

**AKSI GAME ARCADE BERDASARKAN PIKIRAN SEBAGAI BRAIN  
COMPUTER INTERFACE MENGGUNAKAN FILTER FAST FOURIER  
TRANSFORM DAN LEARNING VECTOR QUANTIZATION**

**PROPOSAL**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

Matakuliah Tugas Akhir 1

Jenjang Strata I Program Studi Informatika

Universitas Jenderal Achmad Yani

Oleh:

Maulana Yusup Abdullah

3411121068

Pembimbing 1 :

Dr. Esmeralda C. Djamal, S.T., M.T.  
NID. 412127670

Pembimbing 2 :

Faiza Renaldi, S.T., M.Sc.  
NID. 412167079



**PROGRAM STUDI INFORMATIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI**

**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PROPOSAL PENELITIAN TUGAS AKHIR**

Judul Penelitian:

**AKSI GAME ARCADE BERDASARKAN PIKIRAN SEBAGAI BRAIN  
COMPUTER INTERFACE MENGGUNAKAN FILTER FAST FOURIER  
TRANSFORM DAN LEARNING VECTOR QUANTIZATION**

Cimahi,     Januari 2016

**Oleh:**

**Maulana Yusup Abdullah**  
NIM: 3411121068

**Menyetujui,**

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Esmeralda C. Djamal, S.T., M.T.  
NID. 412127670

Faiza Renaldi, S.T., M.Sc.  
NID. 412167079

### ABSTRAK

Brain Computer Interface (BCI) adalah teknologi pengendalian suatu perangkat tanpa menggunakan otot, suara dan sebagainya yang melibatkan fungsi motorik. Sistem BCI terdiri dari pengukuran sinyal otak dan salah satu penggunaan BCI adalah menggerakkan karakter pada game melalui pikiran. Pengolahan sinyal otak tersebut untuk mendeteksi pola – pola unik yang diterjemahkan menjadi perintah (misalnya pola otak saat rileks, melakukan perhitungan matematis, membayangkan gerakan tangan, dsb). Penelitian tentang BCI yang telah dilakukan sebelumnya yaitu seperti menggerakkan kursi roda, kontrol gerak pada game, menggerakkan tangan robot dll. Elektroensephalogram (EEG) adalah perangkat yang dapat menangkap aktivitas listrik di otak dan menginformasikan kondisi pikiran seperti emosional, kelelahan, kewaspadaan, kesehatan dan tingkat konsentrasi. Beberapa penelitian terdahulu, mengidentifikasi variabel kondisi pikiran tersebut di antaranya menggunakan Support Vector Machine (SVM) dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Penelitian ini akan membuat Game Arcade dengan dua gerakan yaitu ke atas dan ke bawah yang menjadi masukan berdasarkan pikiran sebagai BCI. Informasi BCI berdasarkan sinyal EEG yang diklasifikasi menggunakan JST dengan algoritma Learning Vector Quantization (LVQ). Sinyal EEG diekstraksi menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) terhadap gelombang alfa, beta, teta, dan gamma. Salah satu keunggulan LVQ adalah komputasi yang cepat, dalam penelitian komputasi juga menentukan dalam kinerja sistem, sehingga kesederhanaan komputer dalam perhitungan sangat menguntungkan.

**Keyword:** *brain computer interface, sinyal EEG, fast fourier transform, learning vector quantization.*

## 1. Latar Belakang

Brain Computer Interface adalah teknologi pengendalian suatu perangkat tanpa menggunakan otot, suara dan sebagainya yang melibatkan fungsi – fungsi motorik. Oleh karena itu teknologi BCI merupakan teknik pengendalian suatu perangkat/mesin menggunakan pikiran. Sistem BCI terdiri dari pengukuran sinyal otak contohnya EEG, Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), dsb) pengolahan sinyal otak tersebut digunakan untuk mendeteksi pola – pola unik yang akan diterjemahkan menjadi perintah (misalnya pola otak saat rileks, melakukan perhitungan matematis, membayangkan gerakan tangan, dsb), pengontrolan perangkat lunak/mesin dengan perintah yang telah dikenali.

Games adalah aplikasi hiburan dengan sejumlah aturan untuk mengatur perkembangan sesi yang memiliki nilai kuantitatif tentang kesuksesan dan kegagalan saat pemain memainkannya. Terdapat 4 elemen utama dalam permainan, yaitu representasi, interaksi, konflik dan keamanan. Dalam Game terdapat interaksi antara pengguna dengan game tersebut dalam melakukan pergerakan karakter pada game. Terdapat beberapa jenis game yaitu *Action*, *Arcade* dll. Dalam game terdapat beberapa alat masukan yang digunakan untuk berinteraksi antara Pemain dengan karakter yang ada pada Game.

EEG adalah sebuah alat elektromedik yang dapat digunakan untuk mencatat dan menganalisa aktifitas gelombang otak dalam kurun waktu tertentu dengan penempatan elektrode di kepala. EEG bertugas menyusun data yang komprehensif mengenai aktifitas listrik pada otak. EEG seringkali dilakukan untuk mengetahui gambaran potensial listrik otak, apakah masih dalam batas normal atau terdapat sebuah gelombang yang abnormal. Bentuk dari sinyal EEG setiap orang berbeda – beda dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti kondisi emosional, mental, usia, aktivitas dan kesehatan. 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 rileks,

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 – 100 Hz) umumnya dominan muncul pada saat seorang dalam kondisi kesadaran penuh. Penelitian terdahulu telah melakukan identifikasi dan klasifikasi sinyal EEG terhadap rangsangan suara [1] [2], penelitian terdahulu juga telah melakukan klasifikasi sinyal EEG menggunakan SVM [3], mengenali perhatian seseorang terhadap sinyal EEG [4], mengetahui rileks dan tidaknya seseorang terhadap musik yang didengar [5], mengontrol suatu *device* [6], dan mengetahui efek dari pemakaian Mobile Phone terhadap seseorang [7].

Terdapat penelitian terdahulu yang telah dilakukan mengenai BCI yaitu untuk berkomunikasi dan kontrol pada alat/mesin [8], menggerakkan kursor berdasarkan pikiran [9], mengontrol kursi roda secara *real-time* [10] [11], strategi pada game catur [12], menggerakkan *mobile robot* [13] [14] [15], kontrol sistem untuk bermain Games [16], Speech Communication [17], kontrol alat – alat rumah tangga yang telah terintegrasi dengan alat elektronik khusus [18] [19].

Penelitian ini akan membuat sistem untuk menggerakkan karakter pada Game berdasarkan sinyal EEG menggunakan FFT dan LVQ. Terlebih dahulu dilakukan transformasi sinyal dengan FFT untuk mengekstraksi ciri pada gelombang menjadi domain frekuensi dan hasil dari transformasi diidentifikasi menggunakan LVQ. Luaran sistem untuk gerak karakter dua kelas, yaitu gerak ke atas dan gerak ke bawah.

## **2. Perumusan Masalah**

Dalam menggerakkan karakter pada sebuah game berdasarkan sinyal EEG yang ditangkap, dibutuhkan suatu kondisi tertentu untuk dapat direpresentasikan ke dalam suatu aksi karakter pada game tersebut. Karena pikiran setiap orang berbeda – beda maka dibutuhkan suatu identifikasi dalam gelombang sinyal otak. Hal ini dipengaruhi karena terdapat beberapa faktor

yang mempengaruhi seperti kondisi emosional, rileks, semangat dan konsentrasi seseorang.

### **3. Batasan Masalah**

Ruang lingkup dari permasalahan penelitian ini bertujuan supaya tidak meluasnya permasalahan mengingat masalahnya yang cukup kompleks. Adapun batasan dari permasalahannya sebagai berikut:

1. Perekaman menggunakan satu kanal yaitu F1.
2. Pelatihan dilakukan secara *Offline*.
3. Gerakan karakter dibagi menjadi dua yaitu karakter bergerak ke atas ketika seseorang sedang fokus/konsentrasi dan bergerak ke bawah ketika pikiran seseorang sedang rileks/diam.
4. Dua Variabel yang ditinjau yaitu Gelombang Alfa dan Gelombang Beta untuk Gerakan Karakter.
5. *Obstacle* dibuat secara Statis.

### **4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem untuk menggerakan karakter pada Game berdasarkan sinyal EEG yang ditangkap secara *Online* berdasarkan frekuensi gelombang sinyal yang telah diekstraksi oleh FFT menjadi gelombang alfa, beta, teta dan gamma dan diidentifikasi oleh LVQ untuk mengklasifikasi gelombang sinyal tersebut yang direpresentasikan ke dalam sebuah gerakan pada karakter di Game.

### **5. Keluaran dan Manfaat**

Keluaran dari penelitian ini adalah sistem yang dapat menggerakan karakter berdasarkan pikiran dari frekuensi gelombang sinyal EEG yang ditangkap dan divisualisasikan pada sebuah Game.

Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain yaitu:

1. Menggerakan suatu mesin/komputer berdasarkan pikiran.

2. Membantu Studio Game dalam membuat sebuah kontrol pada Game berdasarkan sinyal EEG.
3. Membantu orang yang memiliki keterbatasan fisik atau disabilitas dalam mengontrol atau berkomunikasi dengan mesin/komputer.

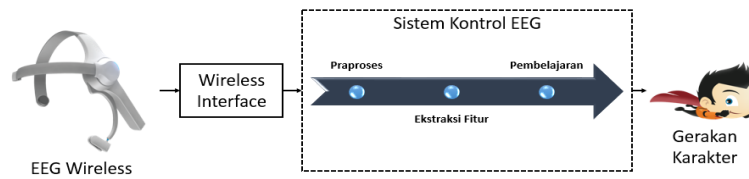
## **6. Tinjauan Pustaka**

Tinjauan Pustaka menjelaskan Teori pendukung serta penelitian terdahulu mengenai BCI, sinyal EEG, Pengolahan Sinyal, Transformasi FFT dan identifikasi menggunakan LVQ.

### **6.1. Brain Computer Interface**

BCI adalah teknologi yang memanfaatkan gelombang otak untuk mengontrol atau berkomunikasi pada suatu sistem melalui antar muka khusus. Setiap orang mampu mengontrol hanya dengan gelombang otak atau pikiran, dengan kata lain untuk mengontrol suatu alat/mesin tidak perlu melakukan aktifitas fisik. Pada awal perancangan BCI, sistem ini diharapkan dapat digunakan untuk sarana komunikasi bagi penderita lumpuh total, untuk rehabilitasi, dan dapat juga dimanfaatkan untuk teknik kendali dalam permainan komputer. Sebuah sistem BCI terdiri dari pengukuran sinyal otak, dan kemudian dilakukan sistem pengolahan sinyal otak tersebut untuk mendeteksi pola – pola unik yang akan diterjemahkan menjadi perintah, seperti pola otak saat konsentrasi atau rileks.

Penelitian terdahulu telah melakukan penelitian mengenai BCI menggunakan ekstraksi fitur Wavelet untuk mendapatkan akurasi yang tinggi dan pada penelitian tersebut didapat akurasinya 99.067% [11], lalu terdapat penelitian terdahulu menggunakan ekstraksi Discrete Wavelet Transform (DWT) dan klasifikasinya menggunakan K-Nearest Neighbor (KNN) yang menghasilkan 2 kelas [19], lalu terdapat penelitian terdahulu lainnya yaitu untuk kontrol kursor menggunakan ekstraksi DWT dan identifikasi menggunakan SVM yang menghasilkan 5 kelas gerakan kursor secara realtime [9]. Gambar Sistem Kontrol Menggunakan EEG dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem Kontrol Menggunakan EEG

## 6.2. Elektroensephalogram

Elektroensephalogram merupakan salah satu tes yang dilakukan untuk mengukur aktivitas kelistrikan dari otak untuk mendeteksi adanya kelainan dari otak. Tindakan ini menggunakan sensor khusus yaitu elektroda yang dipasang di kepala dan dihubungkan melalui kabel menuju komputer. EEG akan merekam aktivitas elektrik dari otak, yang direpresentasikan dalam bentuk garis gelombang. EEG bertugas menyusun data yang komprehensif mengenai aktifitas listrik pada otak. EEG seringkali dilakukan untuk mengetahui gambaran potensial listrik otak, apakah masih dalam batas normal atau terdapat sebuah gelombang yang abnormal. Bentuk dari sinyal EEG setiap orang berbeda – beda dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti kondisi emosional, mental, usia, aktivitas dan kesehatan. 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 rileks, 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 – 100 Hz) umumnya dominan muncul pada saat seorang dalam kondisi kesadaran penuh.

Terdapat penelitian terdahulu dalam pengolahan sinyal EEG, pada penelitian tersebut pengolahan sinyal EEG yang terekam dengan menggunakan metode Wavelet Transform masih memiliki persentase kebenaran 60%, karena masih terdapat sinyal *noise* pada frekuensi diatas 30 Hz [20].



### 6.3. Fast Fourier Transform

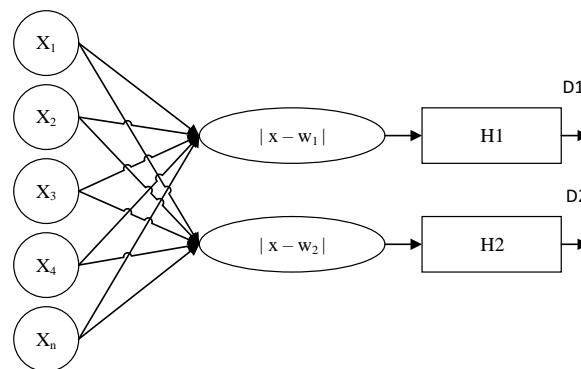
Fast Fourier Transform merupakan metode yang sangat efisien untuk menghitung koefisien dari Fourier Diskrit ke suatu Finite sekuen dari data yang kompleks. Karena substansi waktu yang tersimpan lebih dari pada metoda konvensional, FFT merupakan aplikasi temuan yang penting di dalam sejumlah bidang yang berbeda seperti analisis *spectrum*, *speech and optical signal processing*, *design filter digital*. Algoritma FFT berdasarkan atas prinsip pokok dekomposisi perhitungan Discrete Fourier Transform (DFT) dari suatu sekuen sepanjang N ke dalam transformasi diskrit Fourier secara berturut – turut lebih kecil.

FFT merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal dalam domain waktu menjadi domain frekuensi, artinya proses perekaman sinyal disimpan dalam bentuk digital. Terdapat penelitian terdahulu mengenai pengacak sinyal dengan metode FFT untuk simulasi pengacakan sinyal suara, pada penelitian tersebut FFT dapat digunakan untuk *filtering* sinyal input dengan baik [21]. Penelitian terdahulu juga telah menggunakan FFT untuk pengolahan sinyal digital pada *tuning* gitar, pada penelitian tersebut algoritma FFT yang diimplementasikan pada sistem memberikan hasil yang optimal untuk *tuning* gitar non elektrik, berdasarkan pengujian tingkat akurasi *tuning* gitar mencapai 99.43% [22].

### 6.4. Learning Vector Quantization

Learning Vector Quantization merupakan suatu metode klasifikasi pola yang masing – masing unit keluaran mewakili kategori atau kelas tertentu. LVQ digunakan untuk pengelompokan dimana jumlah target atau kelas sudah ditentukan. Suatu lapisan kompetitif secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor – vektor *input*. Kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor – vektor *input*. Jika dua vektor *input* mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor *input* tersebut ke dalam kelas yang sama.

Prinsip kerja dari algoritma LVQ adalah pengurangan node – node yang pada akhirnya hanya ada satu node *output* yang terpilih. Pertama kali yang dilakukan adalah melakukan inisialisasi bobot untuk tiap – tiap node dengan nilai random. Setelah diberikan bobot random, maka jaringan diberi *input* sejumlah dimensi node/neuron input. Setelah *input* diterima jaringan, maka jaringan mulai melakukan perhitungan jarak vektor yang didapatkan dengan menjumlahkan selisih/jarak antara vektor input dengan vektor bobot. Arsitektur LVQ dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur Learning Vector Quantization

#### Algoritma LVQ:

1. Tetapkan:  
Bobot ( $W$ ) , Maksimum Epoch  
(MaxEpoch) , Error Minimum yang diharapkan  
(Eps) , Learning Rate ( $\alpha$ ).
2. Masukkan:  
Input :  $x(m,n)$ ;  
Target :  $T(1,n)$ .
3. Tetapkan Kondisi Awal:  
epoch = 0;  
err = 1.
4. Kerjakan jika: (epoch < MaxEpoch) atau ( $\alpha > \text{eps}$ )
  - a. epoch = epoch+1;
  - b. Kerjakan untuk  $i=1$  sampai  $n$ 
    - i. Tentukan  $J$  sedemikian sehingga  $\|x - w_j\|$  minimum (sebut sebagai  $C_j$ )
    - ii. Perbaiki  $w_j$  dengan ketentuan:

1. Jika  $T = C_j$  maka:  

$$w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) + \alpha(x - w_j(\text{lama}))$$
2. Jika  $T \neq C_j$  maka:  

$$w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) - \alpha(x - w_j(\text{lama}))$$

c. Kurangi nilai  $\alpha$

Terdapat penelitian terdahulu yang menggunakan LVQ untuk mengoperasikan Kursor Komputer melalui Ucapan, algoritma LVQ pada penelitian tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan masukan ke kelas target yang ditentukan dan menghasilkan rata – rata persentase keberhasilan pengenalan suara pada sistem tersebut dengan menggunakan data latih adalah sebesar 88.89% dan rata – rata persentase keberhasilan pengenalan suara pada sistem tersebut dengan menggunakan data uji adalah sebesar 83.99% [23]. Penelitian terdahulu lain juga yang menggunakan LVQ telah melakukan identifikasi ekspresi wajah [24], pengenalan tanda tangan [25], pengujian kualitas citra sidik jari [26] dan pengenalan wajah [27].

## 7. Metodologi Penelitian

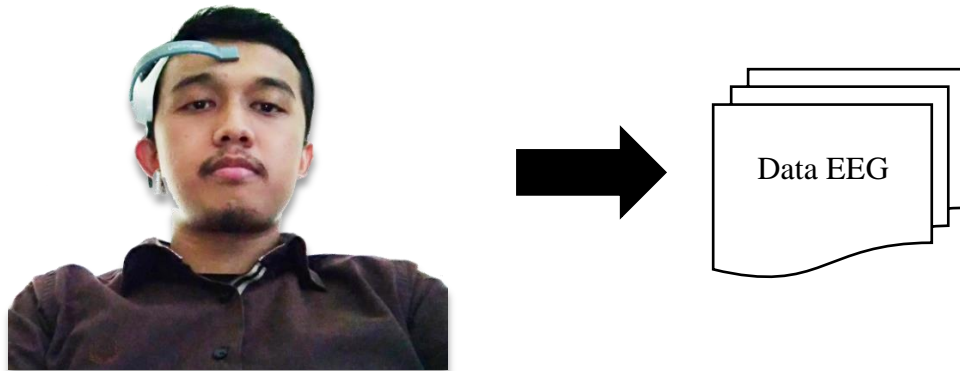
Dalam membangun sistem untuk menggerakan karakter berdasarkan pikiran dibagi menjadi 6 tahap yaitu:

### 7.1. Pengambilan Data EEG

Pada tahapan ini, pengambilan data EEG dilakukan dengan menggunakan EEG *Wireless* dari kanal yang digunakan yaitu kanal Fp1, menggunakan Frekuensi *sampling* 512 Hz. yang dipasang di kulit luar kepala untuk merekam sinyal gelombang pada otak. Pengambilan data dengan cara merekam sinyal EEG dilakukan terhadap 5 Naracoba dalam kondisi sehat. Setiap perekaman dilakukan selama 1 menit, perekaman pertama Naracoba diminta untuk berkonsentrasi atau membayangkan karakter untuk bergerak ke atas. Sementara perekaman kedua Naracoba diminta untuk rileks atau diam untuk menggerakan karakter ke bawah. Sinyal yang telah direkam disimpan pada *File* dengan

ekstensi *.txt* untuk kemudian diproses pada tahap selanjutnya. Perekaman sinyal dapat dilihat pada Gambar 3.

Perekaman Sinyal Otak menggunakan  
NeuroSky 1 Kanal yaitu Fp1



Gambar 3 Perekaman Sinyal Otak

## 7.2. Praproses dan Transformasi FFT

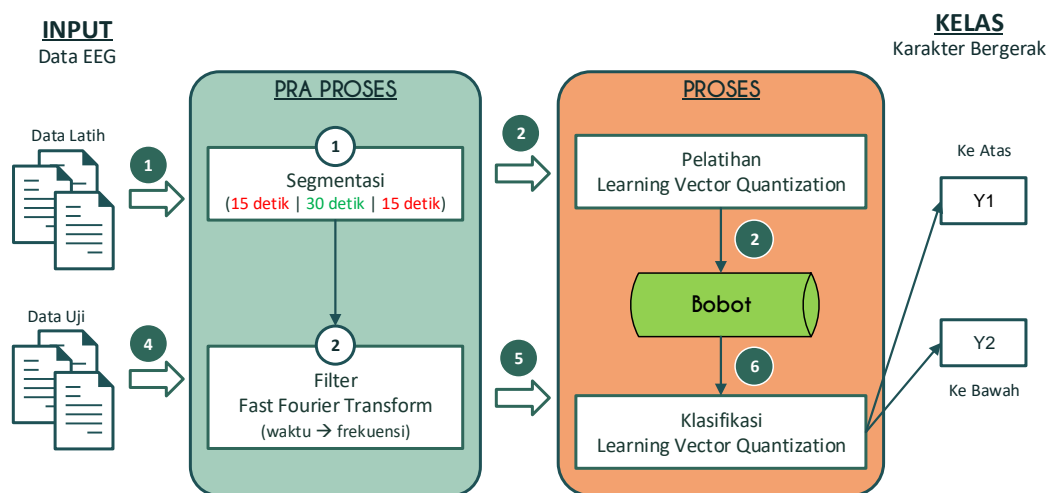
Pada tahapan ini dilakukan perancangan sistem untuk praproses yang terdiri dari segmentasi dan transformasi menggunakan FFT. Data yang telah direkam dalam 1 detik tersebut menghasilkan 512 data, 512 data tersebut didapat dari penggunaan kanal Fp1 dengan frekuensi *sampling* 512 Hz. Dalam satu kali perekaman menghasilkan 30720 data. Data yang telah direkam tersebut kemudian disegmentasi. Segmentasi merupakan proses pembagian sinyal ke dalam beberapa bagian. Pada bagian segmentasi ini, hasil dari setiap perekaman 1 menit yang telah dilakukan diambil 30 detik. 30 detik tersebut dihasilkan dari hasil pemotongan dengan menghilangkan 15 detik pertama dan 15 detik terakhir. Jadi dalam satu kali perekaman didapat 15360 data untuk satu segmen. Total data yang dihasilkan dari 5 Naracoba setiap perekaman selama 1 menit yaitu berjumlah 153600 dengan jumlah segmentasi yaitu 10 (5 segmen untuk kelas gerak ke atas dan 5 segmen untuk kelas gerak ke bawah).

Sedangkan *filter* menggunakan FFT merupakan salah satu cara untuk merubah sinyal EEG menjadi Frekuensi untuk mengetahui ciri dari sinyal otak,

yang telah dipisahkan berdasarkan frekuensi dari masing – masing gelombang, sehingga sinyal tersebut dapat diidentifikasi untuk kemudian diklasifikasikan.

### 7.3. Analisis Sinyal EEG Menggunakan LVQ

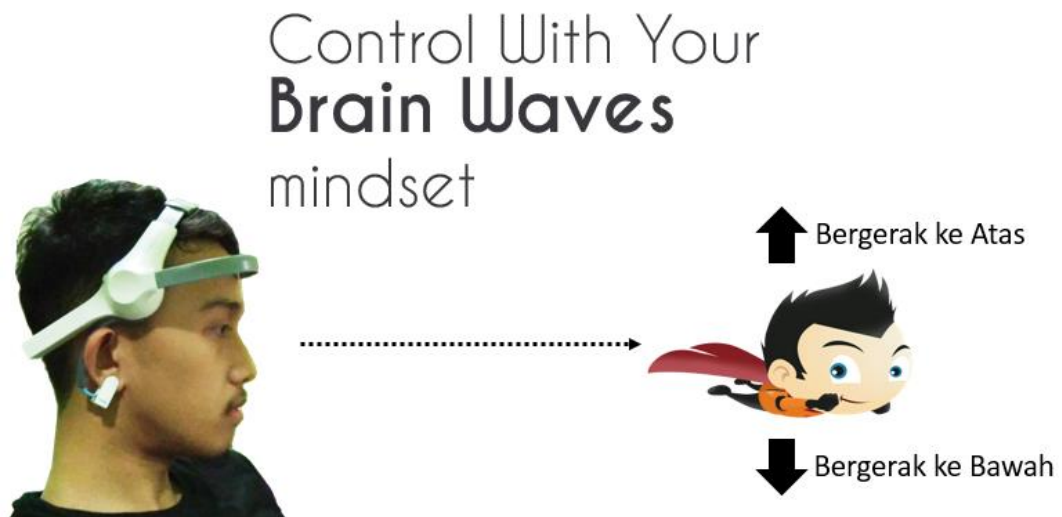
Pada tahapan ini dilakukan klasifikasi sinyal otak dengan menggunakan LVQ. Klasifikasi dengan LVQ dilakukan terhadap hasil ekstraksi berdasarkan gelombang sinyal yang telah dipisahkan menjadi gelombang alfa, beta, teta dan gamma dengan menggunakan FFT. Tahapan sistem identifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Sistem Identifikasi

### 7.4. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Pada tahapan ini dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat lunak berdasarkan berdasarkan dari sinyal EEG yang akan dilakukan pelatihan dan pengujian yang menghasilkan identifikasi sinyal untuk gerakan karakter yang didapatkan dari sinyal EEG menggunakan EEG *Wireless* yang dipasang di kepala secara *realtime* dalam menggerakan karakter pada perangkat lunak. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data uji yang ditangkap secara *realtime* untuk diproses menggunakan LVQ, pengujian dimaksudkan untuk menggerakan karakter di Game berdasarkan kondisi pikiran. Kontrol Gerak Karakter dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Kontrol Gerak Karakter

#### 7.5. Pengujian dan Evaluasi

Pada tahapan ini dilakukan pengujian sistem dan evaluasi, pengujian dilakukan dengan cara melakukan uji coba dengan Naracoba yang lain untuk menggunakan perangkat lunak dengan memasang EEG Wireless secara *realtime* dalam menggerakan karakter pada Game.

#### 7.6. Dokumentasi dan Publikasi

Pada tahapan ini melakukan pelaporan dan publikasi ilmiah. Keluaran dari penelitian ini adalah sebuah sistem yang mampu menggerakan karakter pada Game, gerakan karakter ini berdasarkan kondisi dan pikiran seseorang ketika saat memainkannya. Gerakan karakter pada game tersebut yaitu karakter bergerak ke atas dan ke bawah. Penelitian ini akan dipublikasikan dalam Seminar Nasional yang mempunyai reputasi atau Jurnal Terakreditasi.

## 8. Jadwal Penelitian

Tabel 1. Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan ke - 1				Bulan ke - 2				Bulan ke - 3				Bulan ke - 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengambilan Data EEG																
2	Praproses dan Transformasi menggunakan FFT																
3	Analisis Sinyal EEG Menggunakan LVQ																
4	Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak																
5	Pengujian dan Evaluasi																
6	Dokumentasi dan Publikasi																

## 9. Referensi

- [1] E. C. Djamal dan H. A. Tjokronegoro, "Identifikasi dan Klasifikasi Sinyal EEG terhadap Rangsangan Suara dengan Ekstraksi Wavelet dan Spektral Daya," *PROC. ITB Sains*, 2005.
- [2] E. C. Djamal dan Suprijanto, "Recognition of Electroencephalogram Signal Pattern against Sound Stimulation using Spectral of Wavelet," *TENCON*, 2011.
- [3] M. A. Karyawan, A. Z. Arifin dan A. Saikhu, "Klasifikasi Sinyal EEG menggunakan Koefisien Autoregresif, E-Score, dan Least Squares Support Vector Machine," *TIF*, 2011.
- [4] N.-H. Lieu, C.-Y. Chiang dan H.-C. Chu, "Recognizing the Degree of Human Attention Using EEG Signals from Mobile Sensors," *Sensors*, 2013.
- [5] N. I. C. Marzuki, N. H. Mahmood dan N. Safri, "Type of Music Associated with Relaxation Based on EEG Signal Analysis," *Jurnal Teknologi*, 2013.
- [6] G. S. J. R. W. J. G. O. D. W. M. Eric C. Leuthardt, "A Brain Computer Interface using Electroencephalographic signal in Humans," *Neural Engineering*, pp. 63 - 71, 2004.
- [7] T. E. o. M. P. U. o. H. B. u. EEG, "Gurloleen Singh," *International Journal of Computer Application*, 2014.
- [8] N. B. D. J. M. G. P. T. M. V. Jonathan R. Wolpaw, "Brain Computer Interface for Communication and Control," *Clinical Neurophysiology*, pp. 767 - 791, 2002.
- [9] A. A. A. T. A. M. B. A. M. Mohammad H. Alomari, "EEG Mouse: A Machine Learning-Based Brain Computer Interface," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 5, 2014.
- [10] V. Khare, J. Santhosh, S. Anand dan M. Bhatia, "Brain Computer Interface Based Real Time Control of Wheelchair Using Electroencephalogram," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 1, no. 5, 2011.
- [11] E. A. Mohamed, M. Z. B. Yusoff, N. K. Selman dan A. S. Malik, "Enhancing EEG Signals in Brain Computer Interface Using Wavelet



Transform,” *International Journal of Information and Electronics Engineering*, vol. 4, 2014.

- [12] L. Vokorokos dan N. Adam, “Non-Invasive Brain Imaging Technique for Playing Chess with Brain Computer Interface,” *International Journal of Computer and Information Technology*, vol. 3, 2014.
- [13] S. Ramesh, M. G. Krishna dan M. Nakirekanti, “Brain Computer Interface System for Mind Controlled Robot using Bluetooth,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 104, 2014.
- [14] T. Shanmugapriya dan S. Senthilkumar, “Robotics and the Brain Computer Interface System Critical Review for Manufacturing Application,” *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [15] G. Varghese, J. James, L. Joseph, M. K. John, S. Mathew dan S. Ramachandhran, “Human Robot Cooperative System Based on Non-invasive Brain Computer Interface,” *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [16] P. A. Pour, T. Gulrez, O. AlZoubi, G. Gargiulo dan R. A. Calvo, “Brain Computer Interface Next Generation Thought Controlled Distributed Video Game Development Platform,” *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, 2008.
- [17] J. S. Brumberg, A. N. Castanon, P. R. Kennedy dan F. H. Guenther, “Brain Computer Interfaces for Speech Communication,” *Speech Communication*, pp. 367 - 379, 2010.
- [18] A. I. N. Alshbatat, “EEG-Based Brain Computer Interface for Automating Home Appliances,” *Journal of Computers*, vol. 9, 2014.
- [19] T. S, S. M. S, M. C, R. Saxena, T. R. Prasad dan A. Tiwari, “Brain Computer Interface Systems to Assist Patients Using EEG Signals,” *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 3, no. 6, 2015.
- [20] Kemalasari, M. H. P, R. W dan N. S, “Pengolahan Sinyal Elektroensefalogram Sistem Peletakan 8 Elektrode dengan Metode Wavelet Transform,” *IES*, 2003.

- [21] R. Y. Sipasulta, A. S. M. Lumenta dan S. R. U. A. Sompie, "Simulasi Sistem Pengacak Sinyal dengan Metode Fast Fourier Transform," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 2014.
- [22] R. Dianputra, D. Puspitaningrum dan Ernawati, "Implementasi Algoritma Fast Fourier Transform Untuk Pengolahan Sinyal Digital pada Tuning Gitar dengan Open String," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2014.
- [23] A. Setiawan, A. Hidayanto dan R. R. Isnanto, "Aplikasi Pengenalan Ucapan dengan Ekstraksi Mel-Frequency Cepstrum Coefficients melalui Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization untuk Mengoperasikan Kursor Komputer," *TRANSMISI*, 2011.
- [24] Sutarno, "Identifikasi Ekspresi Wajah Menggunakan Alihragam Gelombang Singkat (Wavelet) dan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization," *Seminar Nasional Informatika UPN "Veteran"*, 2010.
- [25] D. Y. Qur'ani dan S. Rosmalinda, "Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization untuk Aplikasi Pengenalan Tanda Tangan," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2010.
- [26] M. Nasir dan M. Syahroni, "Pengujian Kualitas Citra Sidik Jari Kotor Menggunakan Learning Vector Quantization," *Jurnal Litek*, pp. 65-69, 2012.
- [27] M. D. Wuryandari dan I. Afrianto, "Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan Learning Vector Quantization pada Pengenalan Wajah," *Jurnal Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, 2012.