

**SISTEM INSTRUMENTASI
ELEKTROENSEFALOGRAFI (EEG) UNTUK
MENGUKUR SINYAL GELOMBANG *ALPHA***

SKRIPSI

ROBIKHOLILOH

20200120029



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

**SISTEM INSTRUMENTASI
ELEKTROENSEFALOGRAFI (EEG) UNTUK
MENGUKUR SINYAL GELOMBANG *ALPHA***

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : SISTEM INSTRUMENTASI ELEKTROENSEFALOGRAFI
(EEG) UNTUK MENGUKUR SINYAL GELOMBANG
ALPHA

NAMA : ROBI KHOLILOH

NIM : 20200120029

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Tugas akhir ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar **Sarjana Teknik** saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi, 23 Agustus 2024



Robi Kholiloh

Penulis

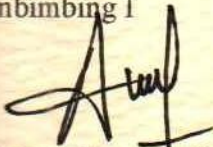
PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : SISTEM INSTRUMENTASI ELEKTROENSEFALOGRAFI
(EEG) UNTUK MENGUKUR SINYAL GELOMBANG
ALPHA
NAMA : ROBI KHOLILOH
NIM : 20200120029

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan dewan penguji sidang skripsi tanggal, 23 agustus 2024. Menurut pandangan kami skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Sukabumi, 23 Agustus 2024

Pembimbing I



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si

NIDN. 0407098009

Pembimbing II



Panji Narputro, S.T., M.T

NIDN. 012024004

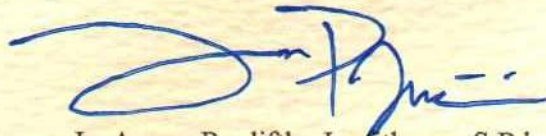
Ketua Penguji



Ir. Marina Artiyasa, S.T., M.T., IPM

NIDN. 0403127308

Plt. Ketua Program Prodi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T

NIDN. 0425068502

PLH. Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan Desain

Ir. Paikun, S.T., IPM., ASEAN. Eng
NIDN. 04020374201

ABSTRAK

Elektroensefalografi (EEG) merupakan peralatan yang digunakan untuk merekam aktivitas biolistrik pada lapisan terluar otak manusia, yang dikenal sebagai korteks serebral. Sinyal EEG mencerminkan aktivitas listrik yang dihasilkan oleh neuron dalam otak dan dapat memberikan informasi penting tentang kondisi kesehatan otak seseorang. Aktivitas listrik ini sangat kompleks dan bervariasi tergantung pada keadaan mental dan fisiologis individu. Di antara berbagai jenis gelombang otak, gelombang alpha memiliki peran yang signifikan dalam aktivitas mental, terutama dalam kondisi relaksasi atau ketika seseorang sedang beristirahat dan dalam keadaan sadar yang tenang. Gelombang alpha seringkali dikaitkan dengan peningkatan kreatifitas dan kemampuan belajar, sehingga memiliki nilai yang sangat penting dalam berbagai studi neurofisiologi. Namun, tantangan utama dalam pengukuran sinyal EEG adalah kelemahan sinyal yang sangat kecil dan rentan terhadap gangguan kebisingan, seperti interferensi elektromagnetik dari perangkat elektronik di sekitarnya. Dalam tulisan ini, sebuah sistem instrumentasi EEG telah dirancang untuk mengatasi tantangan tersebut. Desain sistem ini mencakup penguatan sinyal yang mampu menangkap sinyal lemah dengan lebih baik serta strategi untuk mengurangi kebisingan yang mengganggu. Metode pengukuran yang digunakan mengukur karakteristik sinyal gelombang alpha secara tepat untuk memastikan akurasi dan resolusi pengukuran yang tinggi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem instrumentasi EEG yang telah dikembangkan mampu menangkap dan merekam sinyal gelombang alpha dengan baik, bahkan dalam kondisi lingkungan yang berisik. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi klinis dan penelitian yang memerlukan pemantauan aktivitas otak secara akurat dan dapat diandalkan.

Kata Kunci: Mengukur sinyal EEG, Elektroensefalografi (EEG), Gelombang *Alpha*, Sistem instrumentasi EEG, Aktivitas otak

ABSTRACT

Electroencephalography (EEG) is a device used to record bioelectrical activity in the outermost layer of the human brain, known as the cerebral cortex. EEG signals reflect the electrical activity generated by neurons in the brain and can provide important information about a person's brain health. This electrical activity is very complex and varies depending on the individual's mental and physiological state. Among the various types of brain waves, alpha waves play a significant role in mental activity, especially in a state of relaxation or when a person is resting and in a calm state of consciousness. Alpha waves are often associated with increased creativity and learning ability, so they have a very important value in various neurophysiological studies. However, the main challenge in measuring EEG signals is the weakness of the signal which is very small and susceptible to noise interference, such as electromagnetic interference from surrounding electronic devices. In this paper, an EEG instrumentation system has been designed to overcome these challenges. The design of this system includes signal amplification that is able to capture weak signals better and strategies to reduce disturbing noise. The measurement method used measures the characteristics of alpha wave signals precisely to ensure high measurement accuracy and resolution. The experimental results show that the developed EEG instrumentation system is able to capture and record alpha wave signals well, even in noisy environmental conditions. Thus, this system has great potential for use in various clinical and research applications that require accurate and reliable monitoring of brain activity.

Keywords: *Measuring EEG signals, Electroencephalography (EEG), Alpha Waves, EEG instrumentation system, Brain activity*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “SISTEM INSTRUMENTASI ELEKTROENSEFALOGRAFI (EEG) UNTUK MENGUKUR SINYAL GELOMBANG *ALPHA*” ini dengan baik. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra.

Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Kurniawan, ST., M.Si., MM. Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada saya untuk melaksanakan penelitian ini.
2. Bapak Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada saya untuk melaksanakan penelitian ini.
3. Bapak Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama penelitian.
4. Bapak Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si dan Bapak Panji Narputro, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Marina Artiyasa, S.T., M.T., IPM Sebagai penguji 1 sekaligus sebagai ketua penguji, Bapak Lazuardi Akmal Islami, S.Si., M.Si sebagai Dosen Penguji 2 dan Bapak Ir. Somantri, S.T, M.Kom sebagai Dosen Penguji 3, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Para Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi.
7. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan doa

serta motivasi.

8. Keluarga besar Universitas Nusa Putra yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.
9. Rekan –rekan mahasiswa yang telah bekerja sama dengan penulis selama perancangan sampai dengan evaluasi alat serta dalam penyelesaian laporan Skripsi ini.
10. Pihak terkait yang telah bekerja sama dengan penulis selama perancangan sampai dengan evaluasi alat serta dalam penyelesaian laporan Skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.



Sukabumi, 23 Agustus 2024

Robi Kholiloh

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Robi Kholiloh
Nomor Induk Mahasiswa : 20200120029
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“SISTEM INSTRUMENTASI ELEKTROENSEFALOGRAFI (EEG) UNTUK MENGUKUR SINYAL GELOMBANG *ALPHA*”, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : SUKABUMI

Pada tanggal : 23 Agustus 2024

Yang

(Robi kholiloh)

20200120029

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PENGESAHAN SKRIPSI... ..	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
DAFTAR ISI... ..	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan pustaka.....	7
2.2 Peluang kebaharuan.....	7
2.3 Elektroensefalografi.....	8
2.4 Gelombang <i>Alpha</i>	9
2.4 Sensor elektroda	10
2.6 Desain peletakan elektroda.....	11
2.7 Penguat <i>non inverting</i>	12
2.8 Penguat Instrumentasi.....	14
2.9 <i>Notch Filter</i>	14
2.10 <i>High Pass Filter</i> Orde 2... ..	16
2.11 <i>Low Pass Filter</i> Orde 2.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20

3.1	Studi Literatur	21
3.2	Perancangan <i>Hardware</i> EEG Gelombang <i>Alpha</i>	22
3.2.1	Desain peletakan elektroda.....	23
3.2.2	Perancangan penguat awal	23
3.2.3	Perancangan penguat Instrumentasi... ..	26
3.2.4	Perancangan <i>Noch filter</i> awal.....	28
3.2.5	Perancangan <i>High pass filter</i> Orde 2.....	31
3.2.6	Perancangan <i>Low pass filter</i> Orde 2.....	33
3.2.7	Perancangan penguat akhir.....	35
3.2.8	Perancangan <i>Noch filter</i> akhir	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1	Perancangan keseluruhan sistem.....	39
4.2	Alat dan bahan sistem instrumentasi EEG sinyal gelombang alpha	40
4.3	Penempatan Elektroda.....	42
4.4	Pengujian Penguat awal	43
4.5	Pengujian Penguat instrumentasi.....	46
4.6	Pengujian <i>Noch filter</i> awal	47
4.7	Pengujian <i>High pass filter</i> orde 2.....	48
4.8	Pengujian <i>Low pass filter</i> orde 2.....	50
4.9	Pengujian Penguat akhr.....	51
4.10	Pengujian <i>noch filter</i> akhir	53
4.11	Pengujian keseluruhan sistem	54
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN... ..	58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.1	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA...		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elektroensefalografi... ..	9
Gambar 2.2	Gelombang Sinyal <i>Alpha</i>	10
Gambar 2.3	Sensor elektroda.....	11
Gambar 2.4	Desain Peletakan Elektroda 10-20.....	11
Gambar 2.5	Rangkaian Penguat <i>Non inverting</i>	13
Gambar 2.6	Rangkaian Penguat instrumentasi.	14
Gambar 2.7	Rangkaian <i>High pass filter</i> orde 2... ..	15
Gambar 2.8	Rangkaian <i>Low pass filter</i> orde 2... ..	17
Gambar 2.9	Rangkaian <i>Notch filter</i> akhir.....	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Penelitian... ..	20
Gambar 3.2	Blok diagram sistem EEG gelombang <i>Alpha</i>	22
Gambar 3.3	Rangkaian sistem instrumentasi EEG Gelombang <i>Alpha</i>	22
Gambar 3.4	Pengkabelan sistem instrumentasi EEG gelombang <i>Alpha</i> ...23	
Gambar 3.5	Desain peletakan elektroda	23
Gambar 3.6	Rangkaian Penguat <i>Non inverting</i> Awal... ..	24
Gambar 3.7	Hasil simulasi penguat awal	26
Gambar 3.8	Rangkaian Penguat instrumentasi... ..	26
Gambar 3.9	Hasil simulasi penguat instrumentasi.....	28
Gambar 3.10	Rangkaian <i>Noch filter</i> awal... ..	29
Gambar 3.11	Hasil simulasi <i>Noch filter</i> awal	30
Gambar 3.12	Rangkaian <i>High pass filter</i> orde 2... ..	31
Gambar 3.13	Hasil simulasi <i>High pass Filter</i> orde 2	32
Gambar 3.14	Rangkaian <i>Low pass filter</i> orde 2... ..	33
Gambar 3.15	Hasil simulasi <i>Low pass filter</i> orde 2.....	34
Gambar 3.16	Rangkaian penguat akhir	35
Gambar 3.17	Hasil simulasi penguat akhir.....	36
Gambar 3.18	Rangkaian <i>Noch filter</i> akhir.....	37
Gambar 3.19	Simulasi <i>Noch filter</i> akhir	38

Gambar 4.1	Perancangan keseluruhan sistem	40
Gambar 4.2	penempatan elektroda Teori	42
Gambar 4.3	Penempatan elektroda fisik	43
Gambar 4.4	pengujian penguat awal <i>input</i> (+).....	44
Gambar 4.5	pengujian penguat awal <i>input</i> (-).....	46
Gambar 4.6	Pengujian penguat instrumentasi	47
Gambar 4.7	Pengujian <i>Noch filter</i> awal	48
Gambar 4.8	pengujian <i>High pass filter</i> orde 2	50
Gambar 4.9	Pengujian <i>Low pass filter</i> orde 2	51
Gambar 4.10	Pengujian Penguat akhir.....	52
Gambar 4.11	Pengujian <i>Noch filter</i> akhir	54
Gambar 4.12	Pengujian keseluruhan sistem 1	55
Gambar 4.13	Pengujian keseluruhan sistem 2	56
Gambar 4.14	Pengujian keseluruhan sistem 3.	56
Gambar 4.15	Pengujian keseluruhan sistem 4	57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan pustaka	7
Tabel 2.2 Jenis gelombang <i>Alpha</i>	9
Tabel 3.1 Hasil simulasi Penguat awal	25
Tabel 3.2 Hasil simulasi Penguat instrumentasi	28
Tabel 3.3 Hasil simulasi <i>Noch filter</i> awal	30
Tabel 3.4 Hasil simulasi <i>High pass filter</i> orde 2	32
Tabel 3.5 Hasil simulasi <i>Low pass filter</i> orde 2	34
Tabel 3.6 Hasil simulasi Penguat akhir	36
Tabel 3.7 Hasil simulasi <i>Noch filter</i> akhir	38
Tabel 4.1 Alat dan bahan sistem instrumentasi EEG sinyal gelombang <i>Alpha</i>	41
Tabel 4.2 Hasil pengujian Penguat awal (<i>input +</i>)	43
Tabel 4.3 Hasil pengujian Penguat awal (<i>input -</i>)	45
Tabel 4.4 Hasil pengujian Penguat instrumentasi	46
Tabel 4.5 Hasil pengujian <i>Noch Filter</i> awal	48
Tabel 4.6 Hasil pengujian <i>High pass filter</i> orde 2	49
Tabel 4.7 Hasil pengujian <i>Low Pass filter</i> orde 2	51
Tabel 4.8 Hasil pengujian Penguat akhir	52
Tabel 4.9 Hasil pengujian <i>Noch Filter</i> akhir	53
Tabel 4.10 Hasil pengujian Keseluruhan sistem	55

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini, menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan dari penelitian Sistem Instrumentasi Elektroensefalografi (EEG) untuk mengukur sinyal gelombang *Alpha*”

1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi Elektroensefalografi (EEG) telah lama dimanfaatkan untuk mengukur dan menganalisis aktivitas listrik di dalam otak manusia. Pengukuran gelombang otak menggunakan *electroencephalography* (EEG) telah menjadi alat penting dalam berbagai bidang, termasuk penelitian neuropsikologi, diagnostik klinis, dan aplikasi terapi. Gelombang alpha, yang berada dalam rentang frekuensi 8-12 Hz, khususnya menarik perhatian karena berkaitan dengan keadaan relaksasi, meditasi, dan peningkatan kreativitas . Pengukuran sinyal gelombang alpha yang akurat dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang kondisi mental dan fisiologis individu, serta memiliki aplikasi praktis dalam biofeedback dan terapi relaksasi [1]. Salah satu jenis gelombang otak yang menjadi fokus perhatian adalah gelombang alpha, yang berhubungan erat dengan kondisi relaksasi, fokus perhatian, dan pemrosesan kognitif yang tenang pada individu [2].

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan sistem instrumentasi EEG, hanya mengukur gelombang otak secara umum, belum secara khusus, seperti untuk gelombang alpha. Selain itu masih terdapat beberapa batasan dan tantangan yang belum sepenuhnya teratasi, seperti:

Metode pengambilan sinyal yang optimal, terutama untuk sinyal dengan amplitudo kecil seperti gelombang alpha. Metode yang tidak tepat dapat menyebabkan sinyal yang diperoleh menjadi tidak akurat atau terdistorsi, sehingga mengurangi validitas dan reliabilitas hasil penelitian Oleh karena itu, perlu dikembangkan metode yang tepat untuk pengambilan sinyal EEG khususnya gelombang alpha, yang dapat mengatasi gangguan dan artefak yang sering muncul selama pengukuran [3]. Selain itu, penguatan sinyal merupakan komponen penting dalam sistem EEG. Amplifier yang digunakan harus mampu memperkuat

sinyal analog gelombang alpha tanpa menambahkan distorsi atau noise yang signifikan. Pengembangan amplifier yang efektif akan meningkatkan kualitas sinyal yang diterima, sehingga analisis dan interpretasi data menjadi lebih akurat . Berbagai penelitian telah berfokus pada optimasi amplifier untuk EEG, namun masih diperlukan inovasi lebih lanjut untuk mencapai hasil yang optimal . [4].

Untuk memastikan bahwa sinyal gelombang alpha yang diambil sesuai dengan sinyal aslinya, desain filter dan rangkaian op-amp juga menjadi perhatian penting. Filter harus dirancang untuk menghilangkan noise dan gangguan dari sinyal yang diukur, sementara rangkaian op-amp harus memastikan penguatan sinyal yang stabil dan minim distorsi . Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemrosesan sinyal yang tepat, termasuk teknik filtering yang canggih, dapat secara signifikan meningkatkan kualitas deteksi gelombang alpha [5].

Terakhir, menampilkan grafik sinyal gelombang alpha secara akurat dan real-time adalah tujuan penting dari sistem EEG. Visualisasi yang tepat memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan pemantauan kondisi otak secara langsung, yang sangat berguna dalam aplikasi klinis dan penelitian lanjutan . Sistem pemantauan EEG real-time telah dikembangkan untuk analisis gelombang alpha, namun masih ada ruang untuk peningkatan dalam hal keakuratan dan keandalan tampilan data [6].

Dengan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem instrumentasi EEG yang dirancang khusus untuk mengukur sinyal gelombang alpha dengan metode pengambilan sinyal yang tepat, amplifier yang efektif, filter dan rangkaian op-amp yang sesuai, serta tampilan grafik yang akurat dan real-time. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang EEG dan aplikasi praktisnya dalam meningkatkan kesehatan mental dan kesejahteraan individu.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem instrumentasi EEG yang mampu mengukur sinyal gelombang alpha secara khusus?
2. Bagaimana mengembangkan amplifier yang mampu mengolah dan

memperkuat sinyal analog gelombang *Alpha*?

3. Bagaimana merancang filter dan rangkaian *op-amp* agar sinyal gelombang alpha yang diambil sesuai dengan sinyal aslinya?
4. Bagaimana menampilkan grafik sinyal gelombang alpha dengan akurat dan *real-time*?

1.3. Batasan masalah

Pada Penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Fokus pada pengambilan sinyal gelombang alpha tanpa mempertimbangkan jenis gelombang EEG lainnya
2. Oscilloscope tidak dilengkapi dengan FFT (Fast Fourier Transform) untuk monitoring frekuensi agar hasil analisis frekuensi lebih mendetail
3. Terbatas pada sinyal gelombang alpha dan menggunakan solusi analog, tanpa mencakup teknik digital.
4. Fokus pada visualisasi sinyal gelombang alpha secara *real-time*, tanpa fitur tambahan untuk sinyal EEG lainnya.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka pada penelitian ini memiliki Tujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem instrumentasi EEG yang akurat dan efektif untuk mengukur sinyal gelombang alpha, sehingga dapat membantu dalam diagnosis dan pengobatan berbagai kondisi neurologis dan psikologis
2. Merancang amplifier yang dapat mengolah dan memperkuat sinyal gelombang alpha secara efisien dan akurat
3. Membuat filter dan rangkaian *op-amp* yang memastikan sinyal gelombang alpha sesuai dengan sinyal aslinya tanpa distorsi.
4. Mengembangkan sistem tampilan grafik yang dapat menampilkan sinyal gelombang alpha dengan akurat dan waktu nyata.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah untuk:

1. Mengembangkan sistem instrumentasi EEG yang dapat secara khusus mengukur sinyal gelombang alpha, memberikan kontribusi penting dalam bidang neurofisiologi dan aplikasi klinis.
2. Metode yang lebih baik dapat meningkatkan efisiensi dalam penelitian ilmiah yang menggunakan data EEG, mengurangi waktu dan usaha yang diperlukan untuk mendapatkan sinyal yang bersih dan dapat diandalkan.
3. Amplifier yang dirancang khusus untuk gelombang alpha dapat memperkuat sinyal dengan lebih baik, meminimalkan noise dan distorsi, sehingga data yang diperoleh lebih representatif dan akurat.
4. Amplifier yang efektif dapat digunakan dalam aplikasi medis untuk pemantauan otak serta dalam teknologi seperti perangkat Brain-Computer Interface (BCI).
5. Filter dan op-amp yang dirancang dengan baik memastikan bahwa sinyal gelombang alpha yang diambil sesuai dengan sinyal aslinya, yang penting untuk analisis dan interpretasi data yang akurat.
6. Rancangan yang optimal akan meningkatkan keandalan dan kinerja perangkat EEG, menjadikannya lebih efektif dalam berbagai aplikasi klinis dan penelitian.
7. Sistem tampilan real-time memungkinkan pemantauan dan analisis sinyal gelombang alpha secara langsung, yang berguna dalam konteks klinis dan penelitian.
8. Dalam aplikasi medis, tampilan real-time memungkinkan intervensi yang lebih cepat dan tepat berdasarkan kondisi pasien saat itu

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan proposal skripsi ini terdiri atas lima bab, dengan isi setiap bab dijelaskan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab satu ini disajikan beberapa komponen penting yang membentuk dasar penelitian. **Latar Belakang Masalah (1)** menjelaskan mengapa penelitian ini penting dilakukan, mencakup pentingnya pemantauan dan analisis sinyal gelombang otak dalam

bidang medis dan penelitian, khususnya gelombang *alpha* yang berhubungan dengan kondisi relaksasi dan konsentrasi. **Perumusan Masalah (2)** mengidentifikasi masalah utama yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini, yaitu bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem EEG yang akurat dan andal untuk mendeteksi sinyal gelombang *alpha*. **Batasan Masalah (3)** memberikan batasan yang jelas tentang fokus penelitian ini, termasuk rentang frekuensi yang diukur (8-12 Hz) dan rentang tegangan (20 μ V-200 μ V), serta komponen spesifik yang digunakan seperti IC AD620 dan TL084. **Tujuan Penelitian (4)** dijabarkan untuk mengembangkan sistem EEG yang mampu mengukur sinyal gelombang *alpha* dengan akurasi tinggi dan mengkonversi sinyal analog ke digital untuk analisis lebih lanjut menggunakan Arduino. **Manfaat Penelitian (5)** menunjukkan kontribusi praktis dan akademis dari penelitian ini, baik dalam pengembangan teknologi medis maupun dalam pemahaman lebih lanjut tentang aktivitas otak manusia. **Sistematika Penulisan (6)**

memberikan gambaran umum tentang struktur dan alur dari laporan penelitian ini, sehingga pembaca dapat memahami setiap bagian dengan lebih baik. Sistematika ini mencakup penjelasan singkat tentang isi masing-masing bab dalam skripsi, dari pendahuluan hingga kesimpulan, yang membantu membimbing pembaca melalui seluruh laporan

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab dua ini, disajikan tinjauan pustaka yang mencakupi teori-teori mendasari penelitian sistem instrumen elektroensefalografi (EEG) untuk mengukur sinyal gelombang *alpha*. Bagian ini membahas konsep dasar elektroensefalografi, karakteristik sinyal gelombang *alpha*, dan teknik pengukuran serta penguatan sinyal EEG.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab tiga ini, dijelaskan metodologi penelitian yang digunakan untuk mengembangkan sistem instrumen elektroensefalografi (EEG) guna mengukur sinyal gelombang *alpha*. Bab ini mencakup desain dan

implementasi tujuh rangkaian utama, yaitu penguat awal, penguat instrumentasi, *notch filter*, *high-pass filter*, *low-pass filter*, penguat akhir, dan *notch filter* akhir.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab empat ini, disajikan hasil penelitian dan pembahasan mengenai sistem instrumen elektroensefalografi (EEG) untuk mengukur sinyal gelombang *alpha*. Bagian ini memaparkan data hasil pengujian dari masing-masing rangkaian, mulai dari penguat *non-inverting*, penguat instrumentasi, hingga filter *high-pass*, *low-pass*, dan *notch filter*. Hasil pengukuran dijelaskan secara rinci, termasuk perbandingan antara sinyal *input* dan *output*, serta efektivitas sistem dalam mendeteksi sinyal gelombang *alpha*. Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem, termasuk aspek akurasi, sensitivitas, dan kemampuan filter dalam meredam *noise*. Jadi Bab empat ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana sistem yang dirancang berfungsi dalam kondisi nyata dan sejauh mana tujuan penelitian telah tercapai.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab lima ini, disajikan kesimpulan dari hasil penelitian mengenai sistem instrumen elektroensefalografi (EEG) untuk mengukur sinyal gelombang *alpha*. Kesimpulan ini merangkum temuan utama dari penelitian, termasuk efektivitas sistem dalam mendeteksi dan mengukur sinyal gelombang *alpha* dalam rentang frekuensi 8-12 Hz dengan rentang tegangan $20\mu\text{V}$ - $200\mu\text{V}$. Kesimpulan juga mencakup keberhasilan penggunaan komponen seperti IC AD620 dan TL084, serta efektivitas filter yang dirancang dalam meredam *noise* dan interferensi. Selain itu, dibahas pula kontribusi penelitian ini terhadap bidang EEG, khususnya dalam pengembangan alat yang akurat dan andal untuk analisis gelombang otak. Bab ini diakhiri dengan saran untuk penelitian selanjutnya

BAB V

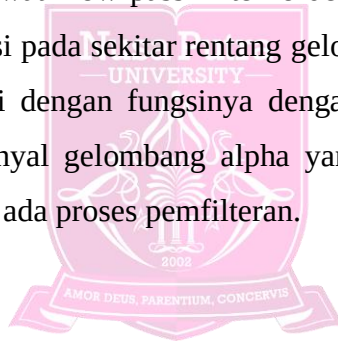
KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisi hasil dan pembahasan didapatkan kesimpulan dan saran seperti berikut.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan, perancangan alat, serta pengujian alat yang telah dilakukan dengan metode pengambilan data menggunakan oscilloscope nyata tanpa dilengkapi FFT (Fast Fourier Transform) dan dengan Penempatan elektroda pada tiga titik (nasion, inion dan mastoid) dalam kondisi rileksasi (mendengarkan musik) dapat disimpulkan bahwa, alat yang dirancang dapat mengenali empat macam sinyal gelombang otak, diantaranya gelombang Alpha, gelombang Beta, gelombang gamma dan gelombang tetha tentu ini bukan sesuai tujuan karena dapat menangkap sinyal gelombang lainnya selain gelombang alpha, tetapi untuk amplitudo tegangan menunjukn hasil rata-rata 105 mV dari rata-rata inputan 105,13 mV Ketika melakukan menguji keseluruhan sistem, hasil amplitude tegangan ini tentunya masih sesuai harapan karena masih dapat diterima untuk masukan tegangan mikrokontroller semacam arduino (0-5 V) agar dapat diimplemantasikan pada pengaplikasian klinis medis terutama dalam bidang neurologi seperti, diagnosis gangguan tidur, manajemen relaksasi, pengobatan epilepsy, rehabilitasi otak setelah cedera dan pemantauan kondisi meditasi. Hasil pengujian Penguatan yang diberikan 3 tahap, yaitu dimulai dari penguatan awal dengan menggunakan IC op07, hasil pada penguat awal (input +) didapat gain sebesar 66,50 kali dari perancangan awal seharusnya gain yang dihasilkan sebesar 101 kali dan error sebesar 305,41 %, hasil pada penguat awal (input -) didapat gain sebesar 9,02 kali, sedangkan dari perancangan awal seharusnya gain yang dihasilkan adalah sebesar 101 kalidan terjadi error sebesar 1028,78 %, hasil pada penguat instrumentasi didapat gain sebesar 2,05 kali, sedangkan dari perancangan awal seharusnya gain yang dihasilkan adalah sebesar 90 kali dan terjadi error sebesar 7652%, hasil pada penguat akhir didapat gain sebesar 4,53 kali, sedangkan dari perancangan awal seharusnya gain yang dihasilkan adalah sebesar 101 kali. Dan terjadi error sebesar 2234%, pada noch filter awal dan akhir

mendapatkan hasil yang sama, yaitu pada input menunjukkan nilai frekuensi dalam rentang yang diharapkan 8-12 Hz, yaitu sinyal gelombang alpha sedangkan pada output menunjukkan penurunan tegangan dan tidak menampilkan nilai frekuensi. Pengujian pada High pass filter orde 2 menunjukkan pada bagian input adanya komponen frekuensi yang mendominasi pada 50 Hz, yang mungkin berasal dari noise jaringan listrik AC. Meskipun filter diharapkan dapat menekan frekuensi di bawah 7,2 Hz dan meneruskan frekuensi di atasnya, sedangkan pada output nilai Frekuensi berada dalam rentang gelombang alpha (8-12 Hz), menunjukkan bahwa filter berhasil meneruskan komponen frekuensi alpha dari sinyal dan terjadi penurunan tegangan karena ada proses pemfilteran. Dan pada low pass filter pengujian menghasilkan menunjukkan adanya variasi frekuensi, termasuk sinyal di atas dan di bawah rentang gelombang Alpha, yang mengindikasikan keberadaan noise atau komponen frekuensi lain di dalam sinyal input. Setelah sinyal melewati low-pass filter orde 2, sedangkan pada output menunjukkan nilai frekuensi pada sekitar rentang gelombang alpha, menunjukkan bahwa filter bekerja sesuai dengan fungsinya dengan meneruskan frekuensi di bawah cutoff, termasuk sinyal gelombang alpha yang diinginkan. Serta terjadi penurunan tegangan karena ada proses pemfilteran.



5.2 Saran

Agar hasil penelitian ini bisa lebih baik dan mampu diatasi kekurangan yang ada pada penelitian ini, maka dari itu penulis memberikan saran masukan yang diuraikan pada berikut ini, diantaranya:

1. Bila Metode pengambilan data menggunakan oscilloscope nyata, disarankan menggunakan oscilloscope yang dilengkapi dengan FFT (Fast Fourier Transform) untuk monitoring frekuensi, agar hasil analisis frekuensi lebih mendetail, sehingga karakteristik sinyal output, seperti noise atau distorsi, sepenuhnya terpantau.
2. Dalam melakukan penempelan elektroda pada kulit kepala disarankan menggunakan penempel khusus, yaitu gel elektroda EEG
3. Walaupun sudah mengetahui titik penempatan elektroda, disarankan untuk lebih teliti lagi agar penempelan elektroda sudah dipastikan pada penempatan titik yang benar
4. Gunakan komponen – komponen yang memiliki nilai toleransi kecil
5. Tambahkan filter digital untuk mendapatkan sinyal yang bersih dari noise
6. Memakai elektroda khusus EEG yang kualitasnya lebih bagus
7. Pada rangkaian sistem instrumentasi ini disarankan untuk menerapkan rangkaian proteksi, agar memblokir noise yang dapat mengganggu hasil keakurasian rangkaian sistem instrumentasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sawasdiwipachai, P. C. Laussen, L. Smoot, F. X. McGowan, and A. Casta, "Anticholinesterase Drugs and the Transplanted Heart," *Anesthesiology*, vol. 108, no. 5, pp. 965–965, 2008, doi: 10.1097/aln.0b013e31816dcb73.
- [2] H. V. D. Parunak, S. H. Brooks, S. Brueckner, and R. Gupta, "Apoptotic stigmergic agents for real-time swarming simulation," *AAAI Fall Symp. - Tech. Rep.*, vol. FS-12-04, pp. 59–64, 2012.
- [3] S. Motomura, M. Ohshima, and N. Zhong, "Usability study of a simplified electroencephalograph as a health-care system," *Heal. Inf. Sci. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2015, doi: 10.1186/s13755-015-0012-z.
- [4] B. Gramatikov, "'Handbook of biomedical optics', edited by David A. Boas, Constantinos Pitris, and Nimmi Ramanujam," *Biomed. Eng. Online*, vol. 11, no. 1, p. 7, 2012, doi: 10.1186/1475-925x-11-7.
- [5] T. Uktveris and V. Jusas, "Development of a modular board for eeg signal acquisition," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 7, 2018, doi: 10.3390/s18072140.
- [6] A. C. M. I. Conference and M. Interaction, "Brain-Computer Interfaces as intelligent sensors for enhancing human-computer interaction: A grand challenge at the 14th ACM International Conference on Multimodal Interaction (ICMI)," *J. Ambient Intell. Smart Environ.*, vol. 4, no. 4, pp. 393–394, 2012, doi: 10.3233/AIS-2012-0162.
- [7] S. Motomura, M. Ohshima, and N. Zhong, "Erratum to: Usability study of a simplified electroencephalograph as a health-care system [Health Inf Sci Syst, 3, 4 (2015)] DOI: 10.1186/s13755-015-0012-z," *Heal. Inf. Sci. Syst.*, vol. 4, no. 1, pp. 14–15, 2016, doi: 10.1186/s13755-016-0014-5.
- [8] J. W. Rusli, P. Siwindarto, and Nurussa'adah, "Desain Alat Instrumentasi Medis Electroencephalograph (EEG)," *J. Mhs. Tek. Elektro Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 3, p. 115948, 2013, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/115948-ID-none.pdf>
- [9] T. Diantoro, F. Alif Fiolana, and D. Arie Widhining Kusumastutie, "ALINIER JURNAL VOL 4 NO 2 NOVEMBER 2023 Klasifikasi Sinyal Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma Pada Electroencephalography (EEG)," vol. 4, no. 2, 2023, [Online]. Available: www.elektro.itn.ac.id
- [10] X. Gao, G. Fnu, and X. Wan, "Development of the electroencephalograph-based brain computer interface system," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2078, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2078/1/012079.
- [11] M. Antal, G. Mucsi, and I. Heszberger, "The effects of althesin on aqueous humour circulation," *Klin. Monbl. Augenheilkd.*, vol. 176, no. 6, pp. 960–964, 1980, doi: 10.1055/s-2008-1057588.
- [12] A. M. D. I. Y. Eeg, "DIY EEG (and ECG) Circuit Introduction : DIY EEG

(and ECG) Circuit Step 1 : Parts”.

- [13] Y. Sun, N. Ye, and F. Pan, “A novel design of EEG signal amplifier,” *Proc. 2012 24th Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2012*, pp. 3369–3372, 2012, doi: 10.1109/CCDC.2012.6244536.
- [14] C. Kaur and P. Singh, “EEG Derived Neuronal Dynamics during Meditation: Progress and Challenges,” *Adv. Prev. Med.*, vol. 2015, pp. 1–10, 2015, doi: 10.1155/2015/614723.
- [15] T. Zhuang, H. Zhao, and Z. Tang, “An Analysis of Improving Memory Performance Based on EEG Alpha and Theta Oscillations,” *Comput. Inf. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 108–114, 2009, doi: 10.5539/cis.v2n1p108.
- [16] D. De Ridder *et al.*, “The brain, obesity and addiction: An EEG neuroimaging study,” *Sci. Rep.*, vol. 6, pp. 1–13, 2016, doi: 10.1038/srep34122.
- [17] S. L. Kappel, M. L. Rank, H. O. Toft, M. Andersen, and P. Kidmose, “Dry-Contact Electrode Ear-EEG,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 66, no. 1, pp. 150–158, 2019, doi: 10.1109/TBME.2018.2835778.
- [18] S. S. Dalal, S. Rampp, F. Willomitzer, and S. Ettl, “Consequences of EEG electrode position error on ultimate beamformer source reconstruction performance,” *Front. Neurosci.*, vol. 8, no. 8 MAR, pp. 1–7, 2014, doi: 10.3389/fnins.2014.00042.
- [19] I. F. Warsito, P. Fiedler, M. Komosar, and J. Haueisen, “Novel replaceable EEG electrode system,” *Curr. Dir. Biomed. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 249–252, 2022, doi: 10.1515/cdbme-2022-1064.
- [20] H. J. Noordmans, C. W. M. van Veelen, and M. A. Viergever, “Localisation of subdural EEG electrode bundles in an interactive volume rendering framework,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 1679, pp. 734–741, 1999, doi: 10.1007/10704282_80.
- [21] W. B. Mursanto, “Linierisasi Thermistor NTC Menggunakan Metode Penguat Inverting,” *J. Tek. ENergi*, vol. 6, no. 2, pp. 526–534, 2016.
- [22] S. Pavlíková and J. Širáň, “Inverting non-invertible trees,” pp. 1–14, 2017, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1801.00111>
- [23] M. Jabbari, S. Sharifi, and G. Shahgholian, “Resonant CLL non-inverting buck-boost converter,” *J. Power Electron.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2013, doi: 10.6113/JPE.2013.13.1.1.
- [24] F. Mumtaz, N. Z. Yahaya, S. T. Meraj, N. Singh, and S. Singh, “A Novel Non-Isolated High-Gain Non-Inverting Interleaved DC – DC Converter,” pp. 1–17, 2023.

- [25] A. Mahmood *et al.*, “A Non-Inverting High Gain DC-DC Converter with Continuous Input Current,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 54710–54721, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3070554.
- [26] E. Balti, “Fully-Differential Opamp Design,” pp. 1–7.
- [27] H. S. Kim, K. J. Baek, D. H. Lee, Y. S. Kim, and K. Y. Na, “OPAMP design using optimized self-cascode structures,” *Trans. Electr. Electron. Mater.*, vol. 15, no. 3, pp. 149–154, 2014, doi: 10.4313/TEEM.2014.15.3.149.
- [28] “Pflanzliche UV-Filter noch weitgehend unerforscht,” *Ästhetische Dermatologie & Kosmetologie*, vol. 8, no. 3, pp. 10–10, 2016, doi: 10.1007/s12634-016-5260-7.
- [29] P. Nikolov, S. S. Hassan, A. Schnitzler, and S. J. Groiss, “Influence of High Pass Filter Settings on Motor Evoked Potentials,” *Front. Neurosci.*, vol. 15, no. April, pp. 1–5, 2021, doi: 10.3389/fnins.2021.665258.
- [30] A. Yuan, S. Fang, Z. Wang, H. Liu, and H. Zhang, “A Novel Band-Stop Filter with Band-Pass, High-Pass, and Low-Pass Negative Group Delay Characteristics,” *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/3207652.
- [31] V. Kindl, B. Skala, R. Pechanek, V. Kus, and J. Hornak, “Low-pass filter for HV partial discharge testing,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 2, 2018, doi: 10.3390/s18020482.
- [32] Y.-H. Cho, M.-G. Choi, and S.-W. Yun, “Design of Low-Pass Type Inverter: UWB Band-Pass Filter with Low Spurious Characteristics,” *J. Electromagn. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 83–90, 2011, doi: 10.5515/jkiees.2011.11.2.083.
- [33] F. P. A. Lestari, “Deteksi dan Analisa Gelombang Alpha pada Sinyal EEG Terhadap Rangsang Suara Musik Menggunakan Transformasi Wavelet,” pp. 1–59, 2018.
- [34] A. J. Bhagawati and R. Chutia, “Design of Single Channel Portable EEG Signal Acquisition System for Brain Computer Interface Application,” *Int. J. Biomed. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 37–44, 2016, doi: 10.5121/ijbes.2016.3103.
- [35] S. Kono, D. Aminaka, S. Makino, and T. M. Rutkowski, “EEG signal processing and classification for the novel tactile-force brain-computer interface paradigm,” *Proc. - 2013 Int. Conf. Signal-Image Technol. Internet-Based Syst. SITIS 2013*, pp. 812–817, 2013, doi: 10.1109/SITIS.2013.132.
- [36] Y. Mitsukura, “EEG Signal Processing for Real Applications,” *J. Signal Process.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–7, 2016, doi: 10.2299/jsp.20.1.
- [37] Z. Šverko, S. Vlahinić, M. Vrankić, and I. Markovinović, “EEG data processing in ADHD diagnosis and neurofeedback,” *Eng. Rev.*, vol. 40,

no. 3, pp. 116–123, 2020, doi: 10.30765/er.40.3.12.

- [38] W. Zhang, C. Tan, F. Sun, H. Wu, and B. Zhang, “A Review of EEG-Based Brain-Computer Interface Systems Design,” *Brain Sci. Adv.*, vol. 4, no. 2, pp. 156–167, 2018, doi: 10.26599/bsa.2018.9050010.
- [39] C. A. Rocha-Herrera *et al.*, “EEG Feature Extraction Using Evolutionary Algorithms for Brain-Computer Interface Development,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/7571208.
- [40] G. N. G. Molina, T. Ebrahimi, and J. M. Vesin, “Joint time-frequency-space classification of EEG in a brain-computer interface application,” *EURASIP J. Appl. Signal Processing*, vol. 2003, no. 7, pp. 713–729, 2003, doi: 10.1155/S1110865703302082.
- [41] A. Ribeiro, A. Lopes, J. Guilherme, P. Correia, G. Pires, and U. Nunes, “a Low-Cost Eeg Stand-Alone Device for Brain Computer Interface,” pp. 430–433, 2015, doi: 10.5220/0001780304300433.

