan 30 data tidak memikirkan sesuatu yang diperoleh dari 10 naracoba dengan kondisi perekaman yang telah ditentukan sebelumnya yang masing-masing naracoba dilakukan perekaman sebanyak tiga kali yang dibagi menjadi tiga sesi yaitu pagi hari, siang hari dan sore hari untuk mendapat variasi data yang berbeda. Seluruh data dilatih dan data yang telah dilatih tersebut kemudian digunakan sebagai data uji untuk mengukur akurasi terhadap sistem yang dibangun.

Pengujian pertama dilakukan untuk mencari parameter optimal pada proses pelatihan. Hasil pengujian parameter pelatihan dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I. HASIL PENGUJIAN PARAMETER PELATIHAN

Minimum Error	Iterasi	Learning Rate	Akurasi Pengujian (%)
0.001	5000	0.01	76
		0.1	48
		0.2	50
		0.5	51
	7000	0.01	82
		0.1	61
		0.2	62
		0.5	56

Pengujian parameter pelatihan dilakukan terhadap penggunaan beberapa parameter yaitu minimum error 0.001, learning rate 0.01, 0.1, 0.2, 0.5 dan iterasi sebanyak 5000 dan 7000. Parameter dengan minimum error 0.001, learning rate 0.01 dan iterasi sebanyak 7000 merupakan parameter terbaik dengan menghasilkan akurasi sebesar 82%.

Pengujian kedua dilakukan terhadap penggunaan variasi nilai orde Autoregressive. Hasil pengujian dengan menggunakan ekstraksi orde 10 dapat dilihat pada Tabel II. Hasil pengujian dengan menggunakan ekstraksi orde 20 dapat dilihat pada Tabel III dan hasil pengujian dengan menggunakan ekstraksi orde 30 dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL II. HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI ORDE 10

No	Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Tepat Dikenali
1.	Naracoba 1	9	5
2.	Naracoba 2	9	6
3.	Naracoba 3	9	4
4.	Naracoba 4	9	4
5.	Naracoba 5	9	4
6.	Naracoba 6	9	5
7.	Naracoba 7	9	4
8.	Naracoba 8	9	4
9.	Naracoba 9	9	6
10.	Naracoba 10	9	6
Total Dikenali		90	48

TABEL III. HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI ORDE 20

No	Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Tepat Dikenali
1.	Naracoba 1	9	6
2.	Naracoba 2	9	6
3.	Naracoba 3	9	6
4.	Naracoba 4	9	7
5.	Naracoba 5	9	6
6.	Naracoba 6	9	7
7.	Naracoba 7	9	7
8.	Naracoba 8	9	6
9.	Naracoba 9	9	7
10.	Naracoba 10	9	7
Total Dikenali		90	65

TABEL IV. HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI ORDE 30

No	Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Tepat Dikenali
1.	Naracoba 1	9	7
2.	Naracoba 2	9	7
3.	Naracoba 3	9	7
4.	Naracoba 4	9	8
5.	Naracoba 5	9	7
6.	Naracoba 6	9	7
7.	Naracoba 7	9	8
8.	Naracoba 8	9	8
9.	Naracoba 9	9	8
10.	Naracoba 10	9	7
Total Dikenali		90	74

Hasil pengujian menggunakan ekstraksi orde 10 menunjukkan dari 90 data penggunaan orde 10 hanya dapat mengenali 48 data atau sebesar 53%. Penggunaan orde 20 saat melakukan ekstraksi dapat mengenali 65 data atau sebesar 72%. Sedangkan hasil tertinggi diperoleh dengan melakukan ekstraksi menggunakan orde 30 dengan jumlah data yang dapat dikenali berjumlah 74 data atau sebesar 82% dari seluruh data yang digunakan.

#### V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah membangun sistem klasifikasi sinyal EEG terhadap tiga kondisi pikiran yaitu menulis, menghitung dan tidak memikirkan sesuatu dengan menggunakan Autoregressive dan Adaptive Backpropagation. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan Autoregressive orde 10, orde 20 dan orde 30. Hasil pengujian menunjukkan penggunaan parameter pelatihan pada Adaptive Backpropagation yaitu learning rate 0.01, minimum error 0.001 dan iterasi sebanyak 7000 dengan menggunakan ekstraksi Autoregressive orde 30 menghasilkan akurasi terbaik sebesar 82% dari 90 set data.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. J. Huan dan R. Palaniappan, "Neural network classification of autoregressive feature from electroencephalogram signals for brain-computer interface design," *Journal Of Neural Engineering*, pp. 142-150, 2004.
- [2] M. K. Kiyimik, M. Akin dan A. Subasi, "Auto Recognition of Alertness Level by Using Wavelete Transform and Artificial Neural Network," *Journal of Neuroscience Method*, pp. 231-240, 2004.
- [3] E. C. Djamil, Suprijanto dan A. Arif, "Identification of Alertness State Based on EEG Signal Using Wavelete Extraction and Neural Networks,"

- dalam *The 2014 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA 2014)*, Bandung, 2014.
- [4] A. Panat dan A. Patil, "Analysis of emotion disorder based in EEG signal of human brain," *International Journal of Computer Science, Engineering and Application (ISCSEA)*, vol. 2, no. 4, pp. 19-24, 2012.
- [5] L. Li, L. Xiao dan L. Chen, "Differences of EEG between Eyes-Open and Eyes-Closed States Based on Autoregressive Method," *Journal of Electronic Science and Technology of China*, vol. 7, no. 2, pp. 175-179, Juni 2009.
- [6] A. Finke, A. Lenhardt dan H. Ritter, "The MindGame: A P300-based brain-computer interface game," *Neural Network*, pp. 1329-1333, 2009.
- [7] M. K. Hazrati dan A. Erfanian, "An online EEG-based brain-computer interface for controlling hand grasp using an adaptive probabilistic neural network," *Medical Engineering & Physics*, pp. 730-739, April 2010.
- [8] Hindarto, M. Hariadi dan M. H. Purnomo, "Identifikasi Sinyal Elektroensefalogram untuk menggerakkan Kursor Menggunakan Teknik Sampling dan Jaringan Syaraf Tiruan," *Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya*, vol. 14, no. 7, pp. 230-234, 2011.
- [9] C. W. N. F. Fadzal, W. Mansor dan L. Y. Khuan, "An Analysis of EEG Signal Generated From Grasping and Writing," dalam *International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, 2011.
- [10] A. Ouelli, B. Elhadadi, H. Aissaoui dan B. Bouikhaleni, "Epilepsy Seizure Detection Using Autoregressive Modeling and Multi Layer Perception Neural Network," *American Jurnal of Computer Science and Engineering*, vol. 2, no. 4, pp. 26-31, 2015.
- [11] R. Wulansari, E. C. Djamal dan T. Darmanto, "Klasifikasi Sinyal EEG Terhadap Rangsangan Suara Menggunakan Power Spectral Dencity dan Multilayer Perception," dalam *SNST*, Semarang, 2016.
- [12] Y. P. Lin, W. C. H. T. L. Wu dan J. Chen, "Multilayer Perceptron for EEG Signal Classification during Listening to Emotional Music," dalam *TENCHON*, Taiwan, 2007.
- [13] R. Karmila, E. C. Djamal dan D. Nursantika, "Identifikasi Tingkat Konsentrasi dari Sinyal EEG dengan Wavelet dan Adaptive Backpropagation," dalam *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, Semarang, 2016.
- [14] A. Zabidi, W. Mansor, Y. K. Lee dan C. W. Fadzal, "Short-time Fourier Transform Analysis of EEG Signal Generated During Imagined Writing," dalam *International Conference on System Engineering and Technology*, Bandung, 2012.
- [15] W. E. Zulianto, E. C. Djamal dan A. Komarudin, "Deteksi Epilepsi dari Sinyal EEG Menggunakan Autoregressive dan Adaptive Backpropagation," dalam *SNST*, Semarang, 2016.
- [16] E. C. Djamal, Suprijanto dan S. J. Setiadi, "Classification Of EEG-Based Hand Grasping Imagination Using Autoregressive and Neural Networks," *Jurnal Teknologi*, vol. 6, no. 6, pp. 105-110, 2016.
- [17] S. J. Subavathi dan T. Kathirvalavakumar, "Adaptive Modified Backpropagation Algorithm Based on Differential Errors," *International Journal of Computer Source, Engineering and Applications (IJCSEA)*, vol. 1, no. 5, pp. 21-34, 2011.
- [18] W. Maharani, "Klasifikasi Data Menggunakan JST Momentum dengan Adaptive Learning Rate," *Seminar Nasional Informatika (semnasIF 2009)*, pp. 25-31, 2009.