

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE EEG SEBAGAI
PENDETEKSI AKTIVITAS SINYAL OTAK PADA
SEBAGIAN LOBUS FRONTALIS BERBASIS
ARDUINO UNO**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Diajukan oleh :

Yulia Savitri Handayani

15620044

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2020



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-139/Un.02/DST/PP.00.9/01/2021

Tugas Akhir dengan judul : RANCANG BANGUN PROTOTYPE EEG SEBAGAI PENDETEKSI AKTIVITAS SINYAL OTAK PADA SEBAGIAN LOBUS FRONTALIS BERBASIS ARDUINO UNO

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : YULIA SAVITRI HANDAYANI
Nomor Induk Mahasiswa : 15620044
Telah diujikan pada : Senin, 11 Januari 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: 6008ee9959df6



Penguji I

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

Valid ID: 6007c4b9eebce



Penguji II

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6008ee64862c2



Yogyakarta, 11 Januari 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6008ba36ce0e



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : YULIA SAVITRI HANDAYANI

NIM : 15620044

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN *ELECTROENCEPHALOGRAPHY* (EEG) SEBAGAI
PENDETEKSI AKTIVITAS SINYAL OTAK PADA BAGIAN LOBUS FRONTALIS
BERBASIS ARDUINO UNO

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 15 Desember 2020

Pembimbing

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
NIP. 19820126 200801 2 008

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yulia Savitri Handayani

NIM : 15620044

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun *Electroencephalography* (EEG) Sebagai Pendeteksi Aktivitas Sinyal Otak Pada Bagian Lobus Frontalis Berbasis Arduino Uno” 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.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 16 Desember 2020

Penulis



Yulia Savitri Handayani
NIM. 15620044

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Cara untuk membangun ketegasan adalah mulailah dari sekarang, dari masalah pertama yang kamu hadapi

- *Napoleon Hill* -



Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Bapak dan Ibu tercinta

Kakak dan Adikku tersayang

Sahabat Fisika 2015

Orang-orang yang menunggu saya lulus

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah rabbi 'alamiin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul ***“Rancang Bangun Prototype EEG Sebagai Pendeteksi Aktivitas Sinyal Otak Pada Sebagian Lobus Frontalis Berbasis Arduino Uno”***. 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. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika sekaligus Dosen Pembimbing Akademik.
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 Anis Yuniati, Ph.D dan Frida Agung Rakhmadi, M.Sc selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahannya 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. Seseorang yang telah memberi semangat dan dukungan, kesabaran dalam menghadapi keluhan, dan menyediakan waktu untuk segalanya terimakasih.
8. Teman-teman seperjuangan Fisika 2015 khususnya Abum, Azha, Suci, Badrun, Syahid, dan Hilman yang selalu memberikan semangat, dukungan, menemani serta saling menyemangati satu sama lain.
9. Partner skripsi Dwi Windarti terima kasih telah membantu dalam menyelesaikan alat serta berbagi ilmu yang sangat bermanfaat.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah terlibat dan membantu selama penyusunan laporan ini.

Semoga amal dan jasa, bantuan dan petunjuk yang telah diberikan dicatat oleh Allah SWT sebagai amal saleh dan memperoleh ridha-Nya. Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat konstruktif dari pembaca demi penyempurnaan laporan ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 16 Desember 2020

Yulia Savitri Handayani
NIM. 15620044



RANCANG BANGUN PROTOTYPE EEG SEBAGAI PENDETEKSI AKTIVITAS SINYAL OTAK PADA SEBAGIAN LOBUS FRONTALIS BERBASIS ARDUINO UNO

Yulia Savitri Handayani
15620044

INTISARI

Penelitian tentang rancang bangun *electroencephalography* (EEG) sebagai pendeteksi aktivitas sinyal otak pada bagian lobus frontalis berbasis Arduino Uno telah selesai dilakukan. EEG merupakan suatu alat yang digunakan untuk merekam aktivitas kelistrikan pada otak manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perangkat EEG non klinis yang bersifat *portable* dan *low cost*. Prosedur penelitian dibagi menjadi tiga tahapan. Tahapan pertama adalah merancang sistem EEG menggunakan aplikasi *Eagle*. Tahapan kedua adalah membuat sistem EEG yang terdiri dari rangkaian utama sistem EEG, catu daya, Arduino Uno dan dua buah elektroda. Tahapan ketiga adalah pengujian sistem EEG yang meliputi pengujian penguat instrumentasi, pengujian penguat Op-Amp, pengujian *low pass filter*, pengujian *power supply*, pengujian konsistensi ADC Arduino serta pengujian awal kinerja EEG untuk merekam sinyal otak. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh penguatan instrumentasi dan penguatan Op-Amp masing-masing sebesar 51 kali dan 100 kali dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,26% dan 97,484%. Sementara itu, frekuensi *cut-off* yang diperoleh sebesar 70 Hz. Hasil perbandingan antara pengukuran pola sinyal otak pada alat EEG yang dibuat dengan alat standar Emotiv Epoc dengan peletakan elektroda pada titik AF3 dan A2 (*ground*) menunjukkan pola yang hampir sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa EEG yang dibuat telah berhasil digunakan untuk merekam aktivitas otak pada area lobus frontalis.

Kata Kunci : EEG, Arduino Uno, sinyal otak, lobus frontalis.

**DESIGN OF EEG PROTOTYPE AS A DETECTION OF BRAIN SIGNAL
ACTIVITY IN PART OF THE LOBUS FRONTALIS BASED ON ARDUINO
UNO**

Yulia Savitri Handayani
15620044

ABSTRACT

Research on the design of electroencephalography (EEG) to detect brain signal activity in the frontal lobe based on Arduino Uno has been completed. EEG is a tool used to record electrical activity in the human brain. The aim of this research is to make a non-clinical EEG device which is portable and low cost. The research procedure is divided into three stages. The first stage was to design an EEG system using the Eagle application. The second stage is to make an EEG system which consists of the main series of the EEG system, power supply, Arduino Uno and two electrodes. The third stage is testing the EEG system which includes testing the instrumentation amplifier, the Op-Amp amplifier, the low pass filter, the power supply, the consistency of the Arduino ADC and the initial EEG performance to record brain signals. Based on the test results, it was found that the instrumentation gain and the Op-Amp gain were 51 times and 100 times, respectively, with an average accuracy rate of 99.26% and 97.484%. Meanwhile, the cut-off frequency obtained is 70 Hz. The results of the comparison between the measurement of the brain signal pattern on the EEG made with the Emotiv Epoc standard tool with the placement of the electrodes at the AF3 and A2 (ground) points show almost the same pattern. So it can be concluded that the EEG has been successfully used to record brain activity in the frontal lobe area.

Keywords : *Electroencephalography (EEG), Arduino Uno, brain signals, frontal lobe.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	xi
HALAMAN PENGESAHAN.....	xi
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ixi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	xi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Studi Pustaka.....	11
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 Sinyal Otak.....	18
2.2.2 <i>Electroencephalography</i> (EEG).....	21
2.2.3 Sensor Elektroda	24
2.2.4 Penguat Diferensial.....	27
2.2.5 Filter.....	31
2.2.6 Mikrokontroler Arduino Uno.....	33
2.2.7 Wawasan Islam Tentang Otak dalam Q.S. Al-‘Alaq Ayat 15-16....	36
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	39

3.2	Alat dan Bahan	39
3.2.1	Alat Penelitian.....	39
3.2.2	Bahan Penelitian.....	40
3.2.3	Prosedur Penelitian	41
3.2.3.1	Perancangan Sistem EEG	41
3.2.3.2	Pembuatan Sistem EEG	42
3.2.3.3	Pengujian Sistem EEG	47
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1	Hasil Penelitian	50
4.1.1	Perancangan Sistem EEG.....	50
4.1.2	Pembuatan Sistem EEG	51
4.1.3	Pengujian Sistem EEG	52
4.1.3.1	Pengujian Penguat Instrumentasi	52
4.1.3.2	Pengujian Penguat Op-Amp	54
4.1.3.3	Pengujian <i>Low Pass Filter</i>	56
4.1.3.3	Pengujian <i>Power Supply</i>	58
4.1.3.4	Pengujian Konsistensi ADC Arduino	60
4.1.3.5	Pengukuran Pola Sinyal Otak	62
4.2	Pembahasan.....	64
4.2.1	Perancangan Sistem EEG.....	65
4.2.2	Pembuatan Sistem EEG	67
4.2.3	Pengujian Sistem EEG.....	70
4.2.3.1	Pengujian Penguat Instrumentasi	70
4.2.3.2	Pengujian Penguat Op-Amp	71
4.2.3.3	Pengujian <i>Low Pass Filter</i>	72
4.2.3.3	Pengujian <i>Power Supply</i>	73
4.2.3.4	Pengujian Konsistensi ADC Arduino	74
4.2.3.5	Pengukuran Pola Sinyal Otak.....	75
4.2.4	Integrasi Interkoneksi.....	77
BAB V	PENUTUP	80
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran.....	81

DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	85



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Otak Manusia.....	19
Gambar 2.2	Sistem Saraf Pada Manusia	21
Gambar 2.3	Jenis Elektroda.....	25
Gambar 2.4	Lokasi Penempatan Elektroda	27
Gambar 2.5	Rangkaian Diferensial	28
Gambar 2.6	Rangkaian Komparator IC INA118P.....	30
Gambar 2.7	IC INA118P	30
Gambar 2.8	<i>Low Pass Filter</i>	32
Gambar 2.9	Kurva Respon <i>Low Pass Filter</i>	33
Gambar 2.10	Arduino Uno	35
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem EEG.....	42
Gambar 3.2	Blok Diagram Alir Pembuatan <i>Hardware</i>	43
Gambar 3.3	Rangkaian <i>Board</i>	44
Gambar 3.4	Diagram Alir Program Sistem EEG	46
Gambar 4.1	Rangkaian <i>Schematic</i> Sistem EEG	50
Gambar 4.2	Pembuatan Sistem EEG dengan Komponen Utama, (1) Elektroda, (2) Rangkaian Utama Sistem EEG, (3) Catu Daya dan (4) Arduino Uno	51
Gambar 4.3	Grafik Pengujian Penguat Instrumentasi	52
Gambar 4.4	Grafik Pengujian Penguat Op-Amp.....	53
Gambar 4.5	Grafik Pengujian <i>Low Pass Filter</i>	54
Gambar 4.6	Grafik Pengujian <i>Power Supply</i>	55
Gambar 4.7	Grafik Pengujian Konsistensi ADC Arduino	56
Gambar 4.8	Perbandingan Pola Sinyal Otak Pada Emotiv Epoc dan Alat EEG63	
Gambar 4.10	Standar Internasional Peletakan Elektroda 10-20.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Studi Pustaka Penelitian Yang Terkait.....	11
Tabel 2.2	Jenis Gelombang Otak Berdasarkan Frekuensinya.....	23
Tabel 2.3	Index Board Arduino.....	34
Tabel 3.1	Alat Perancangan Sistem EEG.....	39
Tabel 3.2	Daftar Alat Untuk Membuat Sistem EEG.....	40
Tabel 3.3	Daftar Alat Untuk Pengujian Sistem.....	40
Tabel 3.4	Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.....	79
LAMPIRAN 2.....	81
LAMPIRAN 3.....	82
LAMPIRAN 4.....	84
LAMPIRAN 5.....	86



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Adanya kemajuan sains dan teknologi menjadikan manusia semakin menyadari bahwa Al-Quran adalah kalam Allah yang pasti dan terbukti nyata ayat-ayatNya. Manusia adalah salah satu makhluk yang diberikan akal pikiran. Manusia diciptakan oleh Allah SWT tidak hanya sebagai makhluk penghuni bumi ini, akan tetapi diciptakan oleh Allah SWT dengan beribadah kepada Allah dan menjadi khalifah (pemimpin) di bumi. Allah SWT memberi perintah kepada manusia untuk berpikir dan merenungkan kebesaran-Nya. Hal tersebut terdapat dalam firman Allah dalam surah Al-Baqarah (2) : 164.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَّاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: “Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkannya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti.” (Al-Baqarah : 164) (Departemen Agama RI, 2009).

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan langit dan bumi untuk keperluan manusia, maka seharusnya manusia memperhatikan dan merenungkan rahmat Allah yang Maha suci itu karena dengan memperhatikan isi alam semuanya akan

bertambah yakinlah Dia pada keesaan dan kekuasaan-Nya, akan bertambah luas ilmu pengetahuannya mengenai alam ciptaan-Nya, pengetahuan itu dapat dimanfaatkan sebagaimana yang dikehendaki oleh Allah yang Maha Mengetahui (Departemen Agama RI, 2009).

Di dalam ayat ini Allah SWT menuntun manusia untuk melihat, memperhatikan dan memikirkan segala yang ada dan terjadi di sekitarnya dengan menyebutkan ciptaan-ciptaan-Nya. Di dalam Al-Qur'an terdapat banyak ayat yang telah menganjurkan dan mendorong umat manusia agar mempergunakan akal pikirannya untuk menemukan rahasia-rahasia Allah yang ada di alam fana ini. Dengan menggunakan akal pikiran diharapkan ilmu pengetahuan yang sebelumnya tidak diketahui dan masih tersembunyi akan dapat terkuak, yang pada akhirnya dapat dikembangkan guna kepentingan masyarakat luas. Allah SWT menciptakan manusia dari titik nol pengetahuan, namun dengan pontesi akal manusia dapat belajar sehingga mampu mengembangkan diri dan menjadi pengubah dunia. Maka dari itu beruntunglah manusia yang diciptakan Allah SWT dengan segala kesempurnaan, diberi pancaindera dan akal untuk berfikir, dan qalb untuk mencari rahasia alam, dan mengolahnya.

Allah SWT memberi fasilitas “akal” kepada manusia yang harus dipergunakan untuk berfikir. Tanpa berfikir dan mempergunakan akal dan hati manusia tidak akan berkembang sesuai dengan fitrahnya. Manusia seperti disebutkan dalam Al-Quran, diberikan kesempurnaan rupa, akal, pancaindera, dan hati. Dengan otak, manusia dapat menentukan bagaimana berfikir, merasakan, dan bertindak laku. Otak mempengaruhi dalam menyikapi yang telah lewat, menyikapi yang akan dijalani, dan membentuk masa depan. Karena otak adalah pintu depan diri untuk melakukan perubahan.

Otak merupakan organ yang paling kompleks dan utama pada manusia yang berfungsi untuk mengontrol keseluruhan aktivitas tubuh. Salah satunya adalah dengan cara mengukur potensial listrik atau aktivitas yang dihasilkan otak dengan meletakkan sejumlah elektroda sebagai sensor pada permukaan kepala (*scalp*). Instrumen yang digunakan dalam perekaman potensial listrik otak dikenal dengan istilah *electroencephalogram* (EEG). EEG sering digunakan dalam bidang kedokteran untuk mendiagnosa kelainan fungsi otak, seperti pada penderita epilepsi. EEG merupakan salah satu teknik pengukuran non-invasif karena dilakukan dengan tidak merusak jaringan tubuh (Parlindungan, 2008).

EEG merupakan suatu alat yang digunakan untuk melihat aktivitas kelistrikan pada otak manusia. Bentuk keluaran EEG berupa sinyal-sinyal listrik pada otak dalam bentuk grafik tegangan gelombang otak terhadap waktu atau frekuensi yang dapat dilihat dengan menggunakan *personal computer* (PC). Grafik gelombang otak pada EEG berubah-ubah tergantung pada kondisi otak manusia saat perekaman. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh adanya rangsangan internal seperti adanya aktivitas mental (stres, rileks, berpikir, dan lain-lain) dan rangsangan eksternal (stimulus yang diberikan oleh dokter seperti *foticstimulation* serta instruksi seperti tutup mata, buka mata, tidur dan *hyperventilasi*) (Pujitresnani, 2012).

Sinyal EEG merupakan sinyal aktivitas listrik di lapisan terluar (*cerebral-cortex*) otak manusia. Karakteristik sinyal EEG tidak periodik, tidak mempunyai pola baku, dan mempunyai amplitudo. Sinyal harus dikuatkan karena nilainya sangat kecil yaitu berorde microvolt. Pengukuran sinyal EEG dilakukan dengan cara meletakkan elektroda-elektroda pada kulit kepala dan hasil pengukurannya sangat dipengaruhi oleh beberapa

variabel, seperti kondisi mental, gerakan dan aktivitas pada saat pengukuran, kondisi kesehatan, kondisi lingkungan pengukuran, usia, jenis kelamin, faktor stimulus (Setiawan dkk., 2017). Sinyal EEG berbentuk gelombang listrik yang ukurannya sangat kecil, sehingga pengamatan visual secara langsung sangat sulit. Sinyal EEG direkam untuk menginformasikan aktivitas listrik dalam otak (Karmila dkk., 2016).

Sistem sensorik dan motorik manusia memberikan cara alami untuk pertukaran informasi antara individu, dan karenanya, menjadi dasar bagi peradaban manusia. Perkembangan hasil riset baru-baru ini mengembangkan teknologi antarmuka otak-komputer atau *Brain Computer Interface* (BCI) dan telah memberikan elemen penting untuk penciptaan sistem komunikasi otak ke otak, serta teknik stimulasi otak yang tepat sekarang tersedia untuk realisasi teknologi antarmuka komputer-otak atau *Computer Brain Interface* (CBI) yang non-invasif. Teknologi dari BCI dan CBI ini, dapat digabungkan untuk mewujudkan visi komunikasi otak ke-otak atau dikenal dengan istilah *Brain to Brain Communication* (B2B) yang non-invasif yang dimediasi dengan komputer antar subjek (hiperinteraksi) (Ginhoux dkk., 2014).

Electroencephalography atau EEG dikenal sebagai salah satu teknologi canggih yang cukup rumit untuk merekam aktivitas otak. Salah satu produk yang sudah berhasil dikembangkan dari teknologi EEG adalah kursi roda elektrik berbasis sinyal otak. Di Indonesia, *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia* (LIPI) telah berhasil mengembangkan perangkat teknologi EEG yang mulai diaplikasikan pada kursi roda elektrik berbasis sinyal otak yang dirancang oleh Arjon Turnip, peneliti pada Balai Pengembangan Instrumen LIPI sejak 2013 lalu di Bandung, Jawa Barat dan sudah mendapat banyak penghargaan nasional maupun internasional (LIPI, 2016). Aplikasi EEG ini sangat luas,

tidak hanya di bidang kesehatan seperti untuk diagnosa kematian otak, epilepsi, stroke dan lain sebagainya, namun juga untuk membantu pekerjaan kepolisian dalam hal interogasi pelaku melalui alat deteksi kebohongan.

Pada tahun 2017 Setiawan dkk merancang modul EEG untuk menentukan posisi otak saat melakukan aktivitas tertentu menggunakan metode filter digital IIR. Alat yang dihasilkan mampu melakukan pengukuran gelombang otak yang ditampilkan pada PC dengan menggunakan metode FFT dan filter digital IIR serta Visual Basic sebagai bahasa pemrogramannya. Dengan subjek yang diukur adalah anak kecil, dewasa dan orang tua. Namun alat ini belum bisa dibawa kemana-kemana sehingga harus terhubung dengan komputer.

Amri dkk pada tahun 2017 telah merancang modul EEG untuk pengklarifikasian keadaan stres dengan FIR. Pada perencanaan alat EEG ini dirancang suatu alat yang bisa menampilkan sinyal otak yang mempunyai orde dalam mikrovolt dengan menggunakan penguatan instrumentasi, rangkaian amplifier dan rangkaian filter FIR. Input data dari mikrokontroler dimasukkan dalam aplikasi program *Visual Basic* untuk diubah menjadi bentuk sinyal atau grafik. Dengan subjek yang diukur meliputi kondisi tingkat stress itu sendiri dalam keadaan berpikir keras dan keadaan emosional. Namun alat ini masih terhubung dengan komputer karena belum bisa dibawa kemana-mana.

Sakinah dkk (2016) telah merancang *Electroencephalography* sebagai media monitoring sinyal otak terintegrasi dengan *Android*. Alat yang didesain mampu melakukan perekaman sinyal otak dimanapun dan kapanpun dalam bentuk *portable* yang mudah dioperasikan dengan metode bipolar dengan menggunakan 3 buah elektroda. Sinyal tersebut ditampilkan pada *Android* melalui *Bluetooth*. Namun ketika keluaran dari

zero-span dihubungkan pada masukan Arduino (pinA5) dan *ground* rangkaian dihubungkan ke *ground* Arduino, sinyal otak yang ditampilkan terkadang memiliki bentuk gelombang lurus (bernilai nol). *Electroencephalograph* ini hanya mampu menampilkan sinyal otak yang dominan pada saat itu saja, belum mampu menampilkan level dari masing-masing sinyal *alpha*, *beta*, *tetha* dan *delta* secara bersamaan pada kondisi tertentu.

Aplikasi android yang telah dibuat masih belum bisa menampilkan bentuk sinyal otak yang asli, karena adanya perbedaan *time sampling* antara *Arduino* dan *Android*. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, perlu dikembangkan sistem EEG sebagai pendeteksi sinyal otak yang bersifat portable dan sederhana yang hanya menggunakan 2 buah elektroda yang diletakan pada bagian lobus frontal dan bagian belakang daun telinga sebagai *ground* berbasis arduino uno.

Salah satu pemanfaatan sinyal EEG yang mudah digunakan (*wearable*), nirkabel yaitu *headset NeuroSky MindWave Mobile*. Sistem ini dirancang untuk orang yang memiliki keterbatasan baik dalam berbicara maupun menggunakan tangan dalam mengoperasikan komputer. Dengan menggunakan *headset NeuroSky MindWave Mobile* dibangun sistem komunikasi dengan memanfaatkan sinyal-sinyal listrik pada otak sebagai media komunikasi, *headset* ini juga mudah digunakan dan dirawat. Seiring dengan perkembangan teknologi, sinyal otak tidak hanya digunakan untuk mendiagnosa penyakit yang berkaitan dengan otak dan gangguan kejiwaan, melainkan telah banyak digunakan sebagai suatu sinyal kontrol, sehingga dibutuhkan suatu EEG *portable* dengan ukuran sedang.

Perekaman sinyal otak sampai saat ini hanya bisa dilakukan di rumah sakit saja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat rancang bangun prototipe EEG yang mudah dibawa atau bersifat *portable* secara sederhana. Dengan adanya *electroencephalography* (EEG) *portable* dengan harga yang relatif murah ini, akan memberikan kemudahan bagi para pengguna untuk melakukan perekaman sinyal otak baik dalam keadaan normal maupun abnormal.

Sebelum dibuat, sistem EEG sebagai pendeteksi sinyal otak pada bagian lobus frontalis berbasis Arduino Uno perlu dirancang terlebih dahulu. Perancangan ini dilakukan agar dapat dijadikan acuan untuk membuat sistem EEG sebagai pendeteksi sinyal otak pada bagian lobus frontalis berbasis Arduino Uno.

Sistem EEG yang berhasil dibuat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno juga perlu diuji. Pengujian dilakukan agar dapat mengetahui kinerja sistem EEG dalam menguji penguat instrumentasi, menguji penguat Op-Amp, menguji *low pass filter*, menguji *power supply*, menguji konsistensi ADC Arduino dan mengukur pola sinyal otak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat rancang bangun prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno?
2. Bagaimana bentuk prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno?
3. Menguji komponen utama prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno.

4. Bagaimana hasil pengujian awal prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno.
2. Membuat prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno.
3. Menguji komponen utama prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno.
4. Melakukan pengujian awal prototipe EEG untuk pengukuran sinyal otak pada sebagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Penguat amplifier dan filter yang digunakan adalah IC INA118P dan IC TLC272P.
2. Elektroda yang digunakan berjumlah 2 buah elektroda yang diletakkan pada bagian lobus frontalis dan bagian belakang daun telinga sebagai ground.
3. Pengujian sinyal EEG dilakukan dengan membandingkan pola yang dihasilkan dari alat EEG yang dibuat dengan alat EEG standar (Emotiv Epoc).
4. Pengukuran frekuensi sinyal EEG pada lobus frontalis antara 0 - 50 Hz.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai sistem deteksi EEG.
2. Membantu pemerintah dalam menghasilkan inovasi berbasis teknologi informasi dalam dunia medis berupa sistem deteksi EEG pada otak bagian lobus frontalis berbasis arduino uno.
3. Mempermudah pekerjaan manusia dalam merekam sinyal otak dalam kondisi normal maupun abnormal melalui sistem EEG.
4. Penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai rancang bangun prototipe EEG sebagai pendeteksi sinyal otak.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Protipe *elektroencephalography* (EEG) sebagai pendeteksi aktivitas sinyal otak pada bagian lobus frontalis berbasis Arduino Uno telah berhasil dirancang menggunakan aplikasi *Eagle*. Hasil rancangan tersebut digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan sistem EEG.
2. Prototipe *Electroencephalography* (EEG) untuk pengukuran sinyal otak pada bagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno telah berhasil dibuat. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu 2 buah sensor elektroda, rangkaian utama sistem EEG, catu daya dan Arduino Uno.
3. Prototipe *Electroencephalography* (EEG) untuk pengukuran sinyal otak pada bagian lobus frontalis berbasis mikrokontroler Arduino Uno memiliki penguatan instrumentasi sebanyak 51 kali dengan tingkat akurasi rata-rata adalah 99,26% dan penguatan Op-Amp sebanyak 100 kali dengan tingkat akurasi rata-rata 97,484%. Hasil pengujian *low pass filter* menunjukkan bahwa frekuensi *cut-off* berada pada frekuensi 70 Hz. Dengan perolehan korelasi determinasi dari *power supply* adalah 1 dan koefisien determinasi pada alat berada pada 0,9945. Hasil perbandingan antara pengukuran pola sinyal otak pada alat EEG yang dibuat dengan alat standar Emotiv Epoc dengan peletakan elektroda pada titik AF3 dan A2 (*ground*) menunjukkan pola yang hampir sama.

5.2 Saran

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

1. Pengukuran pola sinyal otak yang dibuat baru dapat mengukur area frontal pada titik tertentu saja. Oleh karena itu, perlu memvariasikan pola sinyal otak yang terukur dengan titik peletakan yang lebih banyak pada area bagian frontalis.
2. Sistem EEG yang telah dibuat ini belum bisa terhubung dengan wireless. Oleh karena itu, perlu disempurnakan dengan menambahkan aplikasi yang terhubung dengan Android menggunakan wireless.
3. Multimeter digital yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kualitas yang kurang maksimal sehingga mempengaruhi data hasil pengujian penguat instrumentasi dan penguat Op-Amp. Oleh karena itu disarankan perlu dikembangkan menggunakan multimeter digital dengan kualitas yang lebih bagus, sehingga kualitas data hasil pengujian yang diperoleh lebih banyak dan lebih bagus.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, F. S. (2010). Rancang Bangun Modul EEG Untuk Menentukan Posisi Otak Saat Melakukan Aktivitas Tertentu Menggunakan Filter Digital IIR. *Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, 1-6.
- Bently, J.P. (2005). *Principles Of Measurement Systems*. England : Pearson Education.
- Dita Hapsoro dan Ir. Ratna Adil, M. (2011). Desain Tutup Kepala Dengan Pemanfaatan Logam Cu Sebagai Aplikasi Untuk Menentukan Lokasi Sinyal Otak Saat Beraktifitas. *Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, 2.
- Fuadi. (2013). Peran Akal Menurut Pandangan Al-Ghazali. *Jurnal Substantia Vol.15, No.1, Fakultas Ushuluddin IAIN Ar-Raniry Kopelma Darussalam, Banda Aceh*, 83-84.
- Grau C, G. R. (2014). Conscious Brain to-Brain Communication in Humans Using Non-Invasive Technologies. *PLoS ONE 9(8) : e105225. doi:10.1371/Journal.pone.0105225, Duke University, United States of America*.
- Gustomo, B. (2015). *Pengenalan Arduino dan Pemrogramannya*. Bandung : Informatika Bandung.
- Hanafi. (2013). Simulasi Hasil Perancangan LPF (Low Pass Filter) Digital Menggunakan Prototip Filter Analog Butterworth. *Jurnal Litek (ISSN : 1693-8097) Volume 10 Nomor 1, Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 15-20.
- INA118P. (2016). *Datasheet*. Texas Instruments Incorporated.
- Kadir, A. (2016). *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikorkontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta.
- Kugelstadt, T. (2005). Getting The Most Out of Your Instrumentation Amplifier Design. *Analog Applications Journal*.
- L. O. H. Z. Toresano, S. K. (2017). Data acquisition system of 16-channel EEG based on ATSAM3X8E ARM Cortex-M3 32-bit microcontroller and

- ADS1299. Cite as: *AIP Conference Proceedings* 1862, 030149 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.4991253>, 1-7.
- LIPI. (2016). *Kontribusi Aplikasi EEG Untuk Dunia Kesehatan*. Bandung, Jawa Barat: Koran Jakarta, edisi 2 Februari 2016, ISSN 2086-5309.
- Nawir, Nursubhan (2011). *Electronica Biomedik Electroencephalograf*. Program Studi D4 Elektro. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Noviyanto, A. H. (2016). Pengkondisi Sinyal Dan Akuisisi Data Sensor Tekanan : MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP dan MPX2200DP. *Jurnal Penelitian, Volume 19, No.2*, 164-172.
- Nurasiah. (2016). Urgensi Neuroscience Dalam Pendidikan (Sebagai Langkah Inovasi Pembelajaran). *Al-Tadzkiyyah : Jurnal Pendidikan Islam, Volume 7*, 74-82.
- Nur, Lis. (2013). *Sistem Saraf Pada Manusia*. Bandung : Sekolah Tinggi Farmasi.
- Ornstein, R. F. (1984). *The Amazing Brain*. Boston : Houghton Mifflin.
- Parlindungan, R. (2008). *Analisis waktu-frekuensi (TFA) Gelombang EEG Naracoba pada Stimulasi Akupuntur GI*. (Tesis): Program Studi Magister Instrumentasi dan Kontrol, ITB, Bandung.
- Pujitresnani, A. (2012). *Analisis Spektrum Gelombang Otak Berbasis Fast Fourier Transform (FFT) Pada Studi Kasus Keadaan Normal Dan Epilepsi*. Bandung: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB.
- Raden Ajeng Mumtaz Sakinah, S. M. (2016). Perancangan Electroencephalograph Sebagai Media Monitoring Sinyal Otak Terintegrasi Dengan Android. *PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1-2.
- Rahayu, K. A. (2019). Sistem Deteksi Gelombang Otak Berbasis *Electroencephalogram (EEG)* Pada Penderita Alzheimer. *Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau, Jom FTEKNIK Volume 6 Edisi 2*, 4.

- Ratna Kamila, E. C. (2016). Identifikasi Tingkat Konsentrasi Dari Sinyal EEG Dengan Wavelet dan Adaptive Backpropagation. *Jurusan Informatika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Achmad Yani, ISSN : 1907-5022*, 1-5.
- RI, D. A. (2009). *Al-Q'an dan Terjemahnya*. Jakarta: PT.Syigma Exemedia Arkanleema.
- Saputri, Z. N. (2014). Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang*, 2.
- Sherwood, LZ. (2014). *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Edisi 8. Jakarta : EGC, 595-677.
- Syafat'ati, S. M. (2018). Fisiologi Pre Frontal Cerebrum Manusia Prespektif Alquran (Studi Sains Lafadz Nasyiah). *Skripsi, Prodi Ilmu Alquran dan Tafsir, Fakultas Ushuluddin dan Filsafat, Uin Sunan Ampel Surabaya*, hal 7-8.
- Syafriyudin, P. D. (2009). Oven Pengering Kerupuk Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Menggunakan Pemanas Pada Industri Rumah Tangga. *J.Teknol.2 (1)*, 70-79.
- Teplan, M. (2002). *Fundamentals of EEG Measurement*. Slovak Academy of Science.
- Wardhana, L. (2006). *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Aeri ATmega8535 Simulasi Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta: 2016.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA