

BASIC GAME CONTROLLER MENGGUNAKAN ELECTROENCEPHALOGRAPHY

Skripsi



Oleh:
FRANSISKUS XAVERIUS RAYNALD SUMAMPOUW
71130137

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2018

BASIC GAME CONTROLLER MENGGUNAKAN ELECTROENCEPHALOGRAPHY

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh:
FRANSISKUS XAVERIUS RAYNALD SUMAMPOUW
71130137

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

BASIC GAME CONTROLLER MENGGUNAKAN ELECTROENCEPHALOGRAPHY

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, keee cuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaaan saya.

Yogyakarta, 7 Juni 2018



Fransiskus Xaverius Raynald Sumampouw

71130137

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : BASIC GAME CONTROLLER MENGGUNAKAN
ELECTROENCEPHALOGRAPHY
Nama Mahasiswa : FRANSISKUS X. R. SUMAMPOUW
N I M : 71130137
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Genap
Tahun Akademik : 2017/2018

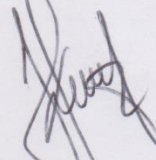
Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 7 Juni 2018

Dosen Pembimbing I



Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.

Dosen Pembimbing II



Laurentius Kuncoro Probo Saputra,
S.T., M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

BASIC GAME CONTROLLER MENGGUNAKAN ELECTROENCEPHALOGRAPHY

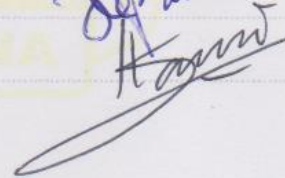
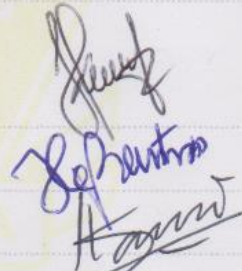
Oleh: FRANSISKUS X. R. SUMAMPOUW / 71130137

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 30 Mei 2018

Yogyakarta, 7 Juni 2018
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
2. Laurentius Kuncoro Probo Saputra, S.T.,
M.Eng.
3. Prihadi Beny Waluyo, SSi., MT.
4. Junius Karel, M.T.




Dekan



(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi



(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan rahmat dan kasih karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini yang berjudul “Basic Game Controller menggunakan Electroencephalography” dengan baik dan pada waktu yang selaiknya.

Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan program skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bimbingan, saran, serta dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.** selaku dosen pembimbing I, yang telah banyak memberikan bimbingan selama penyusunan dan penulisan Skripsi ini.
2. Bapak **Laurentius Kuncoro Probo Saputra, S.T., M.Eng.** selaku dosen pembimbing II yang juga telah banyak memberikan masukan dan arahan selama pembuatan skripsi.
3. Bapak **Antonius Rachmat C., S.Kom., M.Cs.** selaku Koordinator Skripsi.
4. Mama, Papa dan keluarga yang selalu mendukung dan menyemangati dalam proses pengerjaan skripsi.
5. Teman-teman seperjuangan Inggar, Michael Buntoro, Billy Fanino, Sagara Mahardika, Agustianto Purnomo, Untung Putra, Dian Oey, Eribka David, yang telah memberikan bantuan berupa pengajaran, dukungan, semangat, yang selalu siap sedia menemani mengerjakan skripsi dan menjadi tempat berkeluh kesah selama proses penelitian ini.
6. Teman-teman Hoo Hap Hwee Yogyakarta yang senantiasa mendukung, menyemangati dan mendengarkan keluh kesah penulis selama proses penelitian ini berlangsung.

7. Keluarga besar PPLK UKDW, Bapak Abet Narisworo dan rekan-rekan volunteer yang senantiasa mendukung, menyemangati, dan menyediakan tempat untuk melaksanakan penelitian ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa/i yang dengan sabar dan suka rela telah berpartisipasi selama berjalannya penelitian ini.
9. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pada topik dalam Skripsi ini dan masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Skripsi ini.

Oleh karena itu, penulis sangat menghargai dan menerima jika ada berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan Skripsi di masa yang akan datang. Akhir kata penulis ingin meminta maaf apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan sewaktu pelaksanaan skripsi.

Yogyakarta, 18 Mei 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkah dan arahan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Basic Game Controller menggunakan Electroencephalography” dengan lancar.

Dengan selesainya tugas akhir ini, tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada kita sekalian.

Yogyakarta, 18 Mei 2018

Penulis

INTISARI

Basic Game Controller Menggunakan Electroencephalography

Komputer membutuhkan perintah untuk dapat mengendalikan sebuah game. Salah satu bentuk kendali game yang mendasar adalah gerakan ke 4 arah yaitu; atas, bawah, kiri, dan kanan. Untuk mengontrol game dengan menggunakan gelombang otak, maka diperlukan konversi dari sinyal otak, menjadi perintah yang dijalankan komputer. Konversi dilakukan dengan mengklasifikasikan sinyal yang diterima dari alat sesuai dengan pola sinyal. Untuk mengklasifikasikan diperlukan data training terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengumpulan data dari orang-orang yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih universal agar kendali tersebut dapat diaplikasikan pada semua orang.

Pengumpulan data dilakukan untuk membangun data latih dengan headset EEG *Neurosky Mindwave*. Data didapatkan dari 10 orang responden yang terdiri dari 5 laki – laki dan 5 perempuan. Responden kemudian diminta untuk memfokuskan pikiran pada stimulus yang menampilkan 4 arah yang akan digunakan sebagai kendali. Setelah data didapatkan, kemudian data akan dicarikan cirinya dan diimplementasikan pada sistem.

Implementasi yang dibuat menggunakan fitur *Short time energy*, *Zero Cross Rate*, *Spectral Centroid*, dan *Spectral Flux*. Klasifikasi menggunakan *K-Nearest Neighbor*. Nilai akurasi yang didapat adalah 28.32% untuk $K = 1$, dan 23.4% untuk $K = 3$.

Kata Kunci: EEG, *K-Nearest Neighbor*, *Neurosky Mindwave*

DAFTAR ISI

SAMPUL LUAR.....	i
SAMPUL DALAM.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
KATA PENGANTAR	viii
INTISARI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Metodologi Penelitian	2
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Sinyal EEG.....	6
2.2.2 <i>Preprocessing</i>	8
2.2.2.1 <i>Digital Filter</i>	8
2.2.2.2 <i>Discrete Fourier Transform</i>	10
2.2.2.3 <i>Fast Fourier Transform Radix-2 Algorithm</i>	11
2.2.3 <i>Feature Extraction</i>	12
2.2.3.1 <i>Spectral Centroid</i>	12
2.2.3.2 <i>Spectral Flux</i>	12

2.2.3.3 Short time energy	13
2.2.3.4 Zero Cross Rate	13
2.2.4 Classification	14
2.2.4.1 Euclidian Distance	14
2.2.4.2 K-Nearest Neighbor	14
BAB III PERANCANGAN SISTEM	19
3.1 Deskripsi Umum.....	19
3.2 Kebutuhan Sistem.....	19
3.2.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	19
3.2.2 Spesifikasi Perangkat Lunak.....	20
3.3 Data	20
3.3.1 Format Data.....	20
3.3.2 Metode Pengambilan Data	21
3.4 Perancangan Sistem.....	22
3.4.1 Penerimaan Sinyal	22
3.4.2 Perancangan Preprocessing.....	24
3.4.3 Perancangan Feature Extraction	25
3.4.3.1 Short time energy	26
3.4.3.2 Zero Cross Rate.....	27
3.4.3.3 Spectral Centroid.....	28
3.4.3.4 Spectral Flux	29
3.4.4 Perancangan Classification	31
3.4.5 Perancangan Antarmuka	31
3.4.5.1 Menu utama.....	31
3.4.5.2. Menu Controller	32
3.5 Metode Evaluasi	33
3.5.1 Data	33
3.5.2 Evaluasi Sistem	33
3.5.3 Akurasi	33
BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM	34
4.1 Implementasi Sistem	34
4.2 Implementasi Data	34

4.2.1 Implementasi Pengambilan Data.....	34
4.2.2 Data	37
4.2.2.1 Data arah atas	37
4.2.2.1 Data arah bawah.....	39
4.2.2.1 Data arah kiri.....	40
4.2.2.1 Data arah kanan.....	42
4.3 Implementasi Preprocessing.....	44
4.3.1 Implementasi Digital Filtering	44
4.3.2 Implementasi FFT	46
4.4 Implementasi Feature Extraction	49
4.4.1 Implementasi Short Time Energy	50
4.4.2 Implementasi Zero Cross Rate	52
4.4.3 Implementasi Spectral Centroid.....	53
4.4.4 Implementasi Spectral Flux	54
4.4.5 Implementasi Standard Deviation.....	55
4.5 Implementasi Classification.....	55
4.6 Implementasi Antarmuka.....	56
4.6.1 Implementasi Menu Utama.....	56
4.6.2 Implementasi Menu Controller	58
4.7 Hasil dan Pembahasan.....	60
4.7.1 Analisis Data	60
4.7.2 Hasil Pengujian Sistem	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
1.1 Kesimpulan.....	71
1.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN A KODE PROGRAM	Lampiran A-1
LAMPIRAN B DATASET	Lampiran B-1
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI	Lampiran C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang otak Delta	7
Gambar 2.2. Gelombang otak Theta	7
Gambar 2.3. Gelombang otak Alpha	7
Gambar 2.4. Gelombang otak Beta.....	8
Gambar 2.5. Gelombang otak Gamma.....	8
Gambar 2.6. Filter Digital	9
Gambar 2.7. Tahapan Komputasi $N = 8$ Point DFT	12
Gambar 2.8. Flowchart Algoritma K-Nearest Neighbor.....	15
Gambar 3.1. Neurosky Mindwave Headset	19
Gambar 3.2. Ruang pengambilan Data	21
Gambar 3.3. Empat Gambar bergerak yang digunakan sebagai stimulus.....	21
Gambar 3.4. Diagram alir system	22
Gambar 3.5. Bagian-bagian Neurosky Mindwave Headset.....	23
Gambar 3.6. Diagram alir penerimaan sinyal	23
Gambar 3.7. Time Frame	24
Gambar 3.8. Diagram alir preprocessing	24
Gambar 3.9. Diagram alir Feature Extraction pada Time domain.....	25
Gambar 3.10. Diagram alir Feature Extraction pada Frequency domain	25
Gambar 3.11. Diagram alir Short time energy.....	26
Gambar 3.12. Diagram alir Zero cross Rate	27
Gambar 3.13. Diagram alir Spectral Centroid	28
Gambar 3.14. Diagram alir Spectral Flux	29
Gambar 3.15. Diagram alir klasifikasi	30
Gambar 3.16. Rancangan tampilan antarmuka menu utama.....	30
Gambar 3.17. Rancangan tampilan antarmuka menu controller.....	31
Gambar 3.18. Dialog yang muncul apabila hasil sukses.....	32

Gambar 3.19. Dialog yang muncul apabila hasil gagal	32
Gambar 4.1. Brainwave Visualizer	33
Gambar 4.2 Skenario pengambilan data pada openvibe designer.....	35
Gambar 4.3. Sinyal yang ditampilkan.....	35
Gambar 4.4. Sinyal yang ditampilkan saat koneksi terputus	36
Gambar 4.5. Salah satu bentuk sinyal arah atas	37
Gambar 4.6 Pemetaan 3 dimensi untuk sample arah atas	37
Gambar 4.7 Salah satu bentuk sinyal arah bawah.....	39
Gambar 4.8. Pemetaan 3 dimensi untuk sample arah bawah.....	39
Gambar 4.9. Salah satu bentuk sinyal arah kiri.....	40
Gambar 4.10. Pemetaan 3 dimensi untuk sample arah kiri.....	41
Gambar 4.11. Salah satu bentuk sinyal arah kanan.....	42
Gambar 4.12. Pemetaan 3 dimensi untuk sample arah kanan.....	42
Gambar 4.13. Implementasi LowPassFilter.....	43
Gambar 4.14. Implementasi Time Frame	44
Gambar 4.15. Hamming Window	44
Gambar 4.16. Implementasi FFT	45
Gambar 4.17 Hasil FFT dari masing-masing 1 contoh data sinyal.....	46
Gambar 4.18. Pemetaan 3 dimensi hasil FFT signal atas	47
Gambar 4.19. Pemetaan 3 dimensi hasil FFT signal bawah	47
Gambar 4.20. Pemetaan 3 dimensi hasil FFT signal kiri.....	48
Gambar 4.21. Pemetaan 3 dimensi hasil FFT signal kanan	48
Gambar 4.22. Implementasi Feature Extraction	49
Gambar 4.23. Implementasi Short time energy	50
Gambar 4.24. Implementasi Zero Cross Rate	51
Gambar 4.25. Implementasi Spectral Centroid.....	52
Gambar 4.26. Implementasi Spectral Flux.....	53
Gambar 4.27. Implementasi Standar Deviasi.....	54

Gambar 4.28. Format Data fitur	54
Gambar 4.29. Implementasi Klasifikasi.....	55
Gambar 4.30. Implementasi antarmuka awal menu utama	56
Gambar 4.31. Tampilan status headset	56
Gambar 4.32. Tampilan awal antarmuka menu controller.....	57
Gambar 4.33. Tampilan menu controller saat memilih stimulus atas.....	58
Gambar 4.34. Tampilan menu controller saat memilih stimulus kiri	58
Gambar 4.35. Pesan yang ditampilkan apabila klasifikasi berhasil	59
Gambar 4.35. Pesan yang ditampilkan apabila klasifikasi gagal	59
Gambar 4.36. Pemetaan sampel 2 Dimensi	69

©UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Training.....	15
Tabel 2.2 Data Sample.....	16
Tabel 2.3 Distance antara data training terhadap data sample.....	16
Tabel 2.4 Hasil K-NN.....	16
Tabel 3.1 Contoh data.....	17
Tabel 4.1 Data penelitian awal.....	34
Tabel 4.2 Lima baris pertama data arah atas.....	36
Tabel 4.3 Lima baris pertama data arah bawah.....	38
Tabel 4.4 Lima baris pertama data arah kiri.....	40
Tabel 4.5 Lima baris pertama data arah kanan.....	41
Tabel 4.6 Data yang telah diproses dan dikelompokkan.....	60
Tabel 4.7 Data arah atas dengan $K = 1$	60
Tabel 4.8 Data arah bawah dengan $K = 1$	61
Tabel 4.9 Data arah kiri dengan $K = 1$	62
Tabel 4.10 Data arah kanan dengan $K = 1$	63
Tabel 4.11 Hasil pengujian total prediksi $K = 1$	64
Tabel 4.12 Data arah atas dengan $K = 3$	65
Tabel 4.13 Data arah bawah dengan $K = 3$	66
Tabel 4.14 Data arah kiri dengan $K = 3$	66
Tabel 4.15 Data arah kanan dengan $K = 3$	67
Tabel 4.16 Hasil pengujian total prediksi $K = 3$	68

INTISARI

Basic Game Controller Menggunakan Electroencephalography

Komputer membutuhkan perintah untuk dapat mengendalikan sebuah game. Salah satu bentuk kendali game yang mendasar adalah gerakan ke 4 arah yaitu; atas, bawah, kiri, dan kanan. Untuk mengontrol game dengan menggunakan gelombang otak, maka diperlukan konversi dari sinyal otak, menjadi perintah yang dijalankan komputer. Konversi dilakukan dengan mengklasifikasikan sinyal yang diterima dari alat sesuai dengan pola sinyal. Untuk mengklasifikasikan diperlukan data training terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengumpulan data dari orang-orang yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih universal agar kendali tersebut dapat diaplikasikan pada semua orang.

Pengumpulan data dilakukan untuk membangun data latih dengan headset EEG *Neurosky Mindwave*. Data didapatkan dari 10 orang responden yang terdiri dari 5 laki – laki dan 5 perempuan. Responden kemudian diminta untuk memfokuskan pikiran pada stimulus yang menampilkan 4 arah yang akan digunakan sebagai kendali. Setelah data didapatkan, kemudian data akan dicarikan cirinya dan diimplementasikan pada sistem.

Implementasi yang dibuat menggunakan fitur *Short time energy*, *Zero Cross Rate*, *Spectral Centroid*, dan *Spectral Flux*. Klasifikasi menggunakan *K-Nearest Neighbor*. Nilai akurasi yang didapat adalah 28.32% untuk $K = 1$, dan 23.4% untuk $K = 3$.

Kata Kunci: EEG, *K-Nearest Neighbor*, *Neurosky Mindwave*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Electroencephalography (EEG) adalah sebuah metode yang digunakan untuk memonitor segala aktivitas gelombang elektronik otak. Gelombang elektronik pada otak diukur melalui elektroda yang diletakkan di titik-titik tertentu pada kepala manusia. Dengan menggunakan EEG untuk mengetahui keadaan gelombang otak, dapat dibuat sebuah sistem kendali dengan otak manusia sebagai kendali, untuk memudahkan aktivitas dalam menggunakan komputer.

Pada tahun 2011, NeuroSky meluncurkan *MindWave*. *Mindwave* adalah EEG headset dengan harga yang cukup terjangkau, yang memiliki sebuah elektroda yang dapat digunakan untuk memonitor aktivitas gelombang elektronik pada otak. Hal ini memungkinkan kita untuk membuat sebuah sistem kendali sederhana.

Dalam perkembangan teknologi masa kini, semakin banyak metode-metode yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan kemudahan dalam mengontrol komputer. Salah satunya yaitu BCI, atau *Brain-Computer-Interface* yaitu sebuah sistem interaksi dengan computer menggunakan pikiran atau mental, melalui teknik EEG. Menurut Szafir (2009), tujuan akhir dari BCI adalah menciptakan suatu sistem tidak hanya merespon apa yang dipikirkan penggunanya, melainkan juga memberikan *feedback* pada penggunanya. Hal ini dapat diwujudkan salah satunya dengan sebuah system kendali game.

Komputer membutuhkan perintah untuk dapat mengendalikan sebuah game. Salah satu bentuk kendali game yang mendasar adalah gerakan ke 4 arah yaitu; atas, bawah, kiri, dan kanan. Untuk mengontrol game dengan menggunakan gelombang otak, maka diperlukan konversi dari sinyal otak, menjadi perintah yang dijalankan komputer. Konversi dilakukan dengan mengklasifikasikan sinyal yang diterima dari alat sesuai dengan pola sinyal. Untuk mengklasifikasikan diperlukan data training terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengumpulan data dari orang-orang yang berbeda untuk mendapatkan mendapatkan hasil yang lebih universal agar kendali tersebut dapat diaplikasikan pada semua orang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang di atas, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mendapatkan pola gelombang yang dihasilkan oleh otak saat akan melakukan sebuah perintah?
2. Bagaimana hasil klasifikasi pola gelombang otak yang sudah didapatkan, sesuai dengan perintah yang akan diberikan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada sistem yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Data dikumpulkan menggunakan *EEG Headset* dengan 1 elektroda.
2. *User* melakukan kendali dengan menggunakan *EEG Headset* dengan 1 elektroda.
3. Sistem kendali game yang akan dibuat adalah Sistem kendali 4 arah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu sistem controller 4 arah pada game dengan menggunakan *EEG*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Data yang didapatkan dapat dilanjutkan untuk penelitian EEG yang lain mengenai BCI
2. Membantu meneliti karakteristik sinyal EEG yang baik untuk diaplikasikan.

1.6 Metodologi Penelitian

Agar penelitian ini dapat berjalan maksimal, maka penulis menggunakan beberapa metode, yaitu :

1. Studi literatur tentang *Brainwaves*, *Electroencephalography*, *Fourier Analysis*, *K-Nearest Neighbor (KNN)*, dan penelitian serupa yang pernah dilakukan dari jurnal, literatur, dan internet yang bisa dipertanggung jawabkan.
2. Pengambilan data sebagai acuan pengambilan data latih.
3. Membuat desain atau tampilan aplikasi pada platform PC.
4. Membangun aplikasi untuk menerima dan mengklasifikasi sinyal *EEG*, yang menggunakan ekstraksi fitur *Short time energy*, *Zero cross rate*, *Spectral Centroid*, dan *Spectral Flux*. Sedangkan pada tahap klasifikasi, metode yang digunakan adalah KNN untuk menentukan kelas sinyal.
5. Melakukan pengujian terhadap aplikasi yang dibuat dan memperbaiki *error* atau *bug* yang ditemukan.
6. Melakukan pelatihan oleh sejumlah responden atau pengguna aplikasi untuk mendapatkan data latih.
7. Melakukan pengujian sistem oleh sejumlah responden atau pengguna aplikasi dan menganalisis data dengan pendekatan kuantitatif yang didapat dari hasil pengujian.
8. Menyusun kesimpulan dan mengevaluasi sistem agar dapat dikembangkan menjadi lebih baik pada pengembangan sistem selanjutnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini meliputi:

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini membahas secara singkat latar belakang masalah pembuatan tugas akhir, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan.

Bab 2 Landasan teori

Dalam bab ini membahas mengenai teori-teori yang melatar belakangi penulisan tugas akhir ini, yang meliputi teori tentang proses sinyal dan pengenalan pola.

Bab 3 Perancangan Sistem

Dalam bab ini membahas mengenai perancangan sistem yang akan dibangun, mulai dari rancangan input sampai dengan rancangan output sistem.

Bab 4 Implementasi dan Analisa Sistem

Dalam bab ini membahas Implementasi dari rancangan sistem yang telah dibuat dan kemudian dilakukan analisa data yang dihasilkan dari sistem yang telah dibuat.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai *Basic Game Controller* menggunakan *Electroencephalography*, didapat kesimpulan bahwa :

1. Pola spectrum seseorang dapat dilihat melalui fitur – fitur yang didapatkan, yaitu *Short Time Energy*, *Zero Cross Rate*, *Spectral Centroid*, dan *Spectral Flux*.
2. Hasil dari ekstraksi fitur kurang baik dalam merepresentasikan ciri dari sinyal EEG terbukti dengan nilai akurasi dengan rata – rata persentase hanya sebesar 28,32% dari hasil klasifikasi secara keseluruhan dengan metode *K-Nearest Neighbor* dengan $K = 1$, dan 23,4% untuk $K = 3$.

1.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan sistem selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perbaikan atau penambahan fitur yang bisa merepresentasikan ciri pengenalan arah yang pada sinyal EEG
2. Penambahan data *Training* yang lebih banyak agar kualitas pengenalan menjadi lebih baik.
3. Penggunaan headset EEG dengan elektroda yang lebih banyak agar pengenalan fitur yang didapat lebih bervariasi dan akurat.
4. Sistem pada perangkat lunak yang dibangun pada penelitian ini dapat dikembangkan menjadi lebih *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Szafir, D. J. (2009). Non-Invasive BCI through EEG
- Umale, C., Vaidya, A., Shirude, S., & Raut, A. (2016). Feature Extraction Techniques and Classification Algorithms for EEG Signals to detect Human Stress - A Review. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*,5(1), 8-14. doi:10.7753/ijcatr0501.1002
- Suleiman, A. R., & Fatehi, T. A. (2011). FEATURES EXTRACTION TECHNIQUES OF EEG SIGNAL FOR BCI APPLICATIONS.
- Setiawan, A. (2009). ANALISIS KLASIFIKASI SUARA BERDASARKAN GENDER DENGAN FORMAT WAV MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS
- Conneau, A., & Essid, S. (2014). Assessment of new spectral features for eeg-based emotion recognition. *2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. doi:10.1109/icassp.2014.6854493
- Alfred, L. C., & Chia, W. C. (2015). Analysis of Single-Electrode EEG Rhythms Using MATLAB to Elicit Correlation with Cognitive Stress. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 7(2), 149-155. doi:10.7763/ijcte.2015.v7.947
- Isa, N. E., Amir, A., Ilyas, M. Z., & Razalli, M. S. (2017). The Performance Analysis of K-Nearest Neighbors (K-NN) Algorithm for Motor Imagery Classification Based on EEG Signal. *MATEC Web of Conferences*,140, 01024. doi:10.1051/mateconf/201714001024
- Kumar, J. Satheesh, and P. Bhuvaneshwari. "Analysis of Electroencephalography (EEG) Signals and Its Categorization—A Study." *Procedia Engineering*, vol. 38, 2012, pp. 2525–2536., doi:10.1016/j.proeng.2012.06.298.