

Analisis Spektral Daya dari Transformasi Wavelet Asimetri Sinyal EEG Untuk Deteksi dan Identifikasi Dua Kondisi Pikiran

Esmeralda C. Djamal¹, Harijono A. Tjokronegoro² dan Farida I. Muchtadi²

¹Jurusan Fisika UNJANI, POBOX 148 Cimahi.

²Departemen Teknik Fisika ITB, Jl. Ganesha 10 Bandung.
email: alda@tf.itb.ac.id, cmail: hanegoro@indonet.id

Abstrak

Pada penelitian ini telah dibangun sistem deteksi dan identifikasi untuk pengenalan dan klasifikasi komponen-komponen sinyal EEG, terhadap sinyal EEG asimetri yang diperoleh dari perekaman pada kanal simetri. Sinyal EEG diperoleh dari 7 nara coba pada dua kondisi pikiran, yaitu rileks dan berpikir (non-rileks). Terhadap koefisien wavelet dari sinyal asimetri yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis Power Spectral Density (PSD). Sistem Klasifikasi dibangun berdasarkan spektrum daya pada daerah gelombang dan dengan uji hipotesis serta pengetahuan apriori tentang karakteristik energi komponen gelombang EEG. Penggunaan transformasi wavelet dapat mengatasi sifat non-stasioner, dan modifikasi sistem klasifikasi dengan uji hipotesis, meningkatkan keberhasilan klasifikasi, sehingga pada kondisi rileks memberikan hasil 85% dan kondisi non-rileks sebesar 64%.

Dibandingkan metoda yang lain, transformasi wavelet juga dapat mereduksi data tanpa kehilangan informasi yang berarti, hal ini ditunjukkan oleh penyimpangan rekonstruksi koefisien wavelet terhadap sinyal asli yang kecil.

Sementara pengaruh posisi elektroda terhadap keberhasilan pengamatan, diketahui bahwa posisi sentral memberikan keberhasilan terbaik sedangkan kanal occipital terburuk. Kondisi rileks ditunjukkan, hasil spektrum daya rata-rata seimbang untuk kanal yang simetrik dibanding kondisi non-rileks. Kurangnya keberhasilan yang diperoleh pada kondisi berpikir disebabkan kurangnya konsistensi pada kondisi tersebut, disamping kondisi rileks belum sepenuhnya hilang.

Kata kunci: Sinyal EEG, Uji Hipotesis, Transformasi Wavelet, Spektral Daya, Deteksi dan Identifikasi Sinyal.

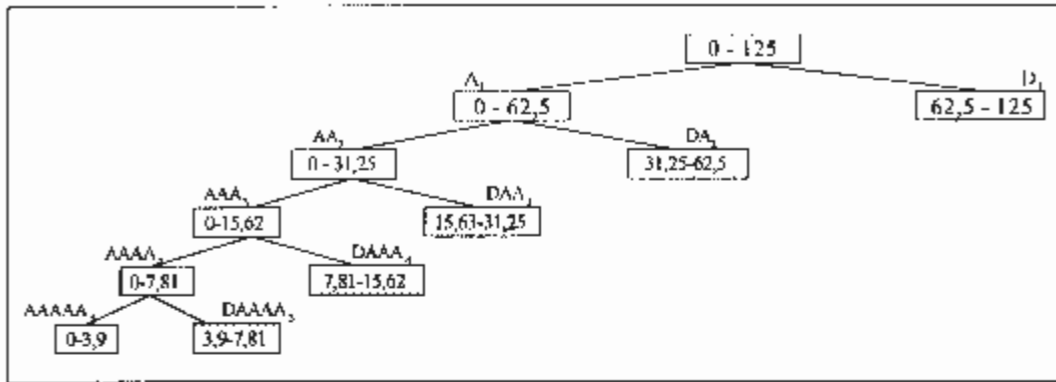
Abstract

In this research a detection and identification system for pattern recognition and classification of wave components of an asymmetric of two symmetrical EEG signal were developed. The EEG signal was obtained from 7 subjects with two conditions, relax and non-relax. The detection and identification was based on the non-symmetry signal recorded on a symmetric channel, test of hypothesis and priori learning of energy characteristic of component of the EEG signal. In the proposed method, the wavelet approximated coefficient of the non-symmetry EEG signal was analyzed using power spectral density (PSD) method. The wavelet transformation is suitable for non-stationary signal, the results were better for non-relax, that was 64%. Alternatively, in the relax condition, the result was 85%.

The advantage of the wavelet transformation with respect to the other methods is that of can reduce the number of data without loss of information. It was shown by small deflection between reconstruction of wavelet and original signal.

In term of the channel position, occipital channel gives best result for relax condition, while central channel for non-relax. The less success of non-relax conditions because of lack of consistency of the condition, where some of alpha waves were remain.

Keywords: EEG Signal, Hypothesis Test of Hypothesis, Wavelet Transformation, Power Spectral Density Detection and Classification of Signal.



Gambar 1
Wavelet Packet lima langkah terhadap sinyal EEG.

sebagaimana pada tujuan transformasi, dengan cara di atas, pada analisis wavelet, sinyal $x(t)$ dapat diekstraksi menjadi komponen-komponen frekuensi tertentu sehingga dapat menghilangkan noise.

Dalam realisasi penelitian ini, data sinyal EEG disampling dengan frekuensi 250 Hz, sehingga menghasilkan frekuensi Nyquist sebesar 125 Hz. Oleh karena itu, berdasarkan pada proses (7), ekstraksi frekuensi alfa (8-13 Hz), beta (14-30 Hz) dan teta (4-7 Hz) mengikuti struktur sebagai ditunjukkan pada Gambar 1

Ditunjukkan pada Gambar 1, sinyal EEG diekstraksi menjadi komponen frekuensi pada daerah 3,9-31,25 Hz (bagian yang diarsir). Ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa analisis hanya dilakukan untuk gelombang alfa, beta, dan teta.

3. Estimasi Kerapatan Spektral Daya Metoda Welch

Hasil sinyal pendekatan dari transformasi wavelet yang digunakan dari persamaan (6), $A(t)$, dianalisis dengan kerapatan spectral, dengan menggunakan metoda Welch. Misalkan pada $t = NT_s$ diberikan N data.

$\{a(N) : a(0), a(2), a(3), \dots, a(N-1)\}$
dengan perioda sampling T_s . Maka spektral daya dari
 $\{a(i, L) : a(i), a(i+1), a(i+2), \dots, a(i+L-1)\}$
diberikan oleh:

$$S_{ai}(\Omega) = \left| \sum_{l=0}^{L-1} a(i+l)e^{-j\Omega l} \right|^2 \quad (8)$$

$$\Omega = \frac{2\pi}{N}$$

Misalkan kemudian N data dari sinyal EEG $\{a(N)\}$ dibagi-bagi atas K kelompok data $\{a(i, L)\}_i, i=1,2,3,\dots,K$, masing-masing dengan panjang $L < N$, dimana $\{a(i, L)\}$ adalah kelompok ke i dari data $\{a(N)\}$ sepanjang L data, maka spektral daya dari $\{a(N)\}$ diberikan oleh:

$$S_a(\Omega) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S_{ai}(\Omega) \quad (9)$$

Untuk meningkatkan resolusi dari spektral terestimasi, sebelumnya terhadap setiap kelompok sinyal dilakukan windowing:

$$a_w(n) = a(n)w(n) \quad (10)$$

dengan $\{w(n) : w(0), w(1), w(2), \dots\}$ adalah sekuens fungsi window. Sehingga spektral daya yang diperoleh

$$S_{aw}(\Omega) = \frac{1}{2\pi N} |A(\Omega) * W(\Omega)|^2 \quad (11)$$

4. Deskripsi Data EEG

Set-up sistem pengukuran sinyal EEG biasanya menggunakan sistem internasional 10-20, dengan meletakkan sejumlah elektroda di permukaan kulit kepala. Dengan metode ini dapat diperoleh hasil perekaman mencapai 20 kanal sinyal EEG

Data sinyal EEG yang digunakan untuk penelitian ini adalah basis data yang dibuat oleh Keirn dan Aumon[4]. Prosedur yang digunakan pada perekaman data adalah subyek berada di dalam studio yang mempunyai pengaturan suara serta cahaya yang nyaman dan bebas dari bising.

Dengan kondisi perekaman demikian maka diasumsikan bahwa tidak terdapat faktor eksternal yang berpengaruh pada hasil rekaman EEG, kecuali dari emosi pasien yang bersangkutan pada saat tersebut. Elektroda yang digunakan adalah elektroda-Cap elastik untuk merekam posisi C3, C4, P3, P4, O1, dan O2. Masing-masing sinyal EEG direkam selama 10 detik dengan frekuensi sampling 250 Hz, sehingga diperoleh sinyal EEG sebanyak 2500 sampel. Perekaman dilakukan terhadap 7 subyek, yang masing-masing dilakukan dengan 5 kali pengukuran, dan berasal dari 6 kanal. Sementara ditinjau dari kondisi subyek diberikan penjelasan sebagai berikut:

1. Kondisi Rileks: pasien tidak memikirkan apapun, dalam keadaan sadar dan mata tertutup. Jumlah data menjadi $7 \times 5 \times 6 = 210$ set.
2. Kondisi Non-rileks atau berpikir, yang terdiri dari tiga pikiran, yaitu:
 - a. Aritmatika: pasien diminta untuk menghitung formula matematik sederhana di dalam hati. Jumlah data asimetrinya $7 \times 5 \times 6 = 210$ set.
 - b. Bersurat: pasien diminta membuat surat singkat di dalam hati. Jumlah data asimetrinya menjadi $7 \times 5 \times 6 = 210$ set.

Sehingga seluruhnya terdapat 630 set sinyal EEG, masing-masing sepanjang 2500 data (*sampled signal*).

Kemudian terhadap setiap sinyal EEG asimetrik yang diperoleh dari tiap kanal, dengan melakukan transformasi wavelet, dikomposisikan menjadi sinyal pendekatan dan sinyal detil. Dalam penelitian ini sebagai fungsi wavelet telah dipilih bentuk Daubechies dengan pertimbangan sifatnya yang tidak simetrik. Komposisi dilakukan

sebanyak 5 langkah, yang memberikan rekonstruksi mendekati sinyal asli, tanpa membutuhkan waktu yang cukup lama.

Penggunaan koefisien wavelet sebagai masukan dari analisis spektral daya, dimaksudkan untuk meminimasi sifat non-stasioner. Secara teoritis, selama 10 detik, terlalu singkat untuk gejala non-stasioner pada aktifitas listrik di otak. Namun gejala tersebut dapat diminimalkan dengan penggunaan wavelet. Selanjutnya hasil dari transformasi wavelet direpresentasikan menjadi spektral daya dengan metode Welch dan window Bartlett. Adapun rancangan pemodelan dan sistem klasifikasi dalam penelitian ini dapat dirangkum:

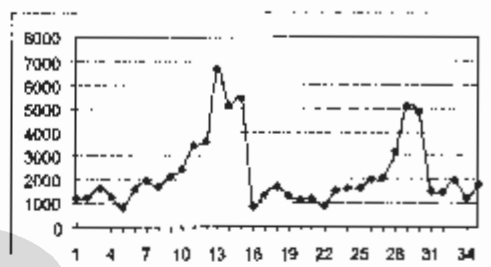
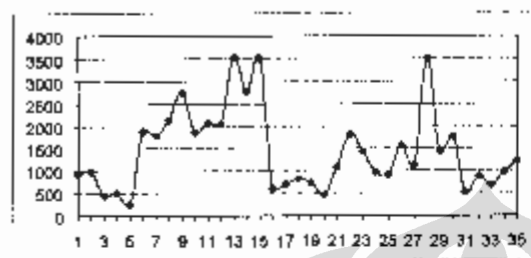
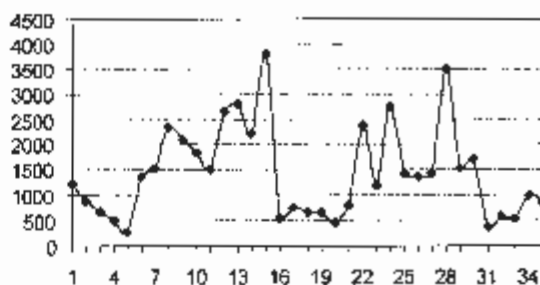
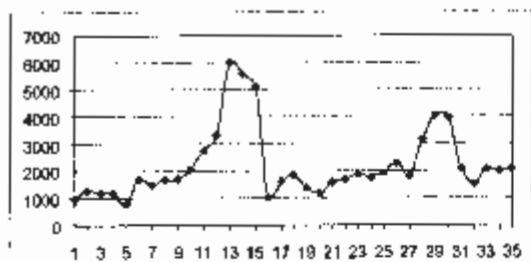
1. Transformasi wavelet 5 langkah dengan bentuk Daubechies dari sinyal asimetri menghasilkan koefisien wavelet.
2. Mencari spektral daya dari koefisien wavelet yang diperoleh pada langkah 1.
3. Dibangun sistem klasifikasi
4. Hasil klasifikasi.

5. Sistem Klasifikasi

Sebelum dibangun sistem klasifikasi, terlebih dahulu dianalisis fungsi distribusi energi untuk sinyal EEG setiap kondisinya, masing-masing pada daerah detektor alfa dan beta. Dalam penelitian ini telah dibatasi hanya menggunakan gelombang alfa, dan beta, sebagai dasar sistem klasifikasi. Pertimbangan yang diambil adalah bahwa kedua gelombang tersebut banyak muncul baik pada kondisi sadar dan sehat. Sistem klasifikasi dibangun atas spektral daya yang dihitung dari koefisien wavelet yang telah diperoleh pada langkah transformasi wavelet. Pengamatan terhadap gelombang alfa dan beta berdasarkan pengetahuan apriori bahwa gelombang alfa akan muncul dominan dalam keadaan rileks dan gelombang beta akan muncul dominan dalam keadaan non-rileks.

A. Langkah awal:

Dengan memisalkan telah diperoleh $S_x(\Omega)$ yaitu spektral daya dari koefisien wavelet (setelah *preprocessing* maupun *windowing*) yang diperoleh persamaan (11),

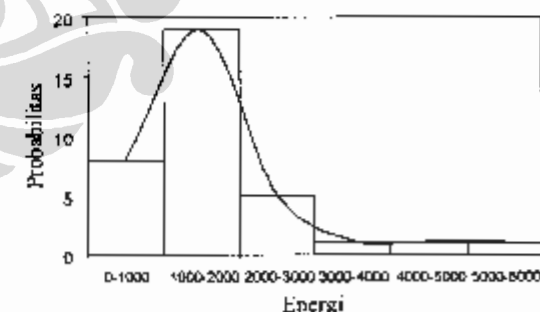
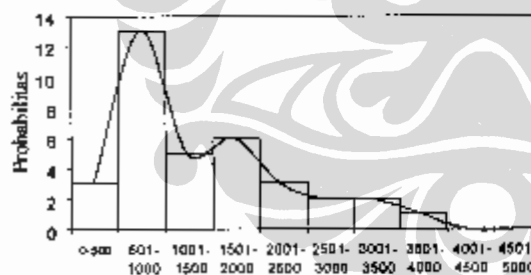
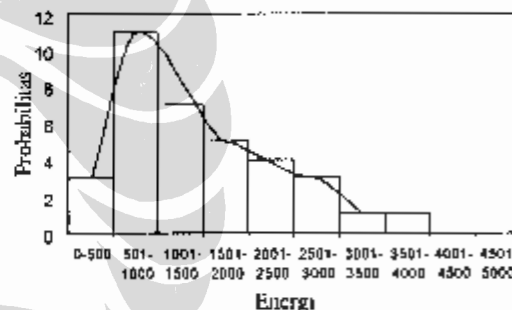
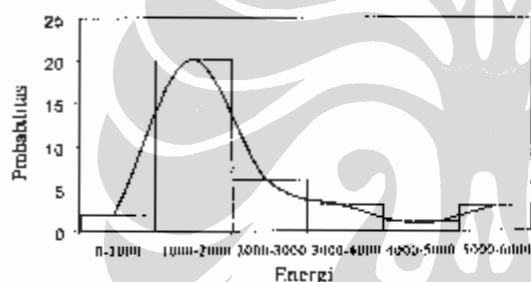


Gambar 6.

Energi (a) daerah alfa (b) daerah beta kondisi rileks

Gambar 8.

Energi (a) daerah alfa (b) daerah beta kondisi non-rileks



Gambar 7.

Fungsi distribusi energi (a) daerah alfa (b) daerah beta kondisi rileks

Gambar 9.

Fungsi distribusi energi (a) daerah alfa (b) daerah beta kondisi non-rileks

Sedangkan untuk kondisi non-rileks dapat dilihat pada Gambar 8a dan 9a untuk daerah gelombang alfa serta Gambar 8b dan 9b untuk daerah gelombang beta.

Secara umum, ketiga kanal memberikan pola yang mirip, yaitu mendekati distribusi Gaussian, sehingga pengaruh kanal terhadap kondisi pikiran tidaklah menonjol. Namun demikian untuk kanal occipital pendekatan fungsi gaussian mempunyai penyimpangan paling besar.

Pengujian terdiri atas dua kelompok, yaitu kondisi rileks dan non-rileks. Pada kondisi rileks, dominasi gelombang alfa memberikan bobot kebenaran, sementara kondisi berpikir/ non-rileks, dominasi gelombang beta yang memberikan bobot kebenaran. Kemudian, klasifikasi

berdasarkan dominasi gelombang digabungkan dengan klasifikasi berdasarkan tes hipotesis. Hasil pengujian berdasarkan dominasi gelombang saja, dinyatakan dengan sistem 1, sementara terhadap berdasarkan dominasi gelombang dan sistem hipotesis dinyatakan dengan sistem 2.

Tabel 1.
Tingkat Kebenaran dalam Pengujian Klasifikasi

Kanal	Keberhasilan (%)			
	Kondisi rileks		Kondisi nonrileks	
	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 1	Sistem 2
Central	75	90	64	71
Parietal	70	87	45	65
Ocipital	60	77	60	56
Rata-rata	68	85	57	64

Diperlihatkan, sistem klasifikasi kedua yang dibangun, meningkatkan keberhasilan klasifikasi dari 68% menjadi 85% untuk kondisi rileks, dan 57% menjadi 64% untuk kondisi non-rileks. Namun untuk kanal occipital penggunaan hipotesis sebagai sistem klasifikasi memperburuk pengujian. Hal ini diakibatkan distribusi yang didekati bukanlah Gaussian untuk kanal occipital. Oleh karena itu untuk pengujian selanjutnya, untuk kasus dua kondisi pikiran, sinyal EEG yang berasal dari kanal occipital tidak diikutsertakan, berkaitan jauhnya jarak kanal tersebut dari sistem kondisi pikiran, sehingga cenderung tidak mempengaruhi.

7. Kesimpulan

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa spektral daya dari koefisien wavelet dapat memberikan tingkat keberhasilan untuk kondisi rileks sebesar 85% dan kondisi non-rileks sebesar 64%.

Peningkatan keberhasilan sistem klasifikasi dari penelitian lalu [12-15] disebabkan penggunaan sistem klasifikasi bertingkat berdasarkan tes hipotesis dan juga asimetri kanal yang simetrik. Keberhasilan klasifikasi untuk kondisi rileks masih lebih baik daripada kondisi non-rileks, antara lain disebabkan

gelombang alfa tidak hilang sepenuhnya pada kondisi non-rileks.

Penelitian memperlihatkan, bahwa distribusi energi dalam filter gelombang menunjukkan distribusi gaussian, sehingga probabilitas kemunculan energi pada daerah tersebut dapat didekati fungsi gaussian. Atas dasar tersebut, dengan memodifikasi sistem klasifikasi, dapat memperbaiki sistem deteksi dan klasifikasi sinyal EEG terhadap dua kondisi pikiran. Hal yang menarik dalam penelitian ini adalah klasifikasi hanya digunakan model spektral daya dengan modifikasi, tanpa perangkat Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang sering digunakan pada penelitian terdahulu.

Walaupun secara umum pengaruh kanal tak signifikan, namun untuk kanal yang jauh dari kanal yang secara hipotesis berpengaruh, tidak diikutsertakan. Kasus dalam penelitian ini, kanal yang berpengaruh adalah sentral untuk kondisi pikiran yang bervariasi, sementara kanal occipital mempunyai letak yang jauh.

Daftar Acuan

1. T. Oohashi, E. Nishina, N. Kawai "High Frequency Sound Above the Audible Rang Affects Brain Electric Activity and Sound Perception" : Presentation at the 91st Convention an Audio Engineering Sociaety, New York, 1991.
2. Muchtadi F.I., D.W. Kusumandari, "Analisis Sinyal EEG Teknik Bipolar dengan Photostimulan", Presentasi PPIKIM, Serpong, 1999.
3. Suprijanto, F. Muchtadi, E.C. Djamal "Klasifikasi Sinyal EEG Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Berarsitektur Unipan Maju", Prosiding PPIKIM, Serpong, 1999.
4. C. Anderson and Z. Sijercic, "Classification of EEG Signals from Four Subjects During Five Mental Tasks": Preceeding of the Conference on Engineering Applications in Neural Networks '96, Turku - Finland, pp. 407 - 414, 1996.
5. D. Lowe, "Extracting Structure from Wake EEG using Neural Networks",

6. Invited Paper, SPIE's Aerospace/Defence Sensing and Controls Conference: Applications and Science of Artificial Neural Networks III, Volume 3077, pp.17-26, 1997
7. C. James, "Detection of Epileptiform activity in the Electroencephalogram Using Artificial Neural Networks", Dissertation of Doctor of Philosophy, University of Canterbury, New Zealand, 1997.
8. Jung, A., "An Introduction to a New Data Analysis Tool: Independent Component Analysis", Regensburg, 2002.
9. Kreiszyk R., "Neural Network with Wavelet Preprocessing in EEG Artifact Recognition", Warsaw, 1999.
10. Wojdylo, P., "Wavelets, rough sets and artificial neural networks in EEG analysis", *Clinical Neurophysiology*, 1998.
11. Djamal, E.C., F. Muchtadi, "Application Wavelet Transformation for Modeling Electroencephalogram Signal, Proceeding of Indonesia-German Conference, Bandung, July, 2001.
12. Kim, J.H., M.C. Whang, J.H. Kim, "The Classification of Visual Stimulus Using Wavelet Transform from EEG Signals, Seoul, 1998.
13. Esmeralda C. Djamal, Harijono A. Tjokronegoro, *Deteksi dan Identifikasi Sinyal EEG terhadap Rangsangan Suara dengan Analisis Spektral dan Transformasi Wavelet*, Prosiding Seminar SIK'2003, Bandung, Juli 2003.
14. Esmeralda C. Djamal dan Harijono A. Tjokronegoro, "Klasifikasi Sinyal EEG dua Kondisi Pikiran Menggunakan Analisis Spektral Daya dari Koefisien Wavelet" *Majalah Instrumentasi*, Juni 2003.
15. Esmeralda C. Djamal, H. A. Tjokronegoro, *Deteksi dan Identifikasi Gelombang-Gelombang di otak untuk Klasifikasi Rangsangan Suara*, Instrumed 2003, Surabaya, Okt 2003.
16. Djamal, EC., H.A. Tjokronegoro, *Deteksi dan Identifikasi Sinyal EEG terhadap Rangsangan Suara dengan Analisis Spektral dan Transformasi Wavelet*, Prosiding Seminar SIK'2003, ITB-Bandung, Juli 2003.
17. Djamal, EC., HA. Tjokronegoro, F.I. Muchtadi, "Klasifikasi Kondisi Pikiran terhadap Rangsangan Suara dengan Analisis Spektral Daya, Prosiding Seminar SIK'2003, ITB-Bandung, Juli 2003.
18. Daubechies I., "The Wavelet Transform, Time Frequency Localization and Signal Analysis", *IEEE Trans. Information Theory*, vol. 36, pp. 961-1004, 1990.
19. Akay, Metin "Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing", *IEEE Press Series*, New York, 1998, Bab 8 dan 10.