

# Identifikasi Tingkat Konsentrasi Dari Sinyal EEG Dengan Wavelet dan Adaptive Backpropagation

Ratna Karmila\*, Esmeralda C. Djamal, Dian Nursantika

Jurusan Informatika, Fakultas MIPA  
Universitas Jenderal Achmad Yani  
Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi  
\*Ratna11@hotmail.com

**Abstrak**—Konsentrasi yang baik adalah salah satu faktor penting dalam proses pembelajaran atau dalam menyelesaikan pekerjaan. Namun tidak mudah untuk mengidentifikasi seseorang dalam konsentrasi yang baik dalam kedua aktivitas tersebut, padahal indikator tersebut sangat penting dalam evaluasi atau umpan balik. Elektroensefalogram (EEG) adalah perangkat yang dapat menangkap aktivitas listrik di otak dan menginformasikan kondisi pikiran seperti emosional, kelelahan, kewaspadaan, kesehatan dan tingkat konsentrasi. Pemodelan sinyal EEG sebelum klasifikasi perlu dilakukan, beberapa penelitian telah menggunakan transformasi Wavelet, Power Spectral, ataupun Autoregressive. Penelitian ini membangun sistem yang terintegrasi dengan EEG wireless untuk mengidentifikasi tingkat konsentrasi menggunakan Adaptive Backpropagation. Ekstraksi Wavelet digunakan sebagai pemodelan untuk meningkatkan akurasi dengan mengekstraksi sinyal terhadap gelombang alfa, beta, dan gamma. Kehadiran ketiga gelombang menjadi indikator dalam identifikasi menggunakan Adaptive Backpropagation. Adaptive Learning digunakan untuk mempercepat dalam proses pembelajaran jaringan.

**Kata kunci**—sinyal EEG, konsentrasi; ekstraksi wavelet; Adaptive Backpropagation

## I. PENDAHULUAN

Konsentrasi adalah kemampuan memusatkan perhatian pada suatu aktivitas tertentu. Semua pekerjaan yang dilakukan membutuhkan suatu konsentrasi, tingkatan konsentrasi seseorang tidak sama, terdapat orang yang dapat melakukan banyak pekerjaan dengan konsentrasi tanpa terpengaruh lingkungan, namun terdapat orang yang sulit berkonsentrasi pada suatu pekerjaan. Kasus sulitnya berkonsentrasi sering terjadi pada pelajar atau mahasiswa dengan berbagai faktor. Selain itu tingkat konsentrasi dibutuhkan oleh setiap pegawai ketika hendak melakukan berbagai macam pekerjaan. Monitoring dan evaluasi kondisi konsentrasi seseorang tidak mudah, salah satunya diperoleh dari informasi sinyal Elektroensefalogram (EEG).

Sinyal EEG merupakan sinyal bioelektrik yang berasal dari permukaan kulit manusia, umumnya sinyal ini bersifat kompleks dan dapat digunakan sebagai sumber informasi fungsi otak. Sinyal EEG berbentuk gelombang elektrik yang ukurannya sangat kecil, sehingga pengamatan visual secara langsung sangat sulit. Sinyal EEG direkam untuk

menginformasikan aktivitas listrik dalam otak. Dalam dunia kedokteran sinyal EEG telah digunakan untuk mendiagnosa kerusakan otak dan penyakit kejiwaan. EEG *wireless* memberikan kemudahan dan kenyamanan dalam perekaman sinyal karena lebih murah dan dapat digunakan untuk mengetahui kondisi pikiran seseorang termasuk tingkat konsentrasi.

Bentuk sinyal EEG setiap orang berbeda dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti kondisi emosional, mental, usia, aktivitas dan kesehatan. Beberapa penelitian mengklasifikasikan variabel kewaspadaan [1], emosional [2], tingkat perhatian [3], dan Autism [4] serta sedang mengantuk dan tidur [5]. Penelitian terdahulu merepresentasikan kemunculan gelombang dengan ekstraksi Wavelet packet dan analisis Power Spectral [6]. Karakteristik gelombang sinyal EEG terbagi berdasarkan daerah frekuensi yang menunjukkan dominasi aktivitas yang sedang dialami dikenal sebagai gelombang alfa (8-13 Hz) dominan muncul dalam keadaan sadar, mata tertutup dan kondisi rilek, gelombang beta (14–30 Hz) dominan muncul pada saat seseorang berpikir, gelombang teta (4–7 Hz) umumnya dominan muncul pada saat seorang sedang tidur ringan, mengantuk atau stress, gelombang delta (0.5–3 Hz) dominan muncul ketika seseorang sedang tidur nyenyak dan gelombang gamma (30–50 Hz) umumnya dominan muncul pada saat seorang dalam kondisi kesadaran penuh.

Penelitian terdahulu merepresentasikan kemunculan gelombang dengan ekstraksi Wavelet packet dan analisis Power Spectral [6]. Selain itu terdapat penelitian pengenalan tingkat perhatian, menghasilkan tingkat akurasi sebanyak 76% menggunakan Support Vector Machine (SVM) [7], sementara penelitian lain untuk kondisi perhatian menggunakan ekstraksi Wavelet menghasilkan tingkat akurasi 78% [3]. Wavelet dapat meminimalkan pengaruh non stasioner dengan mereduksi sinyal tanpa kehilangan informasi yang berarti. Transformasi Wavelet memungkinkan untuk digunakan pada multi resolusi yang didekomposisi pada sub-subsinyal. Transformasi Wavelet mampu menekan noise pada sinyal Elektrokardiogram dengan nilai lebih dari 20 db pada kelompok sinyal EKG AV dan VF [8].

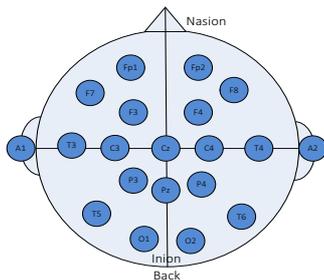
Penelitian ini membangun sistem identifikasi tingkat konsentrasi seseorang terhadap sinyal EEG menggunakan transformasi Wavelet dan Adaptive Backpropagation. Sinyal

EEG terlebih dahulu diekstraksi berdasarkan frekuensi menggunakan transformasi Wavelet sehingga diperoleh gelombang Alfa, Beta dan Gamma yang telah dipisahkan dari noise. Kemudian, sinyal terekstraksi diidentifikasi kondisi konsentrasinya menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma Adaptive Backpropagation untuk pelatihan. Penggunaan Adaptive Backpropagation dilakukan dengan variasi *learning rate* sesuai *error* antara target dengan nilai hasil perhitungan pada setiap iterasi sehingga dapat mempercepat dalam pembelajaran. Luaran sistem identifikasi adalah dua kelas, yaitu kelas konsentrasi dan kurang konsentrasi.

## II. SINYAL ELEKTROENSEPHALOGRAM

### A. Data Akuisisi

Pada penelitian ini sinyal EEG didapatkan dengan melakukan perekaman pada 10 naracoba dengan usia antara 20-25 tahun, sehat jasmani dan tidak dalam tekanan psikologis serta menyatakan diri sukarela untuk menjadi naracoba dalam penelitian ini, selain itu didasarkan pada penetapan jumlah naracoba yang digunakan pada penelitian terdahulu [6] [7] [3]. Perekaman dilakukan menggunakan EEG *wireless* dengan meletakkan elektroda pada kanal FP1, pada penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi kondisi konsentrasi menggunakan kanal Fp1 dan Fp2 [9]. Penetapan peletakan elektroda didasarkan pada sistem 10-20 seperti pada Gambar 1 menggunakan metode *International Federation of Societes of Electroencephalogram*.



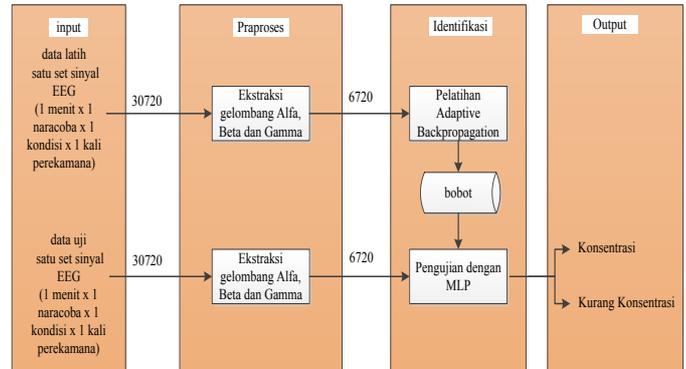
Gambar 1 Standar Sistem 10-20

Perekaman dilakukan pada empat waktu yaitu pagi pukul 07.00, siang pukul 13.00, sore pukul 16.00 dan malam pukul 19.00, waktu perekaman ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu terbaik dari naracoba untuk dapat berkonsentrasi dalam menyelesaikan pekerjaan. Pada saat perekaman naracoba ditempatkan pada ruangan yang nyaman dengan pencahayaan yang tidak terlalu terang dan tidak berisik. Naracoba duduk tenang dan santai yang dihadapkan pada suatu layar komputer yang berisi permainan dengan jarak yang disesuaikan dengan kenyamanan naracoba namun dianjurkan jarak naracoba dengan layar komputer sekitar 25 – 30 cm. Saat perekaman naracoba memainkan permainan pemecahan perhitungan matematika dasar berjudul Mathrapid. Perekaman dilakukan selama satu menit, namun untuk mendapatkan data dengan konsentrasi yang baik perekaman dilakukan selama 80 detik dengan 10 detik awal perekaman dan akhir perekaman dihilangkan sehingga data yang diambil adalah data setelah 10 detik perekaman. Setiap naracoba melakukan empat kali

perekaman sesuai dengan waktu yang ditentukan. Perekaman kondisi kurang konsentrasi dilakukan selama satu menit dengan tidak memberikan rangsangan apapun pada naracoba, naracoba dikondisikan untuk rileks.

### B. Pemrosesan Sinyal EEG

Pemrosesan sinyal EEG untuk mengidentifikasi tingkat konsentrasi dilakukan dengan tiga langkah. Pertama melakukan praproses yaitu sinyal yang direkam selama satu menit menghasilkan 30720 data, jumlah data ini diperoleh berdasarkan frekuensi *sampling* yang digunakan dikali dengan durasi waktu perekaman. Pada penelitian ini menggunakan kanal Fp1 dengan frekuensi *sampling* yang digunakan 512 (dalam satu detik menghasilkan 512 data), sehingga jumlah data 512 x 60 detik. Selanjutnya sinyal yang disimpan sebagai data latih diekstraksi menggunakan Wavelet dengan bentuk Daubechies4 dengan mengekstraksikan sinyal pada gelombang Alfa, Beta, dan Gamma. Jumlah data latih hasil ekstraksi dengan Wavelet sebanyak 6720. Kedua melakukan pelatihan menggunakan Adaptive Backpropagation, pelatihan ini dilakukan dengan menentukan parameter pelatihan terlebih dahulu yaitu maksimum *epoch*, maksimum *error*, dan *learning rate*. Data yang akan dilatih adalah data hasil ekstraksi sebanyak 6720 sebagai data masukan, dengan *target* kelas sebanyak dua yaitu untuk kelas konsentrasi dan kelas kurang konsentrasi, *hidden layer* yang digunakan sebanyak  $\sqrt{(6720 + 2)} = 82$  dengan pembulatan ke atas, hasil pelatihan akan menghasilkan bobot pelatihan yang akan digunakan pada proses ketiga yaitu untuk identifikasi, identifikasi dilakukan dengan Backpropagation hanya menggunakan proses *feedforward* saja. Hasil identifikasi akan menunjukkan kelas konsentrasi dan kelas kurang konsentrasi. Sistem identifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



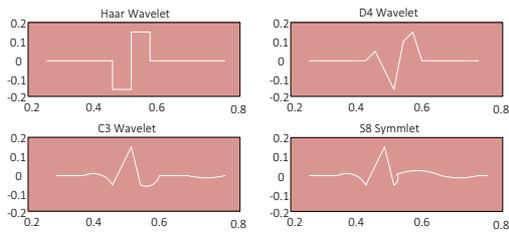
Data latih untuk 10 naracoba x 4 kali perekaman x 2 kondisi = 30720 x 10 x 4 x 2 = 2.457.600 (80 set data latih)

Gambar 2 Sistem Identifikasi

## III. METODE

### A. Ekstraksi Wavelet

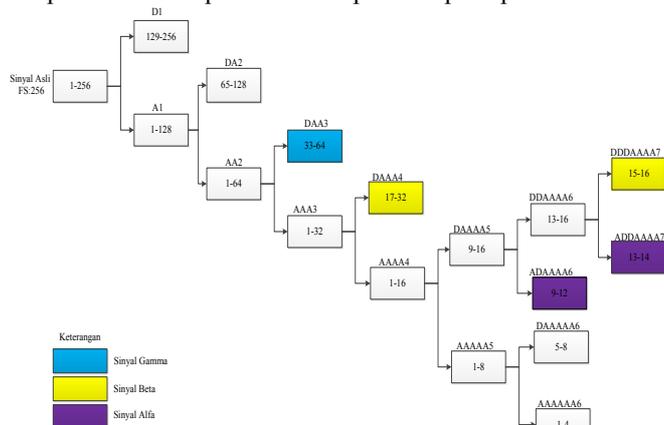
Wavelet melakukan transformasi sinyal atau citra dengan cara konvolusi dengan bentuk-bentuk wavelet. Terdapat lima bentuk Wavelet yaitu Haar, Coiflet, Symmet, Daubechies, dan Morlet seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Bentuk-bentuk Wavelet

Wavelet merupakan sebuah basis yang berasal dari sebuah fungsi penskalaan, proses penskalaan dilakukan dengan dekomposisi dan rekonstruksi. Dekomposisi adalah ekstraksi pada frekuensi tertentu, sedangkan mengembalikan menjadi sinyal semula dengan melakukan rekonstruksi. Dalam proses dekomposisi terdapat dua proses yang dilakukan yaitu konvolusi dan *downsampling*, konvolusi merupakan operasi matematis pengkalian dua fungsi menggunakan *inner product*, dengan melewati koefisien pada *low-pass filter* dan *high-pass filter* sedangkan *downsampling* yaitu proses mengurangi *sample* menjadi setengah bagian, pengurangan dilakukan sesuai dengan koefisien fungsi yang digunakan, koefisien *low-pass filter* mengambil data berindeks ganjil, koefisien *high-pass filter* mengambil data berindeks genap.

Pada penelitian ini untuk kondisi konsentrasi dapat dilihat dengan meningkatnya gelombang beta 14-30 Hz dan gamma 30-50 Hz sementara untuk kondisi kurang konsentrasi dapat dilihat dengan meningkatnya gelombang alfa 9-12 Hz. Untuk mendapatkan sinyal pada gelombang alfa, beta dan gamma didapatkan melalui proses dekomposisi seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Multilevel dekomposisi Wavelet

Sinyal EEG diekstraksikan dengan Wavelet menggunakan bentuk Wavelet Daubechies4(Db4), karena sifat sinyal EEG yang asimetrik dan nonstasioner maka bentuk Wavelet Db4 lebih cocok untuk proses ekstraksi mengingat Db4 lebih handal dalam menangani sinyal asimetrik dan *orthogonal*. Db4 memiliki empat koefisien *low-pass filter* dan empat koefisien *high-pass filter* seperti pada Persamaan (1) dan Persamaan (2).

Koefisien Fungsi Skala Aproksimasi

$$g_0 = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_1 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_2 = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_3 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \quad (1)$$

Dengan  $g(n)$  adalah koefisien *low-pass filter*

Koefisien Fungsi Wavelet Detil

$$h_0 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_1 = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_2 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_3 = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \quad (2)$$

Dengan  $h(n)$  = koefisien *high-pass filter*

Proses ekstraksi dilakukan dengan proses konvolusi dan *downsampling* seperti pada Persamaan (3) dan Persamaan (4).

$$\text{Konvolusi aproksimasi} = f(n) \times g(n) \quad (3)$$

$$\text{Konvolusi detail} = f(n) \times h(n) \quad (4)$$

Keterangan:

$f(n)$  = sinyal asli

$g(n)$  = koefisien *low pass filter*

$h(n)$  = koefisien *high pass filter*

- Ekstraksi pada Gelombang Alfa 8-13 Hz  
Proses untuk mendapatkan sinyal alfa yaitu dengan melakukan transformasi sinyal sebanyak enam langkah untuk mendapatkan sinyal dengan frekuensi 9 – 12 Hz, dengan langkah kesatu sampai keempat menggunakan konvolusi aproksimasi, langkah kelima menggunakan konvolusi detil, langkah keenam menggunakan konvolusi aproksimasi dan transformasi sinyal sebanyak tujuh langkah untuk mendapatkan sinyal dengan frekuensi 13 – 14Hz yaitu pada langkah keenam menggunakan konvolusi detil dan langkah ketujuh menggunakan konvolusi aproksimasi. Hasil ekstraksi gelombang alfa menghasilkan 720 data dalam satu menit.
- Ekstraksi pada Gelombang Beta 14-30 Hz  
Sinyal beta diperoleh dengan melakukan transformasi sinyal sebanyak empat langkah untuk mendapatkan sinyal dengan frekuensi 17-32 Hz dengan melakukan konvolusi aproksimasi pada langkah kesatu sampai ketiga dan langkah ke empat menggunakan konvolusi detil dan langkah ketujuh menggunakan konvolusi aproksimasi. Hasil ekstraksi gelombang alfa menghasilkan 2160 data dalam satu menit.
- Ekstraksi pada Gelombang Gamma 30-50 Hz  
Sinyal gamma diperoleh dengan melakukan transformasi sinyal sebanyak tiga langkah dengan langkah kesatu dan kedua menggunakan konvolusi aproksimasi dan langkah ketiga menggunakan konvolusi detil. Hasil ekstraksi gelombang gamma menghasilkan 3840 data dalam satu menit.

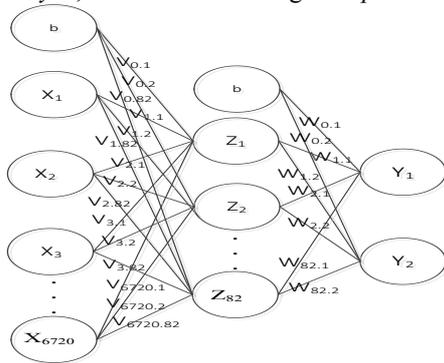
Jumlah data sinyal EEG yang telah diekstraksi dengan wavelet menghasilkan  $720+2160+3840 = 6720$  selama satu menit seperti terlihat pada TABEL 1, yang akan menjadi data masukan untuk dilatih dengan Adaptive Backpropagation.

TABEL 1 TABEL HASIL EKSTRAKSI GELOMBANG ALFA, BETA DAN GAMMA

Gelombang	Titik sinyal hasil ekstraksi	Jumlah data
Alfa 1	1, 65, 129, 193, ...30529	480
Alfa 2	1, 129, 257, 385, ...30465	240
Beta 1	9, 25, 41, 57, ...30713	1920
Beta 2	65, 193, 321, ...30657	240
Gamma	5, 13, 21, 29, ...30717	3840

**B. Adaptive Backpropagation**

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah komputasi yang arsitektur dan operasinya berdasarkan dari pengetahuan sel syaraf biologis di dalam otak. Salah satu arsitektur JST adalah Multilayer Perceptron yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pada penelitian ini jumlah masukan sebanyak 6720 neuron, dengan satu hidden layer, dan dua kelas sebagai output.



Gambar 5 Arsitektur multilayer perceptron

Dalam JST ditentukan perilaku seperti bobot, input, output, dan fungsi aktivasi. Terdapat beberapa fungsi aktivasi yang dapat digunakan seperti fungsi aktivasi Biner, Bipolar, Linier, Sigmoid Biner dan Sigmoid Bipolar. Fungsi aktivasi digunakan untuk memastikan keluaran pada suatu neuron berada pada rentang tertentu sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi biner seperti pada Persamaan (5).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (5)$$

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran terawasi menggunakan konfigurasi neuron atau arsitektur MLP. Pada penelitian ini proses yang dilakukan menggunakan algoritma Backpropagation umum pada proses feedforward nya saja, sedangkan untuk proses backward terdapat modifikasi karena menggunakan Adaptive Backpropagation (ABP).

Adaptive Backpropagation dilakukan saat koreksi bobot berlangsung. Perbandingan dengan Algoritma Backpropagation normal yaitu pada Adaptive Backpropagation parameter learning rate terus mengalami perubahan nilai seperti pada Persamaan 6, tergantung pada selisih error pada setiap iterasi pembelajaran, sedangkan pada Backpropagation normal parameter learning rate bersifat konstan dan digunakan terus menerus selama proses iterasi pembelajaran. Adaptive Backpropagation membutuhkan

jumlah iterasi lebih efisien dalam mencapai error minimum dibandingkan backpropagation normal dalam proses pelatihan [10].

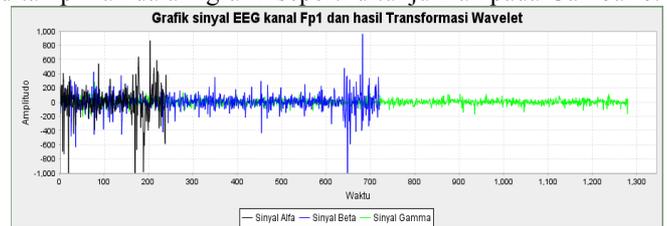
$$w^{t+1} = w^t - \lambda_t \nabla E(w^t) \quad (6)$$

Dengan  
 $w^{t+1}$  = bobot baru untuk iterasi berikutnya (t+1)  
 $w^t$  = bobot baru pada iterasi saat (t)  
 $\lambda_t$  = adaptive Backpropagation  
 $\lambda_t \nabla E(w^t)$  = fungsi error pada bobot iterasi saat (t).  
 Nilai  $\lambda_t$  dapat diperoleh dari persamaan berikut.

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

**IV. HASIL DAN DISKUSI**

Sistem yang dibangun pada penelitian ini telah mampu melakukan ekstraksi sinyal EEG kedalam bentuk gelombang Alfa, Beta, dan Gamma dengan Wavelet yang mereduksi sinyal EEG sebanyak 30720 data menjadi 6720 data yang terbagi kedalam gelombang Alfa, Beta dan Gamma, jika ditampilkan dalam grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik sinyal Alfa, Beta dan Gamma

Selanjutnya data hasil ekstraksi dilatih menggunakan Adaptive Backpropagation dengan melakukan perubahan pada learning rate setiap iterasi. Hasil dari penelitian ini penggunaan Adaptive Backpropagation dapat mempercepat proses pelatihan dibandingkan dengan Backpropagation secara umum seperti ditunjukan pada TABEL .

TABEL II. TABEL PERBANDINGAN AKURASI BP DENGAN ABP

	MSE	Waktu	Akurasi
BP	0.00099	00:25:14	66.3%
ABP	0.00097	00:13:20	75%

Pengujian dilakukan dengan ekstraksi dan filter dengan wavelet. Pengujian dilakukan dengan melakukan pelatihan pada 80 set data dari 10 naracoba dengan setiap set data berjumlah 30720 data kemudian dilakukan ekstraksi atau filter dengan wavelet sehingga jumlah data tereduksi menjadi 6720 data. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Adaptive Backpropagation, hasil pengujian ditunjukan pada TABEL dan TABEL IV dengan menggunakan ekstraksi, TABEL V dan TABEL VI dengan menggunakan filter.

TABEL III. PENGUJIAN DATA LATIH YANG DIUJIKAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI

Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Dikenali
Naracoba 1	8	7
Naracoba 2	8	8

Naracoba 3	8	7
Naracoba 4	8	8
Naracoba 5	8	8
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>38</b>

TABEL IV. PENGUJIAN DATA UJI YANG DIUJIKAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI

Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Dikenali
Naracoba 1	8	4
Naracoba 2	8	2
Naracoba 3	8	4
Naracoba 4	8	5
Naracoba 5	8	3
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>18</b>

TABEL V. PENGUJIAN DATA LATIH YANG DIUJIKAN MENGGUNAKAN FILTER

Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Dikenali
Naracoba 1	8	8
Naracoba 2	8	8
Naracoba 3	8	8
Naracoba 4	8	8
Naracoba 5	8	8
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>38</b>

TABEL VI. PENGUJIAN DATA UJI YANG DIUJIKAN MENGGUNAKAN FILTER

Naracoba	Jumlah Data	Jumlah Dikenali
Naracoba 1	8	4
Naracoba 2	8	7
Naracoba 3	8	3
Naracoba 4	8	3
Naracoba 5	8	1
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>16</b>

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah membangun sistem identifikasi tingkat konsentrasi dari sinyal EEG dengan menggunakan ekstraksi wavelet sebagai pemodelan sinyal untuk meningkatkan akurasi dan menggunakan Adaptive Backpropagation untuk pelatihan dan pengujian. Penggunaan Adaptive backpropagation dimaksudkan untuk mempercepat dalam proses pelatihan. Sistem diimplementasikan dalam perangkat lunak. Hasil pengujian menunjukkan penggunaan Adaptive Backpropagation dapat mempercepat dalam proses pembelajaran dengan tingkat akurasi 75%, dan pengujian sinyal dengan ekstraksi Wavelet memberikan akurasi sebesar 95% untuk data latih yang diujikan dan 45% untuk data uji baru yang diujikan, sedangkan dengan menggunakan *filter* memberikan akurasi sebesar 100% untuk data latih yang diujikan dan 40% untuk data uji baru yang diujikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. C. Djamil, 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.
- [2] M. S. a. M. P. T. Pantic, "Multimodal Emotion Recognition in Response to Videos," *IEEE Transaction on Affective Computing*, vol. Vol 3 No. 2, pp. 211-223, April-June 2012.
- [3] D. Prasetyowati and E. C. Djamil, "Identifikasi Kondisi Perhatian Berdasarkan Sinyal Elektroensefalogram Menggunakan Transformasi Wavelet dan Support Vector Machine," *Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan Jenderal Ahmad Yani*, 2015.
- [4] F. H. Duffy and H. Als, "A Stable Pattern of EEG Spectral Coherence Distinguishes Children with Autism from Neurotypical Controls - a large case control study," *Duffy and Als BMC Medicine*, pp. 1-18, 2012.
- [5] K. K. M, S. A and A. M, "Automatic Recognition of Alertness Level by Using Wavelet Transform an Artificial Neural Networks," *Journal of Neuroscience Methods Elsevier*, pp. 231-240, 2004.
- [6] E. C. Djamil and H. A. Tjokronegoro, "Identifikasi dan Klasifikasi Sinyal EEG terhadap Rangsangan Suara dengan Ekstraksi Wavelet dan Spektral Daya," *PROC. ITB Sains & Tek*, vol. Vol. 37 A, pp. 69-92, 2005.
- [7] N. H. Liu, C. Y. Chiang and H. C. Chu, "Recognizing the Degree of Human Attention Using EEG Signals from Mobile Sensors," *Sensors 2013*, pp. 10273-10286, 2013.
- [8] M. Risnasari, "Penekanan Noise Pada Sinyal EKG Menggunakan Transformasi Wavelet," *Jurnal Ilmiah Edutic*, vol. Vol.1 No.1, pp. 1-7, 2014.
- [9] T. J. Choi, J. O. Kim, S. M. Jin and G. Y. , "Determination of the Concentrated State Using Multiple EEG Channels," *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, vol. 8, pp. 1373-1376, 2014.
- [10] M. Khairani, "Improvisasi Backpropagation Menggunakan Penerapan Adaptive Learning Rate dan Parallel Training," *TECHSI*, vol. Vol 4. Nomor 1, pp. 158-172, 2014.