

**PENGUJIAN DAN VALIDASI SISTEM *SINGLE*  
*ELECTRODE ELECTROENCEPHALOGRAPH* (EEG)  
BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI PENDETEKSI  
SINYAL OTAK**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1  
Program Studi Fisika

diajukan oleh :

Dwi Windarti

16620004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2021**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-641/Un.02/DST/PP.00.9/04/2021

Tugas Akhir dengan judul : PENGUJIAN DAN VALIDASI SISTEM SINGLE ELECTRODE  
ELECTROENCEPHALOGRAPH (EEG) BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI  
PENDETEKSI SINYAL OTAK

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DWI WINDARTI  
Nomor Induk Mahasiswa : 16620004  
Telah diujikan pada : Jumat, 26 Maret 2021  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si  
SIGNED

Valid ID: 6073f133d5e35



Penguji I  
Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 606e95be38bcd



Penguji II  
Dr. Widayanti, S.Si. M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6073f29eda2f1



Yogyakarta, 26 Maret 2021  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 60769ef0ca5eb



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## **MOTTO**

Tidak ada seorang puteri yang gagal dari sebuah kerajaan yang runtuh.

## **PERSEMBAHAN**

*Skripsi ini saya persembahkan untuk :*

*o Allah SWT.*

*o Muhammad SAW.*

*o Dika Hanafi, partner dalam segala hal.*

*o Mama, Papa, Mamah, Bapa, Adhek serta Kakak tercinta untuk setiap do'a dan kasih sayangnya.*

*o Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga.*

*o Keluarga besar Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta angkatan 2016.*

*o Study Club Fisika Instrumentasi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Windarti  
NIM : 16620004  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Validasi Sistem *Single Electrode Electroencephalograph (EEG)* Berbasis Arduino Uno Sebagai Sinyal Otak” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12 Maret 2021

Penulis,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



Dwi Windarti  
16620004

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Wr.Wb.**

Alhamdulillah rabbiil ,alamiin, puji syukur atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul *“Validasi Sistem Single Electrode Encephalograph (EEG) Berbasis Arduino Uno Sebagai Pendeteksi Sinyal Otak”*. Shalawat dan salam kepada pemimpin para Rasul, Muhammad SAW yang telah membawa manusia menuju kebenaran, kemuliaan dan ketinggian akal pikiran.

Penyusunan laporan ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Penulis menyadari laporan ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, nasihat dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta serta saudara dan keluarga yang tiada hentinya memberikan dukungan, nasihat dan doanya kepada penulis.
2. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Fisika.
3. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan dan bimbingan baik dalam penelitian maupun dalam pembuatan laporan ini.

4. Bapak Ade Kurniawan, M.Si selaku Dosen Pembimbing alat yang telah memberikan arahan dan bimbingan baik dalam penelitian maupun dalam pembuatan laporan ini.
5. Ibu Dr. Widayanti, S.Si, M.Si dan Frida Agung Rakhmadi, M.Sc selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahnya berupa kritik dan saran sehingga menjadi penyempurna laporan penelitian ini.
6. Dosen serta laboran Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah mengajarkan dan membagikan ilmunya.
7. Bapak Cecilia Yanuarief, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Teman-teman seperjuangan Fisika 2016 yang selalu memberikan semangat, dukungan, menemani serta saling telah memberi semangat dan dukungan, kesabaran dalam menghadapi keluhan, dan menyediakan waktu untuk segalanya terimakasih.menyemangati satu sama lain
9. Partner dalam segala hal Dika Hanafi, S.Pd terima kasih telah membantu banyak hal dalam menyelesaikan tugas akhir, ilmu dan bimbingan yang sangat bermanfaat.
10. Partner skripsi Yulia Safitri Handayani terima kasih telah membantu dalam menyelesaikan alat serta berbagi ilmu yang sangat bermanfaat.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah terlibat dan membantu selama penyusunan laporan ini.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA



VALIDASI SISTEM *SINGLE ELECTRODE*  
*ELECTROENCEPHALOGRAPH* (EEG) BERBASIS ARDUINO UNO  
SEBAGAI PENDETEKSI SINYAL OTAK

**Dwi Windarti**  
**16620004**

**INTISARI**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh hasil rancang bangun prototype EEG sebagai pendeteksi aktivitas sinyal otak. Rancang bangun yang telah dibuat sebelumnya yaitu sistem *single electrode EEG* berbasis arduino Uno. Penelitian ini bertujuan untuk karakterisasi sistem yang sudah dibuat dalam merekam sinyal otak. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mengetahui kinerja sistem yang dibandingkan dengan Emotiv Epc sebagai alat standar. Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahapan, yakni pengujian sistem serta memvalidasi sistem. Tahapan pertama adalah karakterisasi sistem yakni presisi, akurasi dan SNR. Tahapan kedua adalah memvalidasi sistem dengan Emotiv Epc sebagai EEG standar, dengan parameter validasi yakni keserasian pola, amplitudo dan spektral daya. Hasil karakterisasi presisi untuk mata terbuka dan tertutup masing-masing yakni 99,35% dan 99,34%, untuk akurasi masing-masing 99,72% dan 99%, untuk SNR elektroda tertempel dan tidak tertempel pada sistem yakni 3,70 dan Emotiv Epc 31,86. Hasil validasi sistem sudah dapat menampilkan pola, amplitudo yang dihasilkan sistem sangat tinggi dibanding EEG standar dan spektral daya sudah berhasil pada rentang frekuensi alpha pada subjek uji 1, keadaan mata tertutup pada subjek uji 2 dan subjek uji 3, serta spektral daya menunjukkan pada rentang frekuensi theta yakni keadaan mata tertutup pada subjek uji 2 dan subjek uji 3.

**Kata Kunci :** *single electrode EEG*, Emotiv Epc, Sinyal otak, Validasi.

**VALIDATION OF SINGLE ELECTRODE SYSTEMS  
ELECTROENCEPHALOGRAPH (EEG) BASED ON ARDUINO UNO AS  
BRAIN SIGNAL DETECTION**

**Dwi windarti**  
**16620004**

**ABSTRACT**

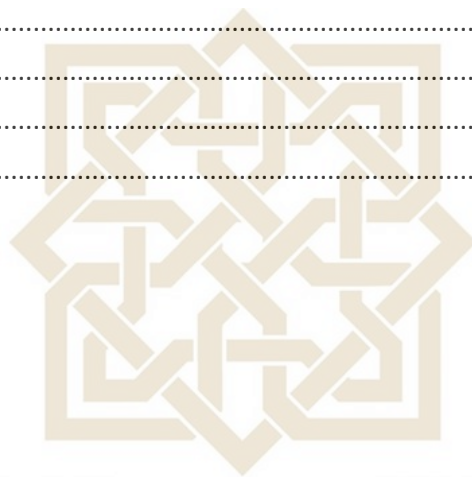
*This research is motivated by the results of the design and construction of the EEG prototype as a detector of brain signal activity. The design that has been made previously is the single electrode EEG system based on the Arduino Uno. This study aims to characterize the system that has been created in recording brain signals. In addition, this study also aims to determine the system performance compared to Emotiv Epoc as a standard tool. This research was conducted in 2 stages, namely testing the system and validating the system. The first stage is system characterization, namely precision, accuracy and SNR. The second stage is to validate the system with Emotiv Epoc as the standard EEG, with validation parameters, namely pattern compatibility, amplitude and power spectral. The results of precision characterization for open and closed eyes were 99.35% and 99.34%, respectively, for an accuracy of 99.72% and 99%, respectively, for SNR electrodes attached and not attached to the system were 3.70 and Emotiv. Epoc 31.86. The results of system validation have been able to display patterns, the amplitude generated by the system is very high compared to standard EEG and the power spectral has been successful in the alpha frequency range in test subject 1, the eye is closed in test subject 2 and test subject 3, and spectral power shows in the frequency range theta, namely the condition of the eyes closed in test subject 2 and test subject 3.*

*Keywords: single electrode EEG, Emotiv Epoc, Brain signals, Validation.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTISARI .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.4 Batasan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUASTAKA .....	8
2.1 Studi Pustaka .....	8
2.2 Landasan Teori .....	13
2.2.1 Sinyal Otak .....	13
2.2.2 Electroencephalogram (EEG) .....	15
2.2.3 Karakteristik Alat Ukur .....	24
2.2.4 Validasi Alat Ukur .....	27
2.2.5 Wawasan Islam Tentang Syaraf Otak .....	29
BAB III METODE PENELITIAN .....	32
3.1 Waktu Penelitian .....	32
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	32
1. Studi pustaka dan observasi .....	34
2. Pengujian sistem deteksi sinyal otak .....	34
3. Validasi sistem deteksi sinyal otak .....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1 Hasil .....	45
4.1.1 Hasil Pengujian Single Electrode Electroencephalograph .....	45
4.1.2 Hasil validasi sistem <i>single electrode EEG</i> dengan Emotiv Epc .....	47
4.2 Pembahasan .....	56

4.2.1 Hasil Pengujian Single Electrode Electroencephalograph.....	56
4.2.2 Hasil validasi sistem single electrode EEG dengan Emotiv Epc.....	60
4.2.3 Intergrasi Interkoneksi.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN A .....	74
LAMPIRAN B.....	75
LAMPIRAN C.....	77
LAMPIRAN D .....	78



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
 YOGYAKARTA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk sinyal biolistrik otak (Widodo, 2012).....	14
Gambar 2.2 Bagian otak besar dan fungsinya (Simms, 2014) .....	15
Gambar 2.3 ( a) Elektroda kering (Ag/AgCl) (b) Elektroda emas (Au) .....	16
Gambar 2.4 Perangkat Elektronik Arduino .....	18
Gambar 2.5 (a) Rangkaian LPF .....	20
Gambar 2.6 Simulasi IC INA118P .....	22
Gambar 2.7 (a) Penempatan Elektroda (b) Penempatan Elektroda EEG 10-20% .....	23
Gambar 2.8 (a) Sinyal hasil rekaman <i>Emotiv Epoc Headset</i> .....	24
Gambar 3.1 Prototipe sistem <i>single electrode</i> EEG .....	33
Gambar 3.2 EEG <i>Emotiv Epoc</i> .....	33
Gambar 4.1 Pola sinyal otak hasil perekaman pada subjek uji 1 c.....	49
Gambar 4.2 Pola sinyal otak hasil perekaman pada subjek uji 2.....	50
Gambar 4.3 Pola sinyal otak hasil perekaman pada subjek uji 3.....	52
Gambar 3.4 Grafik spektral daya pada subjek uji 1 .....	53
Gambar 4.5 Grafik spektral daya pada subjek uji 2 .....	54
Gambar 4.6 Grafik spektral daya pada subjek uji 3 .....	55



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	32
Tabel 3.2 Bahan Penelitian .....	32
Tabel 3.3 Tabel Pengujian Presisi Sistem <i>single electrode EEG</i> .....	35
Tabel 3.4 Tabel Pengujian Akurasi Sistem <i>single electrode EEG</i> dengan Emotiv Epc.....	36
Tabel 3.5 Tabel Pengujian SNR Sistem <i>single electrode EEG</i> dengan Emotiv Epc .....	38
Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Presisi .....	46
Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Akurasi.....	46
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan SNR .....	47
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Amplitudo dari Grafik Spektral Daya .....	56



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.1 Latar Belakang

Setiap manusia dianugerahi sebuah otak oleh tuhan agar mereka bisa berfikir dan memutuskan suatu perkara secara baik dan benar. Otak manusia adalah jaringan lunak yang beratnya sekitar 0,5 kilogram dan berisi sekitar 100 miliar sel yang tersusun sangat canggih. Miliaran sel itu memiliki fungsi kompleks sebagai pusat pengendali seluruh aktivitas manusia (Amri dan Adil, 2017).

Otak sangat berperan penting pada setiap kehidupan manusia. Setiap aktivitas yang dilakukan oleh manusia baik secara sadar maupun secara tidak sadar akan menimbulkan sinyal otak yang berbeda, karena semua yang terjadi pada tubuh akan dikontrol oleh otak. Peranan otak juga termaktub dalam Al-Qur'an, yaitu pada Q.S. Al-Jasyiah(45) ayat 13 yang berbunyi:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**Artinya :** “Dan dia menundukkan apa yang ada dilangit dan apa yang ada di bumi untukmu semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, dalam hal yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran allah) bagi orang orang yang berpikir” (Zulkarnaen : 499)

Dalam Q.S. Al-Jasyiah(45) ayat 13, dijelaskan bahwa terdapat seruan kepada seluruh umat manusia untuk berfikir agar mendapatkan kebenaran. Kata

يَتَفَكَّرُ pada akhir kalimat memiliki arti berfikir, Allah telah menghamparkan dan menundukkan alam raya ini untuk manusia maka pada saat yang sama manusia harus aktif dan dinamis dalam berfikir. Surah Al-Jasyah ayat 13 mengajak untuk memperhatikan alam semesta sebagai objek untuk berpikir, kemudian menelaahnya sehingga munculah keimanan yang kuat dan pengetahuan yang luas (Badwi, 2016). Kegiatan berfikir ini berlangsung didalam bagian tubuh manusia yaitu otak.

Semua aktivitas di otak dapat diukur dengan besaran frekuensi listrik dengan satuan Hertz (Hz). Organ ini dianggap sebagai organ yang sangat signifikan karena fungsinya meliputi hampir seluruh fungsi tubuh termasuk intelijen, emosi, dan tindakan (Miskon, dkk., 2016). Sinyal listrik adalah cara tercepat yang dimiliki oleh mekanisme otak dan saraf setiap memberikan perintah kepada organ atau bagian lain, otak akan selalu mengirimkan pesan-pesan melalui sinyal listrik. Karena otak adalah sistem yang mengendalikan seluruh aktivitas tubuh.

Sinyal EEG merupakan sinyal aktivitas listrik di lapisan terluar kulit otak. Karakteristik sinyal EEG tidak periodik, tidak mempunyai pola baku, dan mempunyai amplitudo tegangan yang kecil, sehingga sangat mudah tertimbun *noise*. Sinyal yang dihasilkan dari otak harus dikuatkan karena nilainya sangat kecil yaitu berorde mikroVolt, sehingga digunakan rangkaian filter untuk mengeliminasi *noise* yang masuk dalam sinyal EEG (Setiawan dan Adil, 2017).

Untuk menangkap sinyal-sinyal yang dikeluarkan oleh otak diperlukan suatu alat yang disebut dengan *electroencephalograph* (EEG). EEG bekerja dengan menangkap frekuensi sinyal-sinyal listrik yang dibangkitkan oleh otak akibat



adanya aktivitas mental dari subjek (Putera dan Faradisa, 2011). Frekuensi otak manusia berbeda-beda untuk setiap fase, sadar, rileks (santai), tidur ringan, tidur nyenyak, keadaan tak sadarkan diri, panik, dan sebagainya dengan ditandai perbedaan pola yang dibentuk setiap sinyal yang dikeluarkan.

Saat ini perkembangan tentang pengukuran sinyal EEG semakin banyak, pengukuran sinyal EEG dikembangkan di beberapa bidang seperti bidang medis dan game. Pengembangan di bidang medis yakni digunakan untuk rekaman sinyal otak pada penderita epilepsi, penderita gangguan tidur, kematian otak dan diagnosis migrain. Selain itu, EEG juga diterapkan dalam aplikasi game untuk kontrol kursor, kontrol memanah dan benda bergerak (Miskon, dkk., 2016). EEG pada bidang medis dikembangkan untuk menggambarkan struktur dan pola gelombang otak pada manusia (Suhendar, 2018). EEG yang sedang dikembangkan saat ini menunjukkan kelayakan komunikasi langsung otak-ke-otak pada subjek manusia (Grau, dkk., 2014). Dengan kata lain bahwa komunikasi dengan sadar tanpa harus berbicara dan bergerak namun apa yang akan disampaikan sudah dapat dibaca oleh orang lain. Sehubungan dengan pengaplikasian EEG yang merebak di berbagai bidang, maka kebutuhan akan EEG semakin meningkat. Oleh karena itu, perlu pengembangan piranti EEG sesuai kebutuhan. Terutama EEG dengan kelebihan *wireless*, *portable* dan secara ekonomis harganya murah (*low cost*).

Penelitian pengembangan sistem perekaman sinyal otak dan rancang bangun EEG telah banyak dilakukan diantaranya penelitian oleh Setiawan dan Adil (2017). Penelitian yang dilakukan yakni evaluasi prototipe EEG yang

dikembangkan, perekaman sinyal otak menggunakan prototipe EEG yang dibandingkan dengan EEG standar dengan metode FFT dan filter digital IIR dengan pemrograman Visual Basic.

Penelitian selanjutnya yakni pengembangan rekam sinyal otak yang telah dilakukan oleh Dhani, dkk (2014) dengan membandingkan jumlah bangkitan yang terekam pada EEG konvensional dan EEG *Tranding* dari data yang sudah ada menggunakan metode deskriptif analitik menggunakan uji komparasi *Friedman* dan uji korelasi *Spearman*. Pada EEG *Tranding* lebih banyak mendeteksi bangkitan, namun penelitian ini masih belum mendeteksi secara keseluruhan dibagian otak. Beberapa peneliti sudah melakukan perekaman sinyal otak namun belum dapat kontrol secara spesifik. Secara spesifik otak manusia dibagi menjadi empat bagian dan salah satu bagian otak yakni otak bagian depan terdapat lobus frontalis yang berfungsi sebagai kontrol gerakan sehingga perlu dilakukan pengukuran secara spesifik.

Sistem EEG sebagai deteksi sinyal otak pada bagian otak *lobus frontalis* menggunakan *low pass filter* berbasis arduino uno telah dibuat oleh Handayani (2021), rancang bangun telah berhasil dibuat dan sudah sampai tahap pengujian perbagian sistem namun belum dilakukan proses evaluasi system. Pada penelitian telah evaluasi sistem yang telah dibuat oleh Handayani (2021). Perlunya proses ini adalah agar mengetahui kinerja alat serta mengetahui seberapa jauh kemampuan alat tersebut dalam proses akuisisi data, sehingga menghasilkan data yang akurat. Selain itu perlu dilakukan validasi data hasil pengukuran EEG yang telah dibuat dengan EEG standar. Pengukuran validasi dilakukan untuk

membandingkan hasil dan kinerja dengan alat yang dibuat dengan Emotiv Epc sebagai standar. Parameter yang digunakan tidak hanya pola rekaman saja namun karakterisasi deteksi sinyal otak yang diuji meliputi karakterisasi presisi (*repeatability*), akurasi (*accuracy*), SNR (*Signal-to-noise ratio*) dan validasi dari pola rekaman meliputi keserasian pola (*waveform similarity*), amplitudo, serta spektral daya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik sistem *single electrode Electroencephalograph* (EEG) berbasis Arduino Uno berdasarkan hasil pengujian?
2. Bagaimana kinerja sistem *single electrode Electroencephalograph* (EEG) berbasis Arduino Uno jika dibandingkan dengan EEG standar sebagai pendeteksi sinyal otak?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Menguji sistem *single electrode Electroencephalograph* (EEG) berbasis Arduino Uno.
2. Melakukan validasi hasil pengukuran sistem *single electrode Electroencephalograph* (EEG) yang dibuat dengan EEG standar.

## 1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian sistem pengukuran sinyal EEG sebagai berikut :

1. Posisi elektroda pada sistem *single electrode* EEG diletakkan pada bagian otak lobus frontalis (AF3) dan satu elektroda sebagai *ground* diletakkan di telinga.
2. Parameter karakterisasi alat meliputi karakteristik presisi (*repeatability*), akurasi (*accuracy*), dan SNR (*Signal-to-noise ratio*).
3. Validasi EEG yang telah dibuat dibandingkan dengan alat EEG standar yakni EEG Emotiv Epoc dengan parameter keserasian pola (*waveform similarity*), amplitudo, dan spektral daya.
4. Pengukuran sinyal EEG pada pengujian dilakukan pada 3 subjek normal dengan rentang usia antara 20 - 27 tahun, meliputi kondisi mata tertutup dan mata terbuka.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagi akademisi dan peneliti, penelitian ini dijadikan sebagai tambahan informasi tentang teknologi *functional neuroimaging* dan sebagai sumber rujukan untuk penelitian selanjutnya.
- b. Bagi masyarakat umum penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan ilmu, pengembangan ilmu dan wawasan bagi masyarakat mengenai rancang bangun sistem *Electroencephalograph* (EEG). Jika sistem pengukuran sinyal EEG menunjukkan hasil uji dengan kriteria baik, maka sistem ini dapat digunakan sebagai alat ukur alternatif dalam mendeteksi sinyal EEG pada otak.

- c. Bagi pemerintah melalui penelitian ini pemerintah diharapkan dapat memberikan perhatian dan dukungan terhadap penelitian yang mengarah ke pengembangan instrumentasi medis terlebih khusus dalam pengembangan alat *Electroencephalograph* (EEG).



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian sistem *single electrode Electroencephalograph* (EEG) untuk presisi pada kondisi mata terbuka dan mata tertutup masing-masing adalah 99,35% dan 99,34%. Untuk hasil pengujian akurasi pada kondisi mata terbuka dan mata tertutup masing-masing adalah 99,72% dan 99%. Hasil pengujian SNR sistem *single electrode EEG* adalah 3,70, dan hasil pengujian SNR Emotiv Epc 31,86.
2. Hasil validasi sistem *single electrode Electroencephalograph* (EEG) menunjukkan adanya bentuk pola gelombang sinyal otak yang sudah menyerupai dengan pola sinyal otak sesungguhnya. Hasil analisis spektral daya dari sistem *single electrode EEG* dominan pada rentang frekuensi alpha untuk ketiga subjek uji pada kondisi rileks mata tertutup, dan memiliki amplitudo yang lebih besar dari Emotiv Epc

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada pengembangan penelitian yang dilakukan selanjutnya, diantaranya sebagai berikut:

1. Perlunya penambahan pada bagian penguatan, pengembangan sistem pada bagian *filtering* sinyal agar SNRnya lebih tinggi.
2. Perlunya validasi dengan EEG standar yang memiliki *single electrode*.
3. Pengujian dilakukan pada subjek uji dengan jumlah yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhbar, Yudiansyah., 2014. *Pola Gelombang Otak Abnormal pada Elektroencephalograph*. ResearchGate.
- Zulkarnaen., Hikmat, Sena., Raksa, Subuh., Anwar, Chaerul., 2020. *Al-Qur'an Hafazan Perkata. Tim Al-Qosbah*.
- Amri, M. C., dan Adil, R., M.T. 2017. Rancang Bangun Modul EEG Untuk Pengklasifikasian Keadaan Stess Dengan FIR. PENS-ITS Sukolilo.
- Badwi, Ahmad., 2016. *Konsep Berpikir Dalam Al-Quran : Assh-Shahabah*. **Vol. 2 No. 1, 2016**.
- Campbell, A.T., Choundhury, Tanzeem., Hu, Shaohan., Lu, Hong., Mukerjee, M.K., Rabbi, M., Raizada, R.D.S., 2010. *NeuroPhone: Brain-Mobile Phone Interface using a Wireless EEG Headset*. Dartmouth College, Hanover, NH, USA.
- Charles, P. K., Krishna, M., GV, K. P., dan Prashad, L. 2018. *EEG – Controlled Wheelchair Movement : Using Wireless Network*. *Biosensors & Bioelectronics*.
- Dhani, H., Gunadharma, S., dan Kurniani, N. 2014. Perbandingan *Trending EEG Terhadap EEG Konvensional untuk Deteksi Bangkitan pada Rekaman EEG Rutin Dewasa*. **Vol. 31 No. 4, September 2014**.
- Divya, P. dan Manjushree, S., P. 2017. *EEG Based Automatic Drowsiness Detection During Distracted Driving*. *Nc di3C Compute-communicate-control. Neurona*. **Vol. 5, Issue 01, April 2017**.
- Fatmawati, Ester., Prawinto., Wijaya, S.K., 2016. *Pengembangan Alat Bantu Pemodelan Terapi Lengan Pasca Struke dengan Memanfaatkan Sinyal Electroencephalography (EEG) Menggunakan Emotiv*. *Prosding Seminar Nasional Fisika SNF2016*. **Vol. V, Oktober 2016**.
- Fraden, Jacob. 2016. *Handbook of Modern Sensor*. Springer. San Diego, CA, USA.
- Grau, Carles., Glnhoux, R., Rlera, A., Nguyen, L. M., Chauvat, H., Berg, M., L. Julla., Leone-Pascual, A., Rufflni, G., 2019. *Conscious Brain-to-Brain Communication in Humman Using Non-Invasive Technologies*. *PLOS ONE*. **Vol. 9, Issue 8. August 2014**.
- Handayani, YS., 2021. *Rancang Bangun Prototype EEG Sebagai Pendeteksi Aktivitas Sinyal Otak Pada Sebagian Lobus Frontalis Berbasis Arduino Uno*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.



- Handayani, N., Haryanto, F., Khotimah, S.N., Arif, I., Taruno, W.P, 2018. *Coherence and phase synchrony analyses of EEG signals in Mild Cognitive Impairment (MCI):A study of funcional brain connectivity. Journal of Medical Physics and Engineering.*
- INA118 Precision, Low-Power Instrumentation Amplifier. Texas Instruments. **April 2019.**
- Jabbar, Q. A. Z., dan Saadon, I. M. 2019. *Electroencephalography (EEG) Pengendalian Sistem Luminaire dengan Arduino UNO. D Medwell Jurnal.*
- Jamal, Basith. A., dan Jamal, Shadiq. D., 2008. Ensiklopedi Petunjuk Sains Dala Al-Quran dan Sunnah. *Pertama. Februari 2008.*
- Kadir,A. 2015. Buku Pintar Pemrograman Arduino. MediaKom. Yogyakarta.
- Kasim, A.A.M., Low, Y.C., Ayub, A.M., Zakaria, C.A., Salleh, M.H., Johar, K., Hamli, H., 2016. *User-Friendly LabVIEW GUI for Prosthetic Hand Control using Emotif EEG Headset. ScienceDirect. December 2016, Tokyo, Japan.*
- Khoirudin, Azaki. 2017. Sains Islam Berbasis Nalar Ayat-Ayat Semesta. *Jurnal At-Ta'dib. Vol. 12, No 1. June 2017.*
- Marini, F., 2019. *A comparative evaluation of signal quality between research-grade and wireless dry-electrode mobile EEG systems. Journal of Neural Engineering.*
- Miskon, Azizi., Thanakodi, A/L S., Mazlan, R. M., Azhar, H.M., dan Tawil, M.N., 2016. *Vability of Controlling Prosthetic Hand Utilizing Electroencephalograph (EEG) Dataset Signal. International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS).*
- Mohiddin, M., Premalatha, M., Kedarnath, B., Kumar, K. S., Prasad K. 2016. *Implementation of Brain – Komputer Interface Teknologi Using Arduino. International Journal of Electrical Engineering & Teknology (IJEET). Vol. 8, March – April 2017.*
- Multajam. R., Sanjaya. M., Sambas. A., Subkhi. N., Imamal. M., 2016. Desain dan Analisis *Electroyography (EMG)* Serta Aplikasinya dalam Mendeteksi Sinyal Otot. *ALHAZEN Jurnal of Physics. Vol. II, No 2. Th 2016.*
- Morris, A, S. & Langari, R. 2012. *Measurement and Instrumentation Theory and Application.* California: Imprint Elsevier.
- Panta, R., 2012. *Electroencephalography (EEG).* Nepal: **Januari 2012.**
- Potas, J.S., Castro, N.G., Maddess, T., Souza, M.N., 2015. *Waveform similarity anaysis: A simple template comparing approach for detecting and*

- qualitifying noisy evoked compound action potentials*. Plos ONE Amsterdam: **1 September 2015**.
- Prakoso, C.E., Wisesty, N.U., Jondri. 2016. *Klasifikasi Keadaan Mata Berdasarkan Sinyal EEG Menggunakan Extreme Learning Machines*. *IND Journal on computing*. **Vol. 1, 2 September 2016**.
- Pratama, H.S., Rahmadhani, A., Bramana, A., Oktivasari, P., Handayani, N., Haryanto, F., Suprijadi, Khotimah, N.S., 2019. *Signal Comparison of Developed EEG Device and Emotive Insight Based on Brainwave Characteristics Analysis*. *Journal of Physics: PIT-FMB & SEACOMP* 2019.
- Putera, Eka. A. O., dan Faradisa, S. I., 2011. Rancang Bangun *Electroencephalograph (EEG)* Sebagai Perekam dan Pendeteksi Sinyal Biolistrik Otak yang Terintegrasi dengan PC Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535. *Jurnal Elektro ELTEK*. **Vol. 2, No 1. April 2011**.
- Quran Hud Ayat 56. 2015. *Surat Hud Ayat 56*. Diakses 14 Mei 2020 dari <https://tafsirq.com/11-hud/ayat-56>.
- Riyanto. 2012. *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Setiawan, F., dan Adil, R. 2017. Rancang Bangun Modul EEG Untuk Menentukan Posisi Otak Saat Melakukan Aktivitas Tertentu Menggunakan Metoda Filter Digital IIR. PENS-ITS Sukolilo.
- Simms, P. Andrew., 2014. *Reading and Wirelessly Sending EEG Signals Using Arduino and Xbee Radios to Control a Robot*. *University of Arkansas, Fayetteville ScholarWorks@UARK*.
- Sugiyono. 2005. *Statistika Untuk Penelitian*, Bandung: Alfabeta.
- Suhendar, M. A. 2018. Kontrol Robot Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Menggunakan Sinyal EEG-SMT Gerak Tangan. *Al Jazari Journal of Mechanical Engineering*. **Vol. 3, No. 1. 2008**.
- Widodo, T.S., 2012. *Instrumentasi Media Analisis Sinyal dan Instrumen Terapi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Williams, N.S., McArthur, G.M., Wit, d.B., Ibrahim, g., badcock. N.A., 2020. *A validation of Emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research*. *PeerJ*.
- Yasin, M.R., Aziz, N.A., Hartono, 2018, *Rancang Bangun Sistem Kontrol Berbasis Biopotensial Mata (Studi Kasus : Mengontrol Aplikasi Berbasis Arduino)*. *Jurnal Teras Fisika*. **Vol. 1, No. 1. Februari 2018**.