

**ANALISIS PERBANDINGAN POLA SINYAL *ALPHA* DAN *BETA* EEG EMPAT  
KANAL TERHADAP DAYA INGAT MAHASISWA YANG MELAKUKAN *BRAIN  
GYM* DAN TIDAK MELAKUKAN *BRAIN GYM***

*COMPARISON ANALYSIS OF PATTERNS ALPHA AND BETA SIGNAL EEG FOUR  
CHANNEL AGAINST THE RECALL MEMORY ON STUDENTS WHO DO AND NOT DO  
BRAIN GYM*

**Rayyan Budhiarta<sup>1</sup>, Inung Wijayanto, S.T.,M.T.<sup>2</sup>, Yuli Sun Hariyani,S.T.,M.T.<sup>3</sup>**

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>rayyanbudhiarta@student.telkomuniversity.ac.id,

<sup>2</sup>iwijayanto@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>yulisun@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Manusia memiliki kemampuan mengingat dengan kapasitas yang sangat besar, tetapi tidak semua orang dapat memaksimalkan kemampuan mengingatnya, sehingga bagi sebagian orang mengingat adalah sebuah hal yang sulit. Banyak cara yang bisa meningkatkan daya ingat dan daya kognitif otak seseorang, salah satunya yaitu dengan *brain gym*, *brain gym* merupakan sebuah olahraga otak atau senam otak yang di maksudkan untuk melatih otak untuk meningkatkan daya kognitif otak, pengaruh yang ditimbulkan oleh *brain gym* diukur dengan EEG (*Elektroensephologram*). Sinyal EEG (*Elektroensephologram*) merupakan sinyal biotik yang berasal dari aktifitas listrik pada kortex atau permukaan kulit kepala, yang disebabkan aktifitas fisiologis dari otak. Sinyal EEG (*Elektroensephologram*) akan dihubungkan ke komputer dan di simpan pada *database*.

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk dapat menciptakan sistem yang dapat membuktikan efek yang ditimbulkan dari *Brain Gym* terhadap daya kognitif dan *recall memory* pada otak mahasiswa dengan menganalisis gelombang *Alpha* dan *Beta*. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah *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 tidak melakukan *Brain Gym* dengan akurasi tertinggi pelatihan sistem 100% dan pengujian sistem 75% pada kanal AF7, 81% pada kanal AF8, 78% pada kanal TP9, 71% pada kanal TP10 menggunakan tipe DWT *Haar* dan *Kernel SVM Polynomial*.

**Kata kunci : Daya ingat, *Brain Gym*, EEG, DWT, SVM**

---

**Abstract**

Humans have the ability to remember with a very large capacity, but not everyone can maximize the ability to remember, so for some people remembering is a difficult thing. There are many ways that can improve the memory and cognitive power of one's brain, one of which is the brain gym, brain gym is a brain sport or brain exercise intended to train the brain to increase brain cognitive power, the effect caused by brain gym measured by EEG (*Elektroensephologram*). EEG signal (*Electroensephologram*) is a biotic signal that comes from electrical activity on the cortex or the surface of the scalp, which is caused by physiological activities of the brain. The EEG signal (*Electroensephologram*) will be connected to the computer and stored in the database.

The research in this final project aims to be able to create a system that can prove the effects of Brain Gym on cognitive power and recall memory in the student brain by analyzing Alpha and Beta waves. The method used in this study is *Discrete Wavelet Transform* (DWT) with type DWT

haar, sub-projects 2 through technology 10 for feature extraction and Support Vector Machine (SVM) using Linear, RBF / Gaussian and Polynomial kernels for classification methods.

The final result of this study is a system that is able to classify EEG Brain Gym output signal test classes and not do Brain Gym with the highest accuracy of 100% system training and 75% system testing on AF7 channels, 81% on AF8 channels, 78% on TP9 channels , 71% in the TP10 canal using the DWT Haar type and the SVM Polynomial Kernel.

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

## 1. Pendahuluan

Manusia memiliki *memory* (daya ingat) yang kapasitas dan kemampuannya sangat besar, akan tetapi tidak semua dapat memanfaatkan kapasitas yang sangat besar tersebut dengan optimal dan malah hanya memanfaatkan *memory* hanya sededarnya saja, sehingga banyak ruang kosong yang mungkin tidak terpakai. *Memory* (daya ingat) memiliki hubungan erat dengan kemampuan mengingat masa lalu, kemampuan manusia untuk mengingat ini membuktikan bahwa manusia mampu menerima, menyimpan, dan menimbulkan kembali pengalaman yang pernah dialaminya, sehingga mampu untuk memunculkan kembali suatu yang ada dalam ingatan.

Kemampuan mengingat merupakan masalah umum bagi mahasiswa dalam kegiatan akademik, banyak faktor yang dapat meningkatkan daya ingat salah satu bentuk rangsangan yang dapat meningkatkan daya ingat adalah *brain gym* (senam otak), selain itu *brain gym* (senam otak) juga dapat meningkatkan daya kognitif otak, pengaruh yang ditimbulkan oleh *brain gym* (senam otak) dapat diukur dengan informasi yang didapat dari sinyal EEG (*Elektroensefalogram*).

Sinyal (EEG) *elektroensefalogram* adalah sinyal bioelektrik yang berasal dari aktifitas listrik pada korteks atau permukaan kulit kepala, yang disebabkan aktifitas fisiologis dari otak. Interpretasi sinyal EEG melalui pengamatan visual secara langsung sangat sukar mengingat amplitudo sinyal EEG demikian rendah dan polanya yang sangat kompleks. Di samping itu sebagaimana telah disebutkan, kandungan informasi di dalam sinyal EEG amat dipengaruhi oleh beberapa variabel, antara lain kondisi mental, kesehatan, aktivitas dan usia pasien, lingkungan perekaman, gangguan listrik dari organ tubuh lain, juga oleh berbagai bentuk rangsangan luar. Sifat sinyal EEG pada umumnya non-stasioner dan random menambah kompleksitas dalam pemrosesan sinyal. Namun demikian, klasifikasi dari sinyal EEG terhadap perubahan variabel tertentu dapat menerangkan fungsi kerja dari otak dan menangkap perubahan aktifitas otak. Transformasi sinyal EEG menjadi suatu model, merupakan suatu cara yang sangat efektif dalam membantu klasifikasi sinyal EEG. Di samping itu juga sangat efektif untuk mendeteksi kemunculan suatu gelombang tertentu, mengidentifikasi dan mengestimasi spektrum sinyal EEG.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Otak

Otak mengatur dan mengkoordinir sebagian besar perilaku, gerakan dan fungsi tubuh homeostatis seperti detak jantung, tekanan darah, keseimbangan cairan tubuh dan suhu tubuh. Otak manusia bertanggung jawab terhadap pengaturan seluruh badan dan pemikiran manusia. Otak dan sel saraf di dalamnya dapat mempengaruhi kognisi manusia. Pengetahuan mengenai otak memengaruhi perkembangan psikologi kognitif, otak juga bertanggung jawab atas fungsi pengenalan, emosi, ingatan, pembelajaran motorik dan segala bentuk pemikiran lainnya. Otak manusia terdiri dari otak besar, otak tengah, otak belakang dan otak kecil.

### 2.2 Recall Memory

Proses mengingat kembali informasi yang sudah dipelajari di masa lalu tanpa adanya sebuah petunjuk yang dihadapkan pada organisme. Misalnya, mengingat nama seseorang tanpa diiringi kehadiran orang tersebut

### 2.3 Elektroensefalogram (EEG)

*Elektroensefalogram* (EEG) adalah test untuk mendeteksi kelainan aktivitas elektrik otak, melalui kulit kepala merekam aktivitas otak berupa gelombang listrik. Amplitudo dan frekuensi EEG bervariasi, tergantung pada tempat perekaman dan aktivitas otak saat perekaman. Sinyal EEG adalah salah satu sinyal yang sering digunakan dalam ilmu bioinformatika dikarenakan lengkapnya informasi yang dimiliki dalam penelitian pekerjaan manusia. EEG merepresentasikan sinyal kompleks yang menyediakan informasi kegiatan *Neural* di otak. EEG merekam kegiatan kelistrikan kecil (kurang dari 300  $\mu\text{V}$ ) yang diproduksi oleh otak. Gelombang otak yang direkam dari kulit kepala memiliki *amplitude* yang kecil yaitu 100  $\mu\text{V}$ , frekuensi dari gelombang otak ini memiliki jarak kisaran 0.5 hingga 100 Hz, dan karakteristik mereka sangat bergantung pada tingkatan aktivitas di *cerebral cortex*

### 2.4 Brainwave

Gelombang otak dihasilkan oleh pulsa listrik yang disinkronkan dari massa neuron yang saling berkomunikasi. Gelombang otak terdeteksi menggunakan sensor yang ditempatkan di kulit kepala. Mereka dibagi menjadi bandwidth untuk menggambarkan fungsi mereka (di bawah), tetapi paling baik dianggap sebagai spektrum kesadaran berkelanjutan; dari lambat, keras dan fungsional - cepat, halus, dan kompleks.

Gelombang otak kita berubah sesuai dengan apa yang kita lakukan dan rasakan. Ketika gelombang otak yang lambat dominan, kita bisa merasa lelah, lambat, lamban, atau melamun. Frekuensi yang lebih tinggi dominan ketika kita merasa terhubung, atau hiper-waspada. Kecepatan gelombang otak diukur dalam Hertz (siklus per detik) dan mereka dibagi menjadi band-band yang menggambarkan gelombang lambat, sedang, dan cepat.

### 2.5 Discrete Wavelet Transform

*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. Selebihnya fungsi wavelet adalah versi yang dilebarkan, diterjemahkan, dan diperkecil dari fungsi umum yang dikenal sebagai *mother wavelet*. Dengan adanya kasus dalam analisis Fourier, DWT dapat dibalik, sehingga sinyal asli dapat dipulihkan sepenuhnya dari representasi DWT-nya. DWT, pada kenyataannya, tidak hanya mengacu pada satu transformasi, tetapi lebih dari satu set transformasi, masing-masing dengan fungsi dasar wavelet yang berbeda. Dua yang paling umum adalah wavelet Haar dan Kumpulan wavelet Daubechies.

### 3.6 Support Vector Machine

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 Dukungan *Vector Machine* diprakarsai oleh Vapnik dan Cortes untuk dua masalah klasifikasi kelompok. SVM diterapkan dalam banyak aplikasi seperti klasifikasi sinyal EEG, identifikasi kanker, bioinformatika, prediksi kejang, pengenalan wajah dan gangguan bicara.

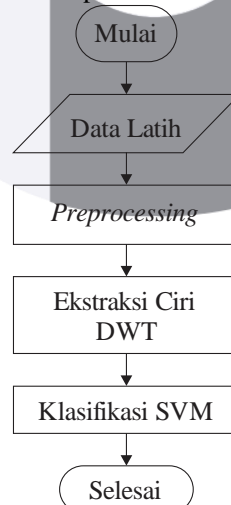
SVM digunakan untuk membangun *hyperplane* optimal dengan margin terbesar untuk memisahkan data antara dua grup. Untuk data dua dimensi, *hyperplane* tunggal cukup untuk memisahkan data menjadi dua kelompok seperti +1 atau -1. Dua *hyperplanes* diperlukan untuk memisahkan titik data untuk data tiga dimensi.

### 3.7 Brain Gym

Brain Gym atau senam otak adalah gerakan sederhana dengan menggunakan keseluruhan otak karena merupakan penyesuaian dengan tuntutan sehari-hari sehingga belajar menjadi riang dan senang. Latar belakang Brain Gym dikembangkan berdasarkan Touch for Health kinesiology ( Sentuh agar sehat, dari ilmu tetag gerakan tubuh ). Ini adalah perpaduan imu pengetahuan barat yaitu tes otot dan sikap tubuh dengan ilmu pengetahuan dari timur sehingga terdapat suatu metode pencegahan dan penyembuhan penyakit yang sangat sederhana, efektif, alami dan murah.

### 3.1 Blok Diagram

Sistem yang dibuat pada tugas akhir ini dibagi menjadi 4 tahap utama yaitu proses akuisisi sinyal EEG, Tahap *preprocessing*. Tahap ekstraksi ciri, lalu terakhir proses klasifikasi.



Proses akuisisi sinyal EEG menggunakan alat khusus untuk merekam aktifitas kelistrikan seseorang yaitu dengan EEG 4 kanal, tahap *preprocessing* dimana di dalamnya terdapat proses filtering sinyal *alpha* dan *beta* menggunakan filter BPF dan menormalisasi data dengan membagi nilai data dengan nilai maksimum dari

kumpulan data, selanjutnya dilanjutkan dengan tahap ekstraksi ciri *DWT* dimana berfungsi untuk mengeluarkan atau mengekstrak ciri-ciri yang terdapat di setiap sinyal EEG, ciri yang digunakan ada 6 yaitu *mean*, *variant*, standar deviasi, *skewness*, *kurtosis* dan *entropy*, lalu terakhir proses klasifikasi SVM untuk melihat kelas dari setiap data yang dibuat apakah telah sesuai dengan sistem yang dirancang menggunakan data uji.

### 3.2 Akuisisi Data

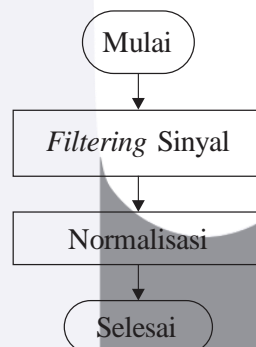
Merupakan tahapan dalam pengambilan data latih menggunakan alat EEG 4 kanal untuk merekam aktivitas kelistrikan di otak selama melakukan intruksi yang diberikan yaitu ketika keadaan normal dan dalam keadaan mengerjakan soal yang diberi sebagai rangsangan, setelahnya *software MATLAB R2017b* akan memproses data mentah responden yang telah didapat yang nantinya akan dilanjutkan ke tahap *preprocessing*.

Langkah-langkah dalam proses akuisisi data sinyal EEG 1 kanal yaitu:

1. Alat EEG 4 kanal digunakan mengelilingi ke bagian kepala samping kiri hingga samping kanan dan menyisakan kepala bagian belakang terbuka.
2. Posisi alat harus sudah sesuai sehingga sensor yang ada di alat tersebut terdeteksi di aplikasi.
3. Sinyal mentah EEG yang didapat akan dipilih kanal AF7,AF8,TP9,TP10 dan dipotong per-5 detik disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.
4. Sinyal diproses dengan metode *Discrete Wavelete Transform (DWT)*.
5. Membandingkan sinyal berdasarkan ciri dari *Alpha* dan *Beta*.
6. Sinyal diklasifikasi dengan support vector machine (SVM).

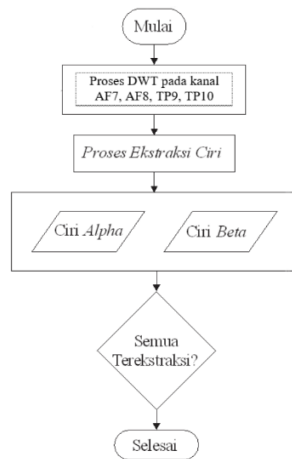
### 3.3 Pre-processing

Tahap lanjutan setelah memperoleh data mentah adalah proses *preprocessing*. Proses *preprocessing* dalam hal ini menggunakan fungsi normalisasi sinyal, yaitu membagi data dengan nilai maksimum. Normalisasi merupakan suatu pendekatan sistematis untuk meminimalkan redundansi data pada suatu sistem agar sistem tersebut dapat bekerja dengan optimal, normalisasi digunakan untuk menghindari terjadinya berbagai anomali data dan tidak konsistensinya data. Namun sebelum dilakukan proses normalisasi, sistem melakukan filtering sinyal untuk membagi sinyal *Alpha* dan *Beta* nya dimana filter yang digunakan adalah filter BPF. Alasan mengapa menggunakan Filter BPF adalah karena cara kerja filter BPF yang sangat cocok digunakan pada kasus yang terdapat di tugas akhir ini, dimana rentang *band* sinyal *Alpha* (8-14 Hz) dan *Beta* (14-30 Hz) yang tugas akhir ini gunakan lokasinya terdapat di antara *band* frekuensi *Delta* (0,1-4 Hz), *Theta* (4-8 Hz) dan *Gamma* (30-99 Hz). Filter BPF akan meloloskan sinyal pada *range* frekuensi batas atas dan bawah sinyal *Alpha* dan *Beta*, sehingga sinyal *Delta*, *Theta* dan *Gamma* tidak akan diloloskan oleh filter.



### 3.4 Ekstraksi Ciri

Setelah data latih yang telah di *preprocessing* didapatkan dan telah dipilah antara data responden dalam keadaan tenang dan konsentrasi *Brain Gym*. Tahap selanjutnya adalah melaksanakan proses ekstraksi ciri menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform*.

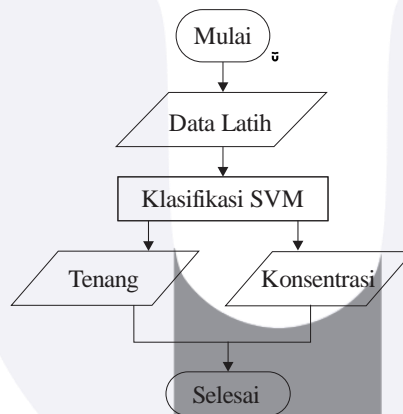


**3.5 Klasifikasi**

Tahap penentuan kelas menggunakan *Support Vector Machine (SVM)*. Seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa sistem yang dibangun dalam tugas akhir dibagi menjadi dua proses, yaitu proses latihan (*training*) dan proses uji (*testing*). Total data latihan yang digunakan berjumlah 80 data dimana data dibagi dalam keadaan normal berjumlah 48 data dan 32 data dalam keadaan *Brain Gym*, klasifikasi SVM memang dibuat spesifik untuk pemecahan 2 kelas dimana untuk tugas akhir sangat cocok karena kelas yang dibagi hanya 2 yaitu kelas Tenang dan *Brain Gym*.

Proses latihan adalah pembentukan database yang berisi parameter terbaik dari responden yang telah dipilih dari sinyal keadaan tenang dan sinyal keadaan konsentrasi, ciri yang telah didapat kemudian nantinya dicek di database latihan yang kemudian akan dilakukan pengelompokan yang akan mempermudah proses pengklasifikasian.

Berikut merupakan diagram proses latihan dan proses uji:



**3.6 Performasi Sistem**

Performansi dilihat dari pengujian terhadap perangkat lunak, yaitu dengan menguji dan menganalisis performansi sistem sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangan sistem.

**4. Hasil Percobaan dan Analisa**

**4.1 Pernyataan responden**

Pemotongan data dilakukan selama 5 detik untuk semua responden, pengambilan data dilakukan saat responden mendapatkan rangsangan dengan soal. Hasilnya masih dalam bentuk data *raw* dari otak responden. Berikut merupakan lama pengambilan data tiap responden. Seperti pada tabel dibawah ini:

No.	Nama	Lama Pengambilan	Keterangan
1	Abi	30 Detik	Normal

		30 Detik	Brain Gym
2	Aldo	30 Detik	Normal
		30 Detik	Brain Gym

#### 4.2 Mencari parameter Terbaik

Pelatihan sistem dilaksanakan agar dapat menentukan parameter manakah yang akan dipakai untuk pengujian, pelatihan sistem dilakukan juga untuk mendapatkan database yang nantinya akan digunakan sebagai acuan pengujian. Dalam skenario sistem ini menggunakan total 80 data dimana 48 datanya digunakan sebagai data latih dan 32 datanya digunakan sebagai data uji dimana 80 data tersebut didapatkan dari pemotongan data 24 responden.

##### 4.6.1 Kanal AF7

SVM Kernel / Tipe DWT	Haar	db2	db4	db6	db8	db10
Linear	79	75	70	85	75	87
Polynomial	100	100	100	100	100	100
RBF	100	100	100	100	100	100

##### 4.6.2 Kanal AF8

SVM Kernel / Tipe DWT	Haar	db2	db4	db6	db8	db10
Linear	83	68	75	66	66	75
Polynomial	100	100	97	100	97	100
RBF	95	87	91	95	97	97

5

##### 4.6.3 Kanal TP9

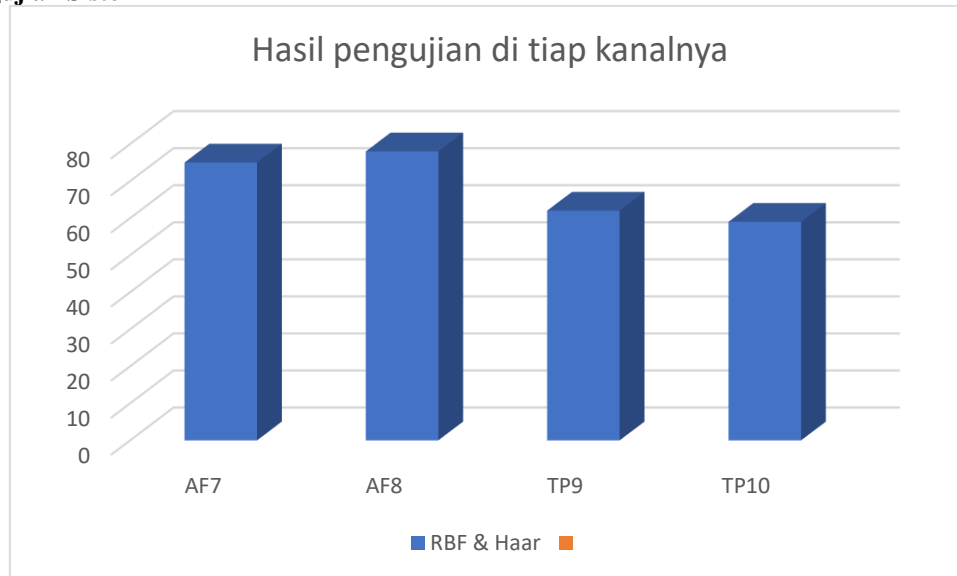
SVM Kernel / Tipe DWT	Haar	db2	db4	db6	db8	db10
Linear	75	93	79	68	81	85,4
Polynomial	100	100	100	100	100	97
RBF	97	95	97	93	100	95

##### 4.6.4 Kanal TP10

SVM Kernel / Tipe DWT	Haar	db2	db4	db6	db8	db10
Linear	85	85	81	66	77	85
Polynomial	100	100	97	100	97	100
RBF	97	95	93	97	95	95



### 4.3 Pengujian Sistem



Tabel di atas merupakan hasil dari pengujian tiap kanal dengan parameter terbaik dari data latih, dari data tersebut dapat di lihat akurasi terbaik ketika menggunakan tipe DWT *haar* dan *kernel polynomial*.

### 5. Analisis

Setiap pengujian pada tiap kanal memiliki akurasi yang berbeda beda, kanal AF8 memiliki akurasi paling baik dari semua kanal, yaitu 81% sedangkan akurasi paling rendah yaitu TP10 dengan 71%, karena AF8 berada pada bagian depan otak, yang mana otak bagian depan berfungsi untuk berpikir, sedangkan otak bagian belakang bergungsi untuk pusat penglihatan.

Hasil dari pelatihan sistem yang sudah dilakukan tipe DWT *haar* memiliki akurasi yang sangat baik yaitu 100% dibanding tipe DWT yang lain, dikarenakan tipe *haar* jika di kombinasikan dengan kernel SVM selain *polynomial* konsisten menghasilkan tingkat akurasi 100%, sedangkan *daubechis 6* dan *daubechis 10* juga mampu menghasilkan tingkat akurasi 100% tetapi tidak konsisten di tiap kanalnya.

Untuk Klasifikasi dapat diketahui bahwa SVM *kernel Polynomial* memiliki akurasi pelatihan paling tinggi yaitu 100% hal ini disebabkan karena nilai *support vector* yang digunakan paling kecil dan nilainya tidak menyentuh data pelatihan maksimum yang mengartikan kernel *Polynomial* cukup mampu untuk mengklasifikasikan data yang digunakan pada tugas akhir ini.

*Power spektral alpha brain gym* pada kanal AF7 & AF8 lebih tinggi dibandingkan dengan *alpha* normal, begitu juga *Power spektral brain gym* pada sinyal *beta* AF7 & AF8 juga lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi normal. Hal ini membuktikan bahwa ketika otak telah dilatih dengan dengan rangsangan *brain gym* secara terus menerus dan teratur maka kinerja otak untuk menyelesaikan soal yang diberikan sebagai rangsangan lebih maksimal sedangkan ketika kondisi normal otak akan berekerja lebih keras untuk menyelesaikan soal yang diberikan dan hasilnya kurang maksimal. Sedangkan pada kondisi kanal TP9 & TP10 yang terjadi cenderung bertolak belakang dengan dengan kanal AF7 & AF8, pada kanal TP9 & TP10 kondisi normal memiliki lonjakan *power spektral* lebih tinggi dari pada kondisi *brain gym*. hal ini di sebabkan karena otak bagian depan atau *lobus frontalis* memiliki fungsi kerja untuk berpikir, sedangkan otak bagian belakang atau *lobus occipitalis* memiliki fungsi kerja untuk pusat penglihatan. Penelitian ini membuktikan bahwa *brain gym* memiliki pengaruh kepada kemampuan ingatan seseorang.

### 6. Kesimpulan dan Saran

#### 6.1 Kesimpulan

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

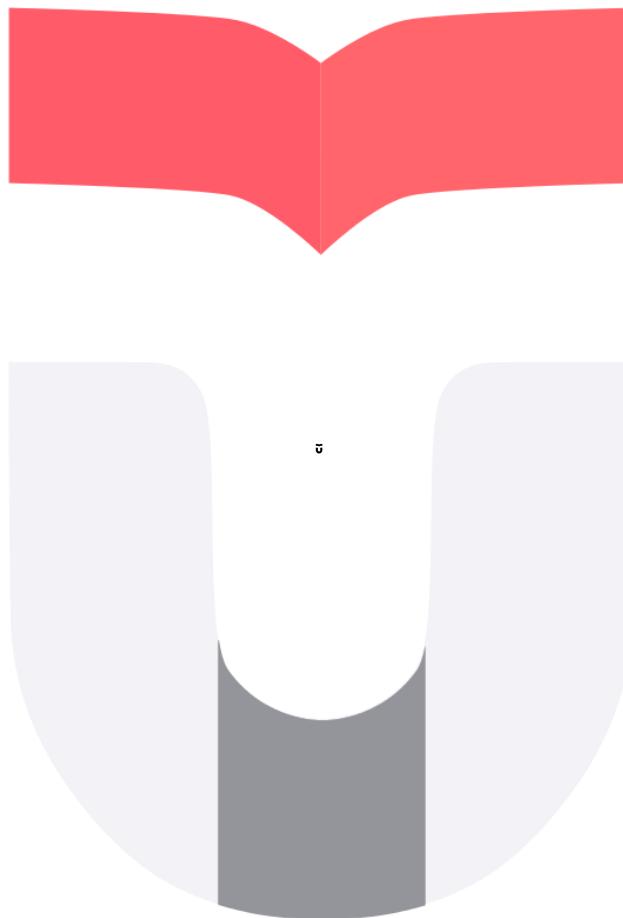
1. Performansi terbaik dapat diperlihatkan dengan menggunakan SVM *Polynomial*
2. Tingkat akurasi pelatihan tertinggi yaitu bernilai 100% dengan menggunakan Kernel *Polynomial* pada tipe DWT *Haar* sedangkan tingkat akurasi tertinggi pada pengujian yaitu bernilai 81% menggunakan kernel *Polynomial* pada tipe DWT *haar*.

3. Perbedaan sinyal *Alpha* dan *Beta* ketika keadaan tenang dan konsentrasi dapat dilihat dari parameter ciri yang dihasilkan.
4. Sinyal *Alpha* dan *Beta* yang dihasilkan seseorang ketika keadaan normal dan diberi rangasangan dapat dilihat dari ketinggian puncak power spektral yang dihasilkan, dimana ketika seseorang sedang diberi rangsangan puncak yang dihasilkan akan meningkat hampir 2x lipat atau lebih dibandingkan puncak amplitudo seseorang dalam keadaan normal pada kanal AF7 & AF8, dan bertolak belakang dengan kanal TP9 & TP10 yang mana puncak yang dihasilkan terdapat pada kondisi normal.

## 6.2 Saran

Saran untuk membantu pengembangan sistem selanjutnya adalah sebagai berikut.

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. Menambahkan alat EKG untuk memperkuat validasi data.





**Daftar Pustaka**

1. dr.Liza, "OTAK MANUSIA, NEUROTRANSMITER , DAN STRESS," Dinkes Kab.Cirebon, 2011.
2. Z. S.pd, "Menyeimbangkan Fungsi Kerja Otak Kanan dan Otak," Khurnia eva Nilasari, 2007.
3. 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.
4. A. Nuryana dan S. Purwanto, "EFEKTIVITAS BRAIN GYM DALAM MENINGKATKAN KONSENTRASI," 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. R. Karmila, E. C. Djamal dan D. Nursantika, "Identifikasi Tingkat Konsentrasi Dari Sinyal EEG Dengan Wavelet dan Adaptive Backpropagation," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2016.
8. P. Aspinall, P. Mavros, R. Coyne dan J. Roe, "The urban brain: analysing outdoor physical activity," *BJSM Sport med*, 2013.
9. S. Heather, "Brain Waves," simonheather, 2010.
10. J. L. Fannin, "Understanding your Brainwaves," 2011.
11. G. Ambica dan B. Sujatha, "STUDY AND APPLICATION OF BRAIN," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2015.
12. T. Kotsos, "Brain Waves and the Deeper State of Consciousness," 2014.
13. M. B. d. Spine, *Anatomy of the Brain*, Mayfield Clinic, 2013.
14. B. N. Association, *Neuroscience: the Science of the Brain*, British Neuroscience Association, 2014.
15. S. sp.KMB, *ELEKTROENSEFALOGRAM*, 2010.
16. A. NURYANA, "EFEKTIVITAS BRAIN GYM DALAM MENINGKATKAN KONSENTRASI BELAJAR PADA ANAK," UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA, 2010.
17. I. Wulandari, "PENERAPAN PERMAINAN SENAM OTAK (BRAIN GYM)," PAUD IKIP Veteran Semarang, 2014.
18. 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.
19. O. Rioul dan M. Vetterli, *Wavelet and Signal Processing*, IEEE SP MAGAZINE, 1991.
20. A. Graps, "Introduction to the Discrete Wavelet Transform (DWT)," mil ufl, 2004.
21. A. Ng, "CS229 Lecture notes," 2014, p. 25.
22. P. Bhuvanewari dan J. S. Kumar, "Support Vector Machine Technique for EEG Signals," *International Journal of Computer Applications*, 2013.
23. A. S. Nugroho, A. B. Witarto dan D. Handoko, "Support Vector Machine Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika," *Kuliah Umum IlmuKomputer.Com*, 2003.

24. S. A. B. Krawietz, "CONCENTRATION: CONSTRUCT REFINEMENT AND SCALE DEVELOPMENT," The University of West Florida, Florida, 2007.
25. C. J. BURGESS, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern," *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 2, pp. 121-167, 1998.

