

ANALISIS GELOMBANG SINYAL ALPHA DAN BETA TERHADAP TINGKATAN KONSENTRASI SESEORANG YANG MELAKUKAN BRAIN GYM MENGGUNAKAN SINYAL EEG 1 KANAL

ANALYSIS OF ALPHA AND BETA TO IDENTIFY THE CONCENTRATION LEVEL OF SOMEONE WHO DOES BRAIN GYM USING 1 CHANNEL EEG SIGNAL

Iqbal Eshar Dwi Pourindra¹, Inung Wijayanto, S.T., M.T.², Yuli Sun Hariyani, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹iqbaleshar@students.telkomuniversity.ac.id,

²iwijayanto@telkomuniversity.ac.id,

³yulisun@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Banyak metode yang diklaim dapat meningkatkan konsentrasi seseorang, salah satunya adalah dengan melakukan gerakan *Brain Gym*. *Brain Gym* adalah suatu gerakan yang dirancang untuk membantu fungsi otak yang lebih baik, banyak penelitian yang sudah membuktikan bahwa *Brain Gym* memang benar meningkatkan kemampuan otak namun studi yang dilakukan sampai saat ini masih bersifat subjektif. Oleh sebab itu dibutuhkan penelitian yang bersifat objektif dan berdata konkrit untuk memastikan gerakan *Brain Gym* benar dapat meningkatkan konsentrasi. *Elektroensefalograph* atau sering disingkat EEG adalah alat yang dapat merekam aktivitas elektrik di sepanjang kulit kepala. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh arus ion di dalam *neuron* otak sehingga dapat memberikan data konkrit berupa sinyal atau gelombang yang menunjukkan aktivitas kelistrikan di otak yang dapat dianalisis untuk mendukung penelitian tugas akhir ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sistem yang dapat membuktikan bahwa gerakan *Brain Gym* memang benar menghasilkan suatu gerakan yang membutuhkan konsentrasi dengan menganalisis gelombang sinyal *Alpha* dan *Beta* yang dihasilkan ketika melakukan *Brain Gym* dengan keadaan tenang berdasarkan analisis pengaruh *Brain Gym* terhadap otak yang dibaca dan dimonitor menggunakan EEG. Sistem yang dipakai dalam penelitian ini adalah Filter BPF untuk proses filter sinyal *Alpha* dan *Beta*, *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dengan tipe DWT haar, *daubechies* 2 hingga *daubechies* 10 untuk ekstraksi ciri dan *Support Vector Machine* (SVM) menggunakan kernel *Linear*, *RBF/Gaussian* dan *Polynomial* untuk metode klasifikasi.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah sistem yang mampu mengklasifikasi kelas data uji sinyal keluaran EEG *Brain Gym* dan tenang dengan akurasi tertinggi 70% menggunakan tipe DWT *daubechies* 3 dan *Kernel SVM Polynomial*.

Kata Kunci : konsentrasi , *Brain Gym* , EEG , DWT , SVM

Abstract

There are lots of method that claimed have great effects on increasing someone is concentration, one of it is doing a *Brain Gym*. *Brain Gym* is a movement that designed to help the brain to function better. There are lots of study that prove *Brain Gym* really works to improve brain's ability but until now the study still only has quality of subjective study and because of that it needs a study that have a quality of objective study and have a concrete data to see if *Brain Gym* movements really can improve concentration. *Electroencephalograph* or often abbreviated as EEG is a device that can record electrical activity along the scalp. EEG measures voltage fluctuations produced by ionic currents in brain neurons so that it can provide concrete data in the form of signals or waves that indicate electrical activity in the brain that can be analyzed to support this research.

The purpose of this study is to create a system that can prove that *Brain Gym* movements really can produce a movement that need some level of concentration by analyzing *Alpha* and *Beta* Wave that produced when doing *Brain Gym* and in relax state based on the impact of *Brain Gym* to the brain that read and monitored by EEG. The system used in this study are BPF filter for *Alpha* and *Beta* signal filtering process, *Discrete Wavelet Transform* (DWT) with the type of haar and *daubechies* 2 until *daubechies* 10 for the feature extraction and *Support Vector Machine* (SVM) using *Linear*, *RBF/Gaussian* and *polynomial* kernel for the classification.

The final result of this research is a system that is able to classify the class of EEG *Brain Gym* signal test data with the highest accuracy of 70% using DWT *daubechies* 3 and *Kernel SVM Polynomial* types.

Keywords : concentration , *Brain Gym* , EEG , DWT , SVM

1 Pendahuluan

Konsentrasi adalah pemusatan perhatian atau pikiran pada suatu hal [2]. *Brain Gym* diklaim dapat meningkatkan konsentrasi seseorang [3], dengan beberapa gerakan repetisi yang membutuhkan tingkatan konsentrasi tertentu dan menstimulasi otak untuk berkembang dan terbiasa untuk berkonsentrasi [1].

Riset *Brain Gym* yang dilakukan sebelumnya banyak dilakukan dengan pendekatan yang dilakukan berdasarkan dari pengamatan perubahan sifat, perkembangan nilai akademik dan pengamatan perubahan interaksi sosial terhadap sekitar yang intinya pengamatan bersifat subjektif tanpa pengolahan data konkrit [4]. Salah satu cara untuk mendapatkan hasil pembacaan sinyal otak yang dihasilkan dari *Brain gym* adalah dengan menggunakan EEG yaitu tes yang dilakukan untuk mengukur aktivitas kelistrikan dari otak untuk mendeteksi adanya kelainan dari otak. EEG akan merekam aktivitas elektrik dari otak, yang direpresentasikan dalam bentuk garis gelombang [5]. Dari hasil gelombang EEG tersebut akan menghasilkan 4 bentukan sinyal yaitu sinyal *alpha* (8 – 14)Hz, *beta* (14 – 30)Hz, *theta* (4 – 8)Hz, *delta* (0,1 – 4)Hz [6]. Namun hanya 2 bentukan sinyal yang akan diambil sebagai sampel yaitu sinyal *Alpha* dan sinyal *Beta* yang selanjutnya akan kami olah untuk dibandingkan bentukan sinyalnya saat dalam keadaan tenang dan keadaan melakukan *Brain Gym*. Metode ekstraksi ciri yang akan penulis gunakan dalam penelitian ini adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan *Support Vector Machine (SVM)* kernel *linear*, *RBF/Gaussian* dan *polynomial* untuk metode klasifikasi

1.1 Electroencephalogram (EEG)



Gambar 1. 1 Elektroensefalogram 4 Channel [7]

Ini merupakan komponen utama dalam penelitian tugas akhir ini. Merupakan EEG 4 channel dan dapat terhubung kepada aplikasi yang disediakan oleh pihak Muse di Smartphone melalui *Bluetooth* [7]



Gambar 1. 2 Letak Posisi Kanal pada device [7]

EEG merekam kegiatan kelistrikan kecil (kurang dari 300 μV) yang diproduksi oleh otak. Gelombang otak yang direkam dari kulit kepala memiliki amplitude yang kecil yaitu 100 μV , frekuensi dari gelombang otak ini memiliki jarak kisaran 0.5 hingga 100 Hz, dan karakteristik mereka sangat bergantung pada tingkatan aktivitas di *cerebral cortex* [8]. Saat subyek santai, mata tertutup, gambaran EEG nya menunjukkan aktivitas sedang dengan gelombang sinkron 8-14 siklus/detik, disebut gelombang *Alpha*. Gelombang *Alpha* dapat direkam dengan baik pada area visual di daerah *Oksipital*. Gelombang *Alpha* yang sinkron dan teratur akan hilang, kalau subyek membuka matanya yang tertutup. Gelombang yang terjadi adalah gelombang *beta* (> 14 siklus/detik). [9] Gelombang *Beta* direkam dengan baik di *regio frontal*, merupakan tanda bahwa orang terjaga, waspada dan terjadi aktivitas mental. Perangsangan *formasio retikularis midbrain* membangkitkan gelombang *Beta*, individu seperti

dalam keadaan bangun dan terjaga. *Lesi* pada *formasio retikularis midbrain* mengakibatkan orang dalam stadium koma, dengan gambaran EEG gelombang *Delta*. [10]

1.2 Gelombang Otak

Gelombang otak diproduksi oleh denyut listrik yang tersinkronisasi dari kumpulan *neuron* yang berkomunikasi satu sama lain. Gelombang otak dapat dideteksi menggunakan sensor yang dipasang di kulit kepala (EEG).dibedakan berdasarkan *bandwidths* yang nantinya akan mendeskripsikan fungsinya masing-masing , dari yang memiliki gelombang spektrum yang kontinyu , pelan namun kuat hingga ke gelombang yang cepat , teratur namun kompleks [11] .

1.2.1 Gelombang Alpha[12]

Gelombang *Alpha* (8-14 siklus/detik) dapat direkam dengan baik pada area visual di daerah oksipital , gelombang *Alpha* yang sinkron dan teratur akan hilang ketika subyek membuka matanya yang tertutup

1.2.2 Gelombang Beta[12]

Gelombang *Beta* (>14 siklus/detik) dapat direkam dengan baik di regio frontal , merupakan tanda bahwa orang sedang terjaga , waspada , dan sedang terjadi aktivitas mental

1.3 Otak[13]

Otak adalah bagian organ tubuh yang paling penting dan rumit , organ yang sangat cepat berkembang . Otak terdiri atas *Cerebrum* (Otak Besar) , *Cerebellum* (*Otak kecil*) ,*Brainstem* (Batang Otak) , dan *Limbic System* (Sistem Limbik). Otak juga terbagi menjadi 2 yaitu otak Kanan dan otak Kiri.Otak Besar atau *Cerebrum* sering disebut otak depan , merupakan bagian otak yang membedakan kita manusia dengan binatang . Membuat manusia memiliki kemampuan untuk berfikir , menganalisa , berlogika ,dll. IQ seseorang juga ditentukan oleh kualitas otak bagian ini , ini juga merupakan salah satu alasan mengapa penulis menggunakan kanal AF7 dikarenakan letak kanal AF7 tepat berada di depan kepala yang dimana aktifitas kelistrikan seseorang sedang berpikir banyak diproduksi di otak depan [14]

1.4 Brain Gym

Brain Gym atau Senam Otak adalah edukasi *kinesiology* yang diperkenalkan dan dipraktikkan lebih dari 87 negara dan sudah ditranslasi lebih dari 40 dan sudah memiliki tempat pelatihan resmi di 10 negara. [15] *Brain Gym* ditemukan oleh sepasang pengajar bernama Paul dan Gail Dennison di tahun 1970 untuk meningkatkan fokus , memori dan nilai akademik . Penemuan ini membutuhkan peserta untuk melakukan berbagai gerakan ketika manusia baru lahir ketika mereka belajar mengkoordinasikan tangan , mata , telinga dan seluruh tubuh. [16] . Setiap gerakan *Brain Gym* memiliki Sistem kerja dan dimensi yang berbeda. Dimensi yang dimaksud adalah dimensi lateralis , dimensi pemfokusan , dimensi pemusatan. Masing-masing dimensi mempunyai tugas tertentu sehingga senam yang dilakukan dapat bervariasi [17].

1.5 Discrete Wavelet Transform [18]

Discrete Wavelet Transform (DWT) dalam analisis wavelet, DWT menguraikan sinyal menjadi satu set yang saling terkait berbasis wavelet ortogonal. Fungsi-fungsi ini berbeda dari fungsi dasar sinusoidal sebagaimana adanya [19] .

1.6 Support Vector Machine [20]

Support Vector Machine (SVM) pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik pada tahun 1992 sebagai rangkaian harmonis konsep-konsep unggulan dalam bidang *pattern recognition*. SVM adalah salah satu teknik Machine Learning yang populer untuk mengklasifikasikan sinyal EEG berdasarkan aktivitas saraf otak. Sinyal EEG diwakili ke dalam ruang fitur dimensi tinggi untuk menganalisis aktivitas otak. Fungsi kernel sangat membantu untuk implementasi yang efisien dari pemetaan non linier. [21] Berikut adalah karakteristik SVM secara keseluruhan [22] :

1. Secara prinsip SVM merupakan klasifikasi *linear*.
2. Dengan ditransformasikannya data pada input space ke ruang yang memiliki dimensi lebih tinggi maka *pattern recognition* dapat dilakukan
3. Untuk menjamin generalisasi , SVM dikerjakan berdasar SRM atau *Structural Risk Minimization*
4. SVM memang dibuat khusus menangani klasifikasi dua kelas.

1.7 Parameter Pengujian

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

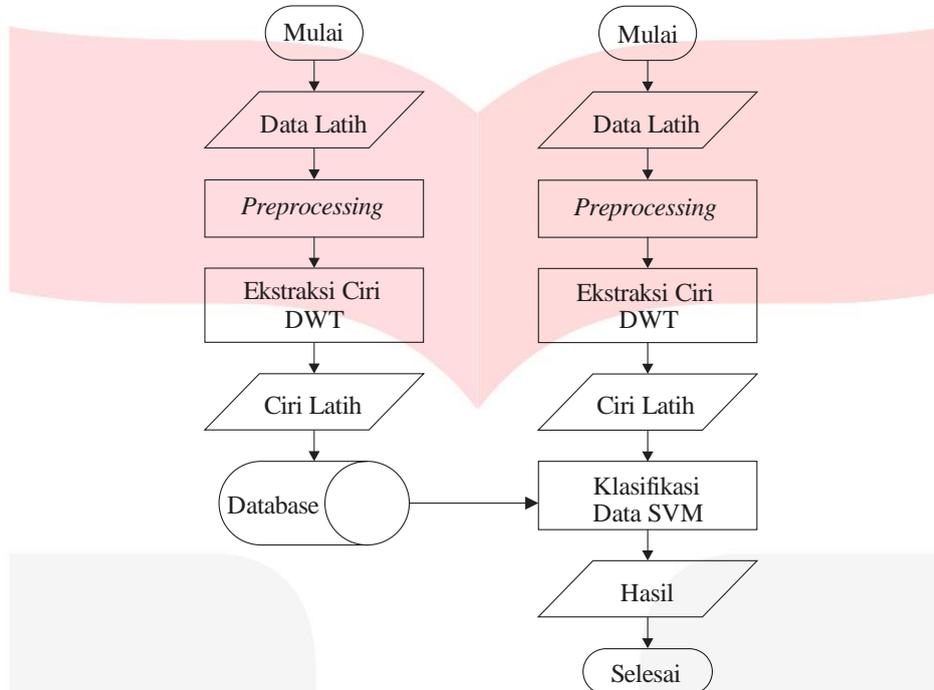
- Penggunaan *db1* sampai *db10* sebagai metode ekstraksi ciri
- Penggunaan SVM kernel Linear , RBF/Gaussian , Polynomial

1.8 Skenario Pengujian

Data latih yang digunakan berjumlah 30 orang dengan rincian yaitu 30 data kelas tenang dan 30 data untuk kelas konsentrasi *Brain Gym* dimana setiap data akan dipotong 5 detik sesuai dengan kelasnya , nantinya

dari hasil data latih yang telah dipreprocessing akan disimpan di dalam database dari masing-masing kelas yaitu kelas tenang dan konsentrasi , pengujian yang pertama dilakukan adalah :

1. Petihan dan analisis 3 gerakan *Brain Gym* dari db1 hingga db 10 menggunakan kernel *Linear* , *RBF/Gaussian* dan *polynomial* terhadap hasil akurasi pelatihan
2. Pengujian dan analisis pengaruh penggunaan kernel *Linear* , *Gaussian /RBF* dan *Polynomial* terhadap hasil akurasi SVM dengan db pilihan hasil pelatihan dilihat dari ekstraksi ciri yang dihasilkan.
3. Pengujian perbandingan bentuk sinyal *Brain Gym* dengan keadaan tenang



Gambar1.3 Flowchart DWT

2 Hasil dan Pembahasan

Dalam skenario sistem pelatihan menggunakan 60 data sebagai data latih. Pelatihan dilakukan dengan cara mencari akurasi terbaik dari pelatihan seluruh gerakan *Brain Gym* memakai tipe DWT jenis db1 hingga db10 menggunakan seluruh kernel sebagai pelatihan , untuk menentukan gerakan *Brain Gym* manakah yang akan dipakai untuk pengujian , pelatihan akurasi sistem terhadap masing-masing gerakan *Brain Gym* perlu dilakukan dan berikut adalah hasilnya :

Akurasi	
Gym 1	89%
Gym 2	87%
Gym 3	86%

Tabel 2.1 Spesifikasi Pengujian Brain Gym

Setiap gerakan *Brain Gym* menghasilkan tingkat konsentrasi yang berbeda-beda , dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa gerakan *Brain Gym 1* memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi 2% dibanding gerakan 1 dan 3 , hal itu disebabkan karena gerakan *Brain Gym 1* memiliki tingkat kesulitan yang mudah . pengambilan data pada kondisi brain gym 1 juga mempunyai kondisi yang berbeda dengan yang lain dimana ketika *Brain gym 2* dan *Brain gym 3* gerakan selalu konstan dan tidak ada gerakan yang mempunyai momen yang membutuhkan konsentrasi lebih , bila dilihat dari rekaman video gerakan *Brain gym 1* diambil datanya ketika jari satu sama lain berusaha untuk saling bertemu , dengan pemotongan data 5 detik sudah cukup untuk merekam seluruh aktifitas konsentrasi dari subjek penelitian.

Berikut adalah hasil pengujian kernel *Linear* , *Gaussian* , *RBF* dan *Polynomial* terhadap hasil akurasi SVM dengan menganalisis hasil ciri yang dikeluarkan.

Tabel 2. 2 Perbandingan Pengujian

	Linearn Uji				Gaussian Uji				Polynomial Uji					
	db1	db3	db6		db1	db6	db9		db1	db2	db3	db6	db7	db9
Gym 1	57,5%	62,5%	57,5	Gym 1	65%	52,5	52,5	Gym 1	60%	57,5	70%	55%	57,5	57,5%

Tabel 2 3 Perbandingan pola ciri seluruh pengujian terbaik

	Linear db3											
	Alpha						Beta					
	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy
Brain Gym	2.45124	12.35408	7.84438	14.25762	93.99822	61.09421	0.192389	1.573226	0.135181	12.3189	86.90912	53.93513
Tenang	1.915846	13.82112	9.863655	9.617728	73.36832	59.10737	0.217743	1.569709	0.131428	13.34508	97.72548	59.44481

	RBF db1											
	Alpha						Beta					
	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy
Brain Gym	1.736517	12.96135	8.659971	12.53034	93.03877	57.9879	0.643945	3.270902	0.573473	9.553879	76.97375	61.57544
Tenang	1.699272	14.32561	10.50572	8.364471	65.9573	58.09024	0.510908	3.130651	0.49969	7.037482	68.0963	56.6046

	Polynomial db3											
	Alpha						Beta					
	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy
Brain Gym	2.45124	12.35408	7.84438	14.25762	93.99822	61.09421	0.192389	1.573226	0.135181	12.3189	86.90912	53.93513
Tenang	1.915846	13.82112	9.863655	9.617728	73.36832	59.10737	0.217743	1.569709	0.131428	13.34508	97.72548	59.44481

Dari tabel 2.2 dan 2.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa pola ciri mempengaruhi nilai akurasi yang didapatkan dari pengujian , semakin bertolak belakang ciri yang dihasilkan dari sinyal *Alpha* dan *Beta* maka semakin besar nilai akurasi yang didapatkan , dan dari tabel 4.20 dapat dilihat bahwa seluruh tipe dwt yang memiliki akurasi tertinggi memiliki pola bentukan sinyal *Alpha* dan *Beta* yang sama.

Tabel 2. 4 Pola Ciri Sinyal

	Linear db3											
	Alpha						Beta					
	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy
Brain Gym	2.45124	12.35408	7.84438	14.25762	93.99822	61.09421	0.192389	1.573226	0.135181	12.3189	86.90912	53.93513
Tenang	1.915846	13.82112	9.863655	9.617728	73.36832	59.10737	0.217743	1.569709	0.131428	13.34508	97.72548	59.44481

	RBF db1											
	Alpha						Beta					
	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy
Brain Gym	1.736517	12.96135	8.659971	12.53034	93.03877	57.9879	0.643945	3.270902	0.573473	9.553879	76.97375	61.57544
Tenang	1.699272	14.32561	10.50572	8.364471	65.9573	58.09024	0.510908	3.130651	0.49969	7.037482	68.0963	56.6046

	Polynomial db3											
	Alpha						Beta					
	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy	mean	std	var	skewness	kurtosis	entropy
Brain Gym	2.45124	12.35408	7.84438	14.25762	93.99822	61.09421	0.192389	1.573226	0.135181	12.3189	86.90912	53.93513
Tenang	1.915846	13.82112	9.863655	9.617728	73.36832	59.10737	0.217743	1.569709	0.131428	13.34508	97.72548	59.44481

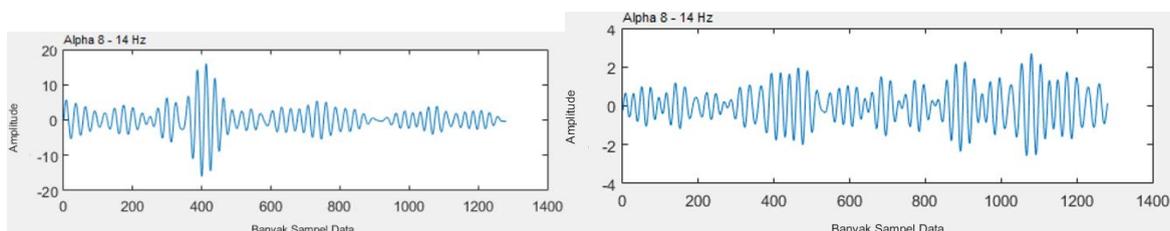
Pada tabel 4.21 bahwa dalam keadaan *Brain Gym* ciri yang dihasilkan memiliki pola yang sama meskipun memakai sistem *kernel* apapun untuk menghasilkan akurasi uji yang paling tinggi , yaitu :

Alpha Konsentrasi : memiliki nilai maksimum pada ciri *mean* , *skewness* , *kurtosis* dan *entropy*

Alpha Tenang : memiliki nilai maksimum pada ciri *standard deviation* dan *variant*.

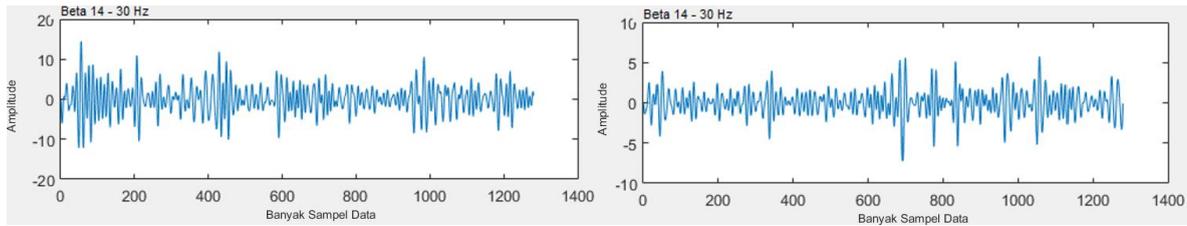
Beta Konsentrasi : memiliki nilai maksimum pada ciri *standard deviation* dan *variant*.

Beta Tenang : memiliki nilai maksimum pada ciri *mean* , *skewness* , *kurtosis* dan *entropy*



Gambar 2.5 Hasil perbandingan Alpha Brain Gym dengan Alpha Tenang

Dari gambar 2.5 dapat dilihat bahwa perbedaan sinyal *Alpha* yang dihasilkan ketika dalam keadaan konsentrasi memiliki puncak ketinggian (Amplitudo) yang lebih tinggi yaitu dari nilai -18,5 hingga +18,5 , dan ketinggian (Amplitudo) sinyal yang dihasilkan seseorang ketika dalam keadaan tenang hanya kisaran -2,5 hingga +2,5 atau memiliki nilai berbanding sebanyak hampir 7x lipat.



Gambar 2.6 Perbandingan sinyal Beta Brain Gym dan Beta Tenang

Dari gambar 2.6 dapat dilihat bahwa Amplitudo sinyal *Beta* ketika *Brain Gym* memiliki nilai puncak yg lebih tinggi yaitu -15 hingga +15 sedangkan ketika keadaan tenang hanya -16 hingga +6 , dapat disimpulkan bahwa sinyal *Alpha* dan *Beta* seseorang ketika dalam keadaan tenang pasti memiliki puncak yang lebih rendah dibanding ketika seseorang sedang dalam berkonsentrasi .



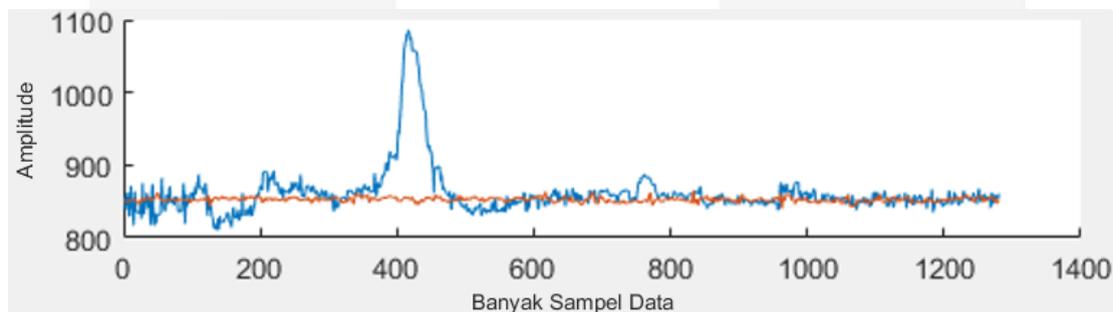
Gambar 2.7 Perbandingan sinyal Alpha Brain Gym DWT dan Alpha Tenang DWT

Dapat dilihat dari gambar 2.7 bahwa *Alpha DWT* ketika dalam keadaan *Brain Gym* memiliki bentuk sinyal yang lebih halus jarang ada gunung dan lembah yang curam dibandingkan dengan *Alpha DWT* ketika keadaan tenang , namun nilai amplitudo yang dihasilkan hampir mirip satu sama lain



Gambar 2.8 Perbandingan sinyal Beta Brain Gym DWT dan Beta Tenang DWT

Dari Gambar 2.8 dapat dilihat bahwa nilai amplitudo *Beta Brain Gym* lebih besar nilainya 2 kali lipat dibanding *Beta Tenang*



Gambar 2.9 Perbandingan sinyal *Brain Gym* dan Tenang

Bisa dilihat dari gambar 2.9 bahwa sinyal berwarna merah menunjukkan sinyal dalam keadaan tenang , sedangkan sinyal berwarna biru menunjukkan sinyal dalam keadaan *Brain Gym*. Dari hal tersebut bisa disimpulkan bahwa hal paling menonjol ketika seseorang dalam keadaan konsentrasi adalah ketinggian puncak amplitudo sinyal otak yang dihasilkan seseorang akan sangat jauh melonjak tinggi melebihi puncak sinyal otak yang dihasilkan seseorang yang sedang dalam keadaan tenang , dari hal tersebut dapat diketahui bahwa hasil penelitian sinyal *Brain Gym* dan Tenang secara sinyal menyeluruh memiliki hasil yang lebih baik dibanding bila hasil dari sinyal *Alpha* dan *Beta*.

3 Simpulan dan Saran

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap perancangan sistem untuk menganalisis ciri sinyal *Alpha* dan *Beta* terhadap *Brain Gym* adalah:

1. Gerakan *Brain Gym 1* adalah gerakan yang paling baik untuk dijadikan data acuan untuk diuji.
2. Performansi terbaik dapat diperlihatkan dengan menggunakan SVM *Polynomial*
3. Tingkat akurasi pelatihan tertinggi yaitu bernilai 100% dengan menggunakan Kernel *Polynomial* pada tipe DWT db2 dan db7 sedangkan tingkat akurasi tertinggi pada pengujian yaitu bernilai 70% menggunakan kernel *Polynomial* pada tipe DWT db3.
4. Perbedaan sinyal *Alpha* dan *Beta* ketika keadaan tenang dan konsentrasi dapat dilihat dari parameter ciri yang dihasilkan.

5. Perbedaan sinyal *Alpha* dan *Beta* yang dihasilkan seseorang ketika keadaan rileks dan konsentrasi dapat dilihat dari ketinggian puncak amplitudo yang dihasilkan, dimana ketika seseorang sedang berkonsentrasi puncak yang dihasilkan akan meningkat 2x lipat atau lebih dibandingkan puncak amplitudo seseorang dalam keadaan tenang

Adapun saran untuk memperbaiki performansi serta akurasi sistem kedepannya :

1. Sistem dapat memperoleh data masukan secara *real time* menggunakan MUSE EEG 4 Channel sehingga data yang dihasilkan akan lebih berkualitas dan lebih praktis dan mudah.
2. Diharapkan pada penelitian berikutnya dapat terkumpul variasi data yang lebih banyak dan beragam serta berkualitas baik sehingga performa yang dihasilkan otomatis akan lebih baik.
3. Diharapkan adanya penggunaan ekstraksi ciri dan klasifikasi yang lain sehingga dapat dibandingkan dengan hasil sebelumnya untuk menentukan performansi manakah yang lebih baik
4. Perbedaan kondisi konsentrasi Brain Gym dan tenang dapat lebih terlihat ketika sinyal keseluruhan dianalisis tidak dibagi-bagi berdasar Alpha dan Beta

4 Daftar Pustaka

- [1] R. ESCOBAR dan C. A. BRUNER, "OBSERVING RESPONSES AND SERIAL STIMULI: SEARCHING FOR THE REINFORCING," *JOURNAL OF THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BEHAVIOR*, vol. 2, 2009.
- [2] dr.Liza, "OTAK MANUSIA, NEUROTRANSMITER , DAN STRESS," Dinkes Kab.Cirebon, 2011.
- [3] Z. S.pd, "Menyeimbangkan Fungsi Kerja Otak Kanan dan Otak," Khurnia eva Nilasari, 2007.
- [4] A. Nuryana dan S. Purwanto, "EFEKTIVITAS BRAIN GYM DALAM MENINGKATKAN," Fakultas Psikologi Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2010.
- [5] H. Ekanayake, "Research Use of Emotiv EPOC," 2015.
- [6] H. K. SAWANT dan Z. JALALI, "Detection and classification of EEG waves," Bharati Vidyapeeth College of Engineering, 2010.
- [7] P. Aspinall, P. Mavros, R. Coyne dan J. Roe, "The urban brain: analysing outdoor physical activity," *BJSM Sport med*, 2013.
- [8] S. Heather, "Brain Waves," simonheather, 2010.
- [9] J. L. Fannin, "Understanding your Brainwaves," 2011.
- [10] G. Ambica dan B. Sujatha, "STUDY AND APPLICATION OF BRAIN," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2015.
- [11] T. Kotsos, "Brain Waves and the Deeper State of Consciousness," 2014.
- [12] M. B. d. Spine, *Anatomy of the Brain*, Mayfield Clinic, 2013.
- [13] B. N. Association, *Neuroscience: the Science of the Brain*, British Neuroscience Association, 2014.
- [14] S. sp.KMB, *ELEKTROENSEFALOGRAM*, 2010.
- [15] A. NURYANA, "EFEKTIVITAS BRAIN GYM DALAM MENINGKATKAN KONSENTRASI BELAJAR PADA ANAK," UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA, 2010.
- [16] I. Wulandari, "PENERAPAN PERMAINAN SENAM OTAK (BRAIN GYM)," PAUD IKIP Veteran Semarang, 2014.
- [17] A. Watson dan G. L. Kelso, "THE EFFECT OF BRAIN GYM® ON ACADEMIC ENGAGEMENT FOR CHILDREN WITH DEVELOPMENTAL DISABILITIES," Stephen F. Austin State University, 2014.
- [18] O. Rioul dan M. Vetterli, *Wavelet and Signal Processing*, IEEE SP MAGAZINE, 1991.
- [19] A. Graps, "Introduction to the Discrete Wavelet Transform (DWT)," mil ufl, 2004.
- [20] A. Ng, "CS229 Lecture notes," 2014, p. 25.
- [21] P. Bhuvaneshwari dan J. S. Kumar, "Support Vector Machine Technique for EEG Signals," *International Journal of Computer Applications*, 2013.
- [22] A. S. Nugroho, A. B. Witarto dan D. Handoko, "Support Vector Machine Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika," *Kuliah Umum IlmuKomputer.Com*, 2003.