

SKRIPSI

SISTEM DETEKSI DAN ANALISIS SINYAL LISTRIK OTOT MANUSIA

Ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu

Oleh:

NAMA : LEGOLAS YAPPLY
NPM : 01032220002



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PELITA HARAPAN
TANGERANG
2025**



**UNIVERSITAS PELITA HARAPAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

**SISTEM DETEKSI DAN ANALISIS SINYAL LISTRIK OTOT
MANUSIA**

Oleh:

Nama : Legolas Yapply
NPM : 01032220002
Program Studi : Teknik Elektro
**Konsentrasi : Elektronika untuk Industri Cerdas
dan IoT**

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Skripsi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan, Jakarta.

Tangerang, 25 Juni 2025

Menyetujui,

Pembimbing Utama


(Dr.-Ing. Ihan Martoyo, MTS)

Pembimbing Pendamping


(Junita, M. Eng.)

Mengetahui,
Ketua Program Studi

(Dr. Marincan Pardede)



UNIVERSITAS PELITA HARAPAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Pada hari Kamis, 10 Juli 2025 telah diselenggarakan Sidang Skripsi untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan, atas nama:

Nama	: Legolas Yapply
NPM	: 01032220002
Program Studi	: Teknik Elektro
Fakultas	: Sains dan Teknologi

dengan Skripsi yang berjudul “SISTEM DETEKSI DAN ANALISIS SINYAL LISTRIK OTOT MANUSIA” dan telah berhasil dipertahankan dan disetujui oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji**Jabatan dalam
Tim Penguji****Tanda
Tangan**

1. Prof. Dr. Henri P. Uranus,
sebagai Ketua

2. Herman Kanalebe, Ph.D.,
sebagai Anggota

3. Julinda Pangaribuan, M.T.,
sebagai Anggota

ABSTRAK

Legolas Yapply (01032220002)

“SISTEM DETEKSI DAN ANALISIS SINYAL LISTRIK OTOT MANUSIA”

Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi (2025)

(xii + 52 halaman; 35 gambar; 1 tabel; 3 lampiran)

Sinyal listrik otot manusia atau Electromyography (EMG) merupakan sinyal bioelektrik yang mencerminkan aktivitas kontraksi otot dan memiliki potensi besar sebagai dasar sistem kendali prostetik yang lebih intuitif dan responsif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa dari dua jenis modul EMG dalam mendekripsi dan memperkuat sinyal otot sebagai respons terhadap stimulasi fisik. Modul yang digunakan adalah *Human SpikerBox* dari Backyard Brains dan *Muscle Sensor V3* EMG Development Kit dari Advancer Technologies. Penelitian dilakukan melalui dua pendekatan utama: pertama, dengan memberikan *input* tegangan berbentuk *unit step function* dan *sinusoidal* untuk mengamati penguatan sinyal dan respon dari masing-masing modul; kedua, dengan mencatat sinyal otot manusia pada aktivitas sederhana seperti menggenggam objek. Visualisasi dan analisis data dilakukan menggunakan osiloskop, *software Spike Recorder*, serta perangkat lunak *Python*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua modul menggunakan konfigurasi op-amp sebagai penguat diferensial dan menunjukkan respons khas dari konfigurasi *differentiator*. Modul *Muscle Sensor V3* menghasilkan sinyal analog dengan penguatan yang dapat langsung diamati melalui osiloskop atau dihubungkan ke mikrokontroler seperti *Arduino*. Sementara itu, *Human SpikerBox* merekam sinyal dalam format audio digital yang memerlukan konversi tambahan untuk analisis kuantitatif. Estimasi tegangan maksimum sinyal otot saat aktivitas menggenggam berada pada kisaran 29 mV, tergantung pada modul yang digunakan. Penelitian ini menunjukkan bahwa setiap modul memiliki keunggulan dan kekurangan. *Muscle Sensor V3* unggul dalam fleksibilitas dan kemudahan integrasi dengan sistem mikrokontroler, sedangkan *Human SpikerBox* lebih cocok untuk keperluan edukatif dan visualisasi awal. Hasil studi ini memberikan dasar penting untuk pengembangan lebih lanjut sistem prostetik berbasis EMG non-invasif yang efisien dan akurat.

Kata Kunci : Electromyography, EMG, *Human SpikerBox*, *Muscle Sensor V3*, sinyal otot, prostetik, penguatan sinyal.

Referensi : 9 (2003-2022)

ABSTRACT

Legolas Yapply (01032220002)

“ELECTRICAL SIGNAL DETECTION AND ANALYSIS SYSTEM FOR HUMAN MUSCLES”

Thesis, Faculty of Science and Technology (2025)

(xii + 52 pages; 35 figures; 1 table; 3 appendices)

Human muscle electrical signals, known as Electromyography (EMG), are bioelectric signals that reflect muscle contraction activity and hold significant potential as a foundation for more intuitive and responsive prosthetic control systems. This study aims to analyze the performance of two EMG modules in detecting and amplifying muscle signals in response to physical stimulation. The modules used are the Human SpikerBox by Backyard Brains and the Muscle Sensor V3 EMG Development Kit by Advancer Technologies. The research was conducted using two main approaches: first, by applying a unit step function input and sinusoidal function input to observe the signal amplification and response of each module; second, by recording actual human muscle signals during simple activities such as gripping an object. Data visualization and analysis were carried out using an *oscilloscope*, Spike Recorder software, and Python. Test results indicate that both modules utilize operational amplifiers in a differential amplifier configuration and exhibit characteristics of a differentiator circuit. The Muscle Sensor V3 module produces analog signals with an amplification which can be directly observed via an *oscilloscope* or integrated with microcontrollers such as Arduino. On the other hand, the Human SpikerBox records signals in digital audio format, requiring further conversion for quantitative analysis. The estimated peak voltage of muscle signals during gripping activities has a range of about 29 mV, depending on the module used. This study demonstrates that each module has its own advantages and limitations. The Muscle Sensor V3 excels in flexibility and ease of integration with microcontroller systems, while the Human SpikerBox is more suitable for educational purposes and initial signal visualization. The findings of this research provide a foundational reference for the further development of efficient and accurate non-invasive EMG-based prosthetic control systems.

Keywords : Electromyography, EMG, Human SpikerBox, Muscle Sensor V3, muscle signal, prosthetic, signal amplification.

Reference : 9 (2003-2022)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “SISTEM DETEKSI DAN ANALISIS SINYAL LISTRIK OTOT MANUSIA” dengan baik dan tepat pada waktunya.

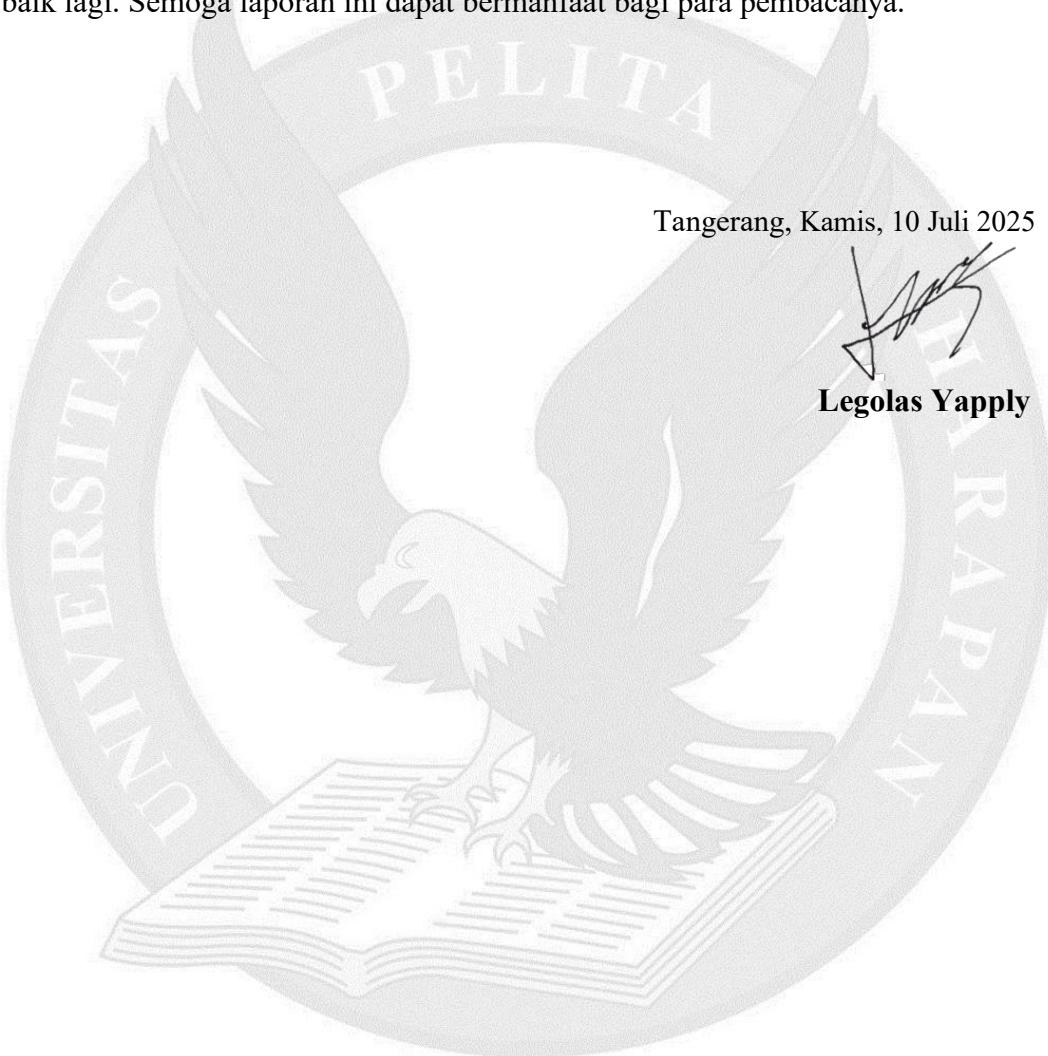
Laporan skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari 22 Januari 2025 hingga 24 Juni 2025. Skripsi merupakan persyaratan terakhir bagi mahasiswa yang wajib ditempuh sesuai dengan kurikulum Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan. Skripsi ini juga bermanfaat bagi penulis untuk menerapkan pengetahuan yang telah didapat dan memperoleh pengalaman baru yang tidak dapat diperoleh dari perkuliahan.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Nuri Arum Anugrahati, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi;
2. Bapak Dr. Marincan Pardede, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro;
3. Bapak Dr.-Ing. Ihan Martoyo, MTS, selaku Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan kepada penulis selama penelitian hingga penulisan laporan skripsi;
4. Ibu Junita, M. Eng., selaku Co-pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan kepada penulis selama penelitian hingga penulisan laporan skripsi;
5. Bapak/Ibu dosen dan staff Universitas Pelita Harapan yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan kepada penulis selama penelitian hingga penulisan laporan skripsi;
6. Orangtua penulis yang telah membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan;
7. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro 2022 yang telah membantu, memberikan dukungan dan saran kepada penulis, dan menjadi sahabat seperjuangan dalam Program Studi Teknik Elektro Universitas

- Pelita Harapan;
8. Seluruh rekan mahasiswa aktif Program Studi Teknik Elektro Universitas Pelita Harapan yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
 9. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka akan kritik dan saran dari pembaca yang dapat membantu membuat laporan skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.



Tangerang, Kamis, 10 Juli 2025



Legolas Yapply

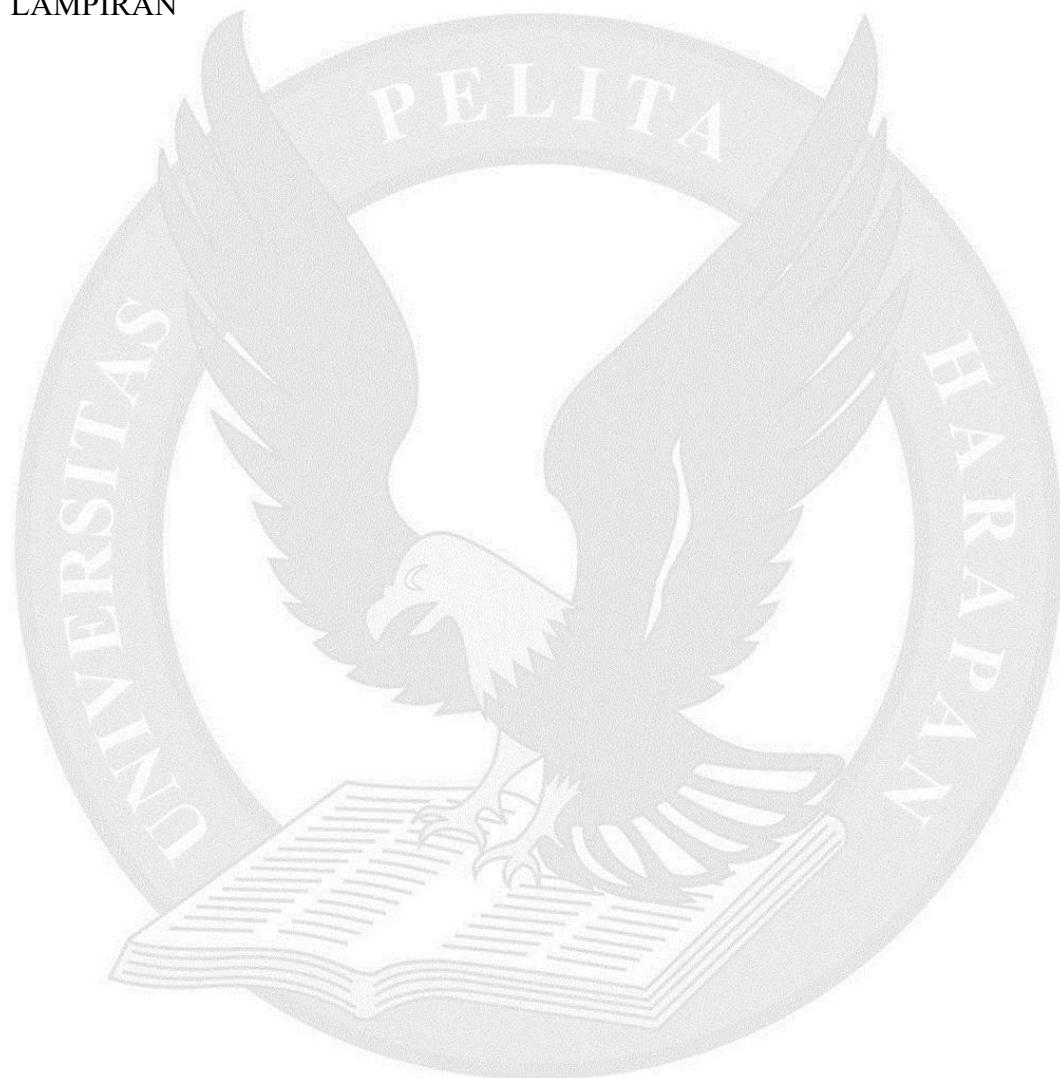
DAFTAR ISI

halaman

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI	ii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Pembahasan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Electromyography (EMG).....	5
2.2 Fisiologi otot lengan	6
2.3 Human SpikerBox	7
2.4 Muscle Sensor V3.....	9
2.5 Pengujian dan Filter Sinyal Bioelectric	11
2.6 Interferensi dari Sinyal EMG.....	13
2.7 Visualisasi dan Akuisisi Data	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Studi Literatur.....	15
3.2 Perumusan Masalah	15
3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat	16
3.4 Pengambilan Data.....	17
3.5 Penulisan Laporan	17
BAB IV PERANCANGAN SISTEM.....	19
4.1 Alat dan Bahan	19
4.2 Desain Umum Sistem	20
4.3 Modul.....	22
4.3.1 Human SpikerBox	22
4.3.2 Muscle Sensor V3	22
4.4 Penempatan Elektroda	22
4.5 Penanganan Noise.....	26
4.6 Sistem Akuisisi	28
BAB V HASIL DAN ANALISIS DATA.....	31

5.1	Hasil Muscle Sensor V3	31
5.2	Hasil Human SpikerBox	39
5.3	Pengamatan.....	45
5.4	Percobaan Implementasi dengan Arduino	46
BAB VI	PENUTUP	49
6.1	Kesimpulan.....	49
6.2	Saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	52

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

halaman

Gambar 2.1 Human SpikerBox	8
Gambar 2.2 Muscle Sensor V3	9
Gambar 2.3 Konfigurasi catu daya.....	10
Gambar 2.4 Visualisasi menggunakan Oscilloscope	11
Gambar 2.5 Visualisasi menggunakan Arduino.....	11
Gambar 2.6 Visualisasi menggunakan software Spike recorder.....	12
Gambar 2.7 Visualisasi menggunakan Python.....	14
Gambar 4.1 Desain umum sistem	21
Gambar 4.2 Posisi elektroda untuk lengan bawah	24
Gambar 4.3 Posisi elektroda untuk lengan bawah	25
Gambar 4.4 Posisi Elektroda untuk otot bicep.....	26
Gambar 4.5 Konfigurasi input modul	27
Gambar 4.6 Ground loop.....	28
Gambar 4.7 Konfigurasi pengamatan Muscle Sensor V3	29
Gambar 4.8 Konfigurasi pengamatan SpikerBox	29
Gambar 5.1 Respon Muscle Sensor saat diberikan input unit step function.....	32
Gambar 5.2 Output modul Muscle Sensor saat diberikan input Sinusoidal	32
Gambar 5.3 Schematic Muscle Sensor v3 module, dengan langkah amplification, rectification, dan smoothing.....	33
Gambar 5.4 Hand Grip	34
Gambar 5.5 Sinyal dalam kondisi rileks	35
Gambar 5.6 Sinyal dalam kondisi rileks	35
Gambar 5.7 Sinyal dalam kondisi rileks	36
Gambar 5.8 Sinyal dalam kondisi menggenggam.....	37
Gambar 5.9 Sinyal dalam kondisi menggenggam.....	38
Gambar 5.10 Sinyal dalam kondisi menggenggam.....	39
Gambar 5.11 Rangkaian Differentiator Sederhana	39
Gambar 5.12 Visualisasi sinyal menggunakan spike recorder.....	40
Gambar 5.13 Sinyal dengan input sinusoidal.....	41
Gambar 5.14 Sinyal saat kondisi rileks pada spike recorder	41
Gambar 5.15 Sinyal saat kondisi menggenggam pada spike recorder	42
Gambar 5.16 Sinyal Spikerbox setelah diberikan step function dalam python	43
Gambar 5.17 Sinyal Spikerbox setelah diberikan sinusoidal dalam python	43
Gambar 5.18 Sinyal Spikerbox setelah diberikan sinusoidal dalam python	44
Gambar 5.19 Sinyal Spikerbox menerima input dari otot dalam python.....	44
Gambar 5.20 Hasil Serial Plotter	47

DAFTAR TABEL

Halaman

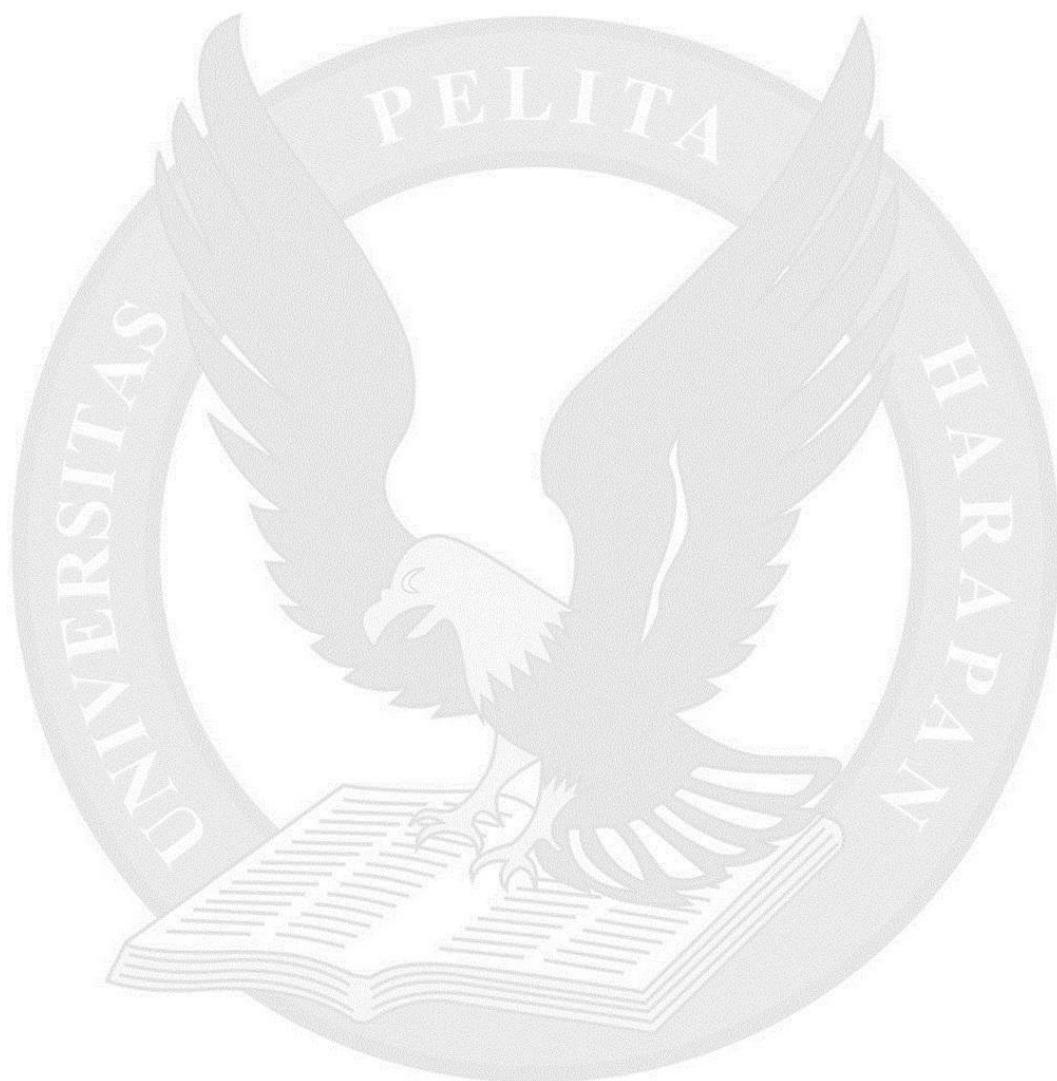
Tabel 4.1 Alat dan Bahan.....	20
-------------------------------	----



DAFTAR LAMPIRAN

halaman

LAMPIRAN A	A-1
LAMPIRAN B	B-1
LAMPIRAN C	C-1



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehilangan anggota tubuh merupakan sebuah peristiwa yang besar dalam kehidupan seseorang, hal ini dapat mengubah arah kehidupan dan memengaruhi kualitas hidup seseorang secara drastis. Dalam pengembangan teknologi yang ada; teknologi prostetik memungkinkan organ tubuh buatan membantu individu dengan keterbatasan fisik, organ tubuh buatan ini juga memiliki fungsi yang tidak hanya kosmetik, tetapi juga fungsional dalam membantu aktivitas sehari-hari. Kehadirannya dapat mempermudah individu yang kehilangan anggota tubuh tertentu untuk menjalankan aktivitas seperti berjalan, menggenggam, atau menulis, namun masih terdapat banyak kendala yang dihadapi oleh pengguna prostetik, terutama dalam hal kendali yang masih kurang responsif dan intuitif. Sistem prostetik yang modern cenderung memiliki *interface* yang terlalu teknis untuk digunakan secara optimal, dan *interface* yang menginterpretasikan gerakan-gerakan yang diinginkan masih kurang tepat dan akurat.

Pendekatan yang memungkinkan untuk mengembangkan sistem kendali prostetik adalah dengan memanfaatkan sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot. Sinyal yang dihasilkan oleh pergerakan atau kontraksi otot dikenal sebagai *electromyography* (EMG). Sinyal EMG yang dihasilkan dari otot bagian tubuh tertentu dapat digunakan sebagai

representasi aktivitas otot untuk menggerakkan prostetik. Sistem ini dapat menjadi dasar dalam merancang sistem kendali prostetik yang lebih responsif dan intuitif. Deteksi dari sinyal dapat dilakukan secara *non-invasive* dengan menggunakan sensor EMG *surface mount*, yang ditempelkan pada kulit. Hal ini juga membawa tantangan tersendiri dengan sinyal listrik yang dihasilkan otot merupakan sinyal yang lemah sehingga membutuhkan penguatan yang signifikan, serta sistem yang rentan terhadap gangguan *noise*, sehingga membutuhkan sebuah filter yang presisi dan akurat.

Penelitian ini terfokus kepada analisis dari sinyal listrik otot sebagai respons dari stimulasi fisik dengan menggunakan beberapa modul yang tersedia secara komersial dan juga modul rakitan sendiri, modul yang digunakan mencakup “*Human SpikerBox*” dan “*Muscle signal sensor V3 EMG development kit*”. Masing-masing modul akan diuji dengan *input* yang terkontrol dalam kondisi laboratorium dan juga dengan pengukuran sinyal otot pada manusia. Dengan memahami karakteristik dari berbagai modul EMG, kita dapat memilih sistem yang paling sesuai untuk aplikasi prostetik yang efisien dan akurat.

1.2 Tujuan Pembahasan

Tugas akhir ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menganalisis sinyal listrik otot akibat stimulasi fisik berlandaskan sebuah modul EMG, hasil pengukuran akan dibandingkan untuk melihat penguatan dari masing-masing modul dan juga untuk melihat kestabilan sinyal atau respon masing-masing modul terhadap gangguan *noise*. Hasil

pengamatan yang diperoleh dapat kemudian diproses lebih lanjut untuk perkembangan berikutnya.

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dalam pengujian dan perakitan perangkat ini:

1. Penelitian hanya menggunakan *surface EMG (non-invasive)*.
2. Modul yang digunakan adalah *Human SpikerBox* dan Muscle V3.
3. Fokus analisis berada pada otot manusia bagian lengan.
4. Perolehan sinyal dibatasi pada rentang frekuensi EMG.
5. Analisis sinyal dilakukan dalam domain waktu dan domain frekuensi, untuk melihat pola perubahan sinyal dan karakteristik frekuensinya.

1.4 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode yang terstruktur dengan langkah-langkah yang terurut dan terorganisir yang berisikan identifikasi masalah, studi literatur, perumusan masalah, menguji, serta merancang dan membuat alat, mengumpulkan dan menganalisis data, dan penulisan.

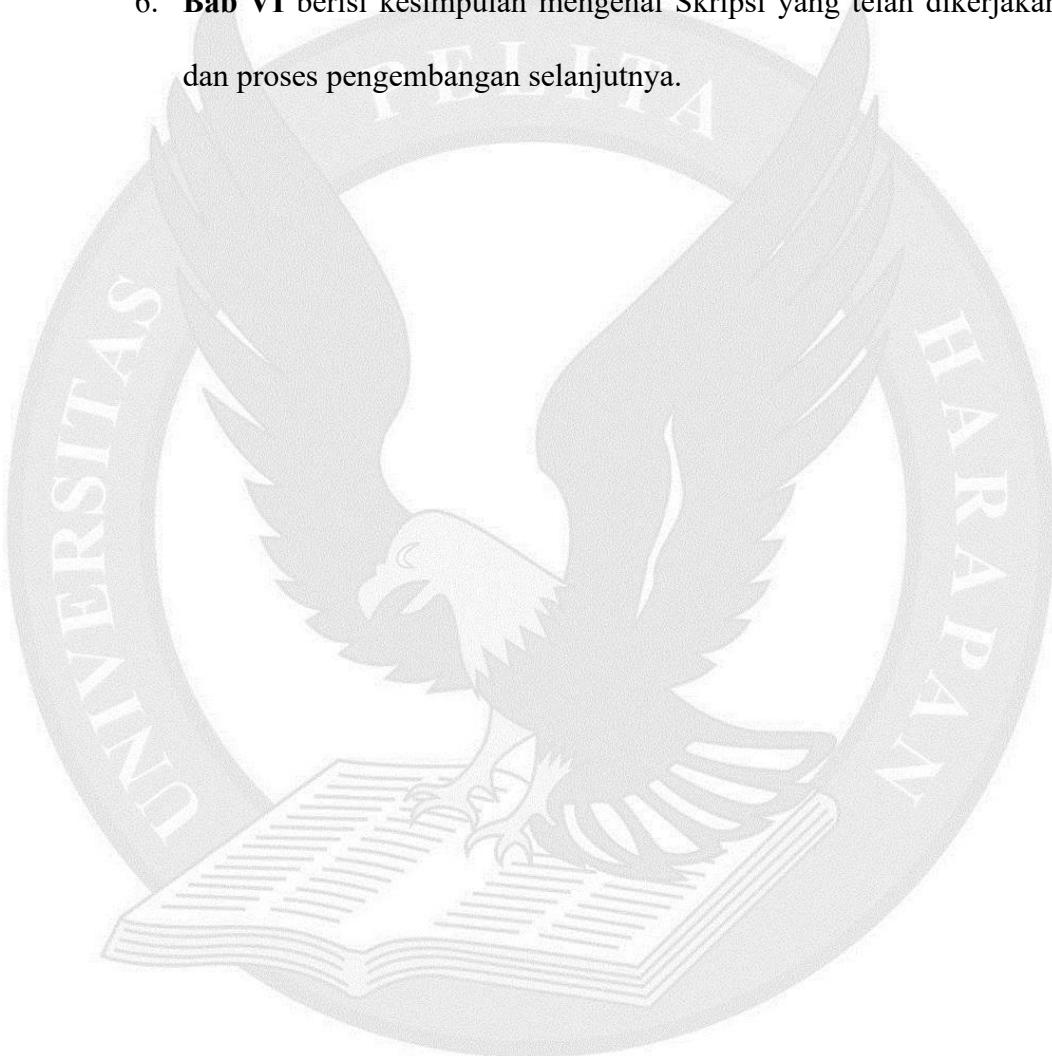
Metode penelitian yang lebih rinci terdapat pada Bab III.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari skripsi ini terdiri dari enam bab yang adalah sebagai berikut:

1. **Bab I** berisikan pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, tujuan pembahasan, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

2. **Bab II** membahas mengenai landasan teori
3. **Bab III** berisi metode penelitian yang akan memberikan secara detail dan rinci sistem dari penelitian dan perancangan tugas akhir ini.
4. **Bab IV** berisi proses perancangan dan pembuatan alat.
5. **Bab V** berisi tentang uji coba, hasil pengambilan data, dan hasil analisis.
6. **Bab VI** berisi kesimpulan mengenai Skripsi yang telah dikerjakan dan proses pengembangan selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Electromyography (EMG)

Electromyography atau yang juga dikenal sebagai EMG merupakan sebuah sinyal yang digunakan untuk menggambarkan pergerakan otot atau kontraksi otot. Pada saat otot berkontraksi maka terdapat arus yang mengalir pada membran otot yang melalui berbagai rintangan tisu yang ada untuk mencapai bagian detektor pada sebuah elektroda. Sinyal EMG ini dipengaruhi oleh faktor anatomis, fisiologis, dan biokimia. Otot pada tubuh manusia dikelompokkan menjadi kelompok-kelompok yang disebut motor unit, yang di mana saat terjadi kontraksi terdapat *motor unit action potential* (MUAP); hal ini tercapai dengan adanya perintah dari sistem saraf pusat, dan selama sistem saraf pusat tersebut memerintahkan otot untuk menghasilkan tenaga maka MUAP ini akan terus terjadi. MUAP yang terjadi secara terus menerus disebut sebagai *motor unit action potential train*.

Saat serat-serat otot dikontraksikan dan terjadinya “MUAP” ini, maka akan terdapat arus listrik, dan hal ini merupakan fondasi mendasar dari sebuah EMG [1]. EMG sendiri merupakan sebuah komponen yang mengukur sinyal dalam bentuk *Alternating Current* (AC), sehingga terdapat faktor frekuensi. EMG sendiri memiliki batasan frekuensi pada 0 hingga 500 Hz, dengan rentang frekuensi pada 50 hingga 150 Hz yang memiliki energi yang dominan. Sinyal-sinyal yang memiliki energi

melebihi tingkat *noise* dapat digunakan untuk keperluan analisis lebih lanjut. Nilai amplitudo sinyal EMG cenderung berada pada rentang 0 sampai dengan 10 mV (*peak-to-peak*) atau 0 sampai dengan 1.5 mV (RMS) [2].

2.2 Fisiologi otot lengan

Penelitian ini memiliki fokus dalam pengambilan sinyal EMG dari otot lengan bawah (*forearm*), otot-otot yang terdapat pada bagian lengan bawah memiliki peran penting dalam gerakan pergelangan dan jari, seperti saat menggenggam, mengetik ataupun memutar pergelangan tangan. Berdasarkan studi yang melakukan perekaman sinyal pada otot lengan bawah selama terjadi gerakan fleksi dan ekstensi pergelangan, aktivitas otot ini menunjukkan pola pergerakan spasial yang stabil dan cukup kuat untuk direkam melalui elektroda permukaan. Pengambilan sinyal pada otot-otot ini, menggunakan elektroda permukaan, mudah diakses dan menghasilkan kualitas sinyal yang baik, dengan *noise* yang dapat diminimalkan melalui teknik *grounding* dan *filtering* yang tepat [3].

Dalam penelitian ini, pengujian juga dilakukan pada otot *bicep* sebagai pembanding dan validasi sistem. Otot *bicep* merupakan otot yang dikenal memiliki sinyal EMG besar saat aktivitas fleksi siku dan supinasi lengan. Dalam konteks penelitian ini, pengujian pada *biceps* bertujuan untuk memastikan sistem akuisisi sinyal berfungsi dengan baik sebelum dialihkan ke otot utama yang menjadi fokus studi. Meskipun sinyal dari otot ini cukup kuat dan mudah dideteksi, analisis utama tetap diarahkan

pada otot lengan bawah yang memiliki relevansi lebih tinggi dalam konteks kontrol gerakan pergelangan dan aplikasi prostetik. Penempatan elektroda dilakukan secara hati-hati untuk memastikan sinyal yang terekam berasal dari otot target dan tidak terkontaminasi oleh aktivitas otot lain di sekitarnya.

2.3 Human SpikerBox

Human SpikerBox adalah alat EMG edukatif produksi Backyard Brains yang dirancang untuk merekam sinyal listrik dari otot secara non-invasif melalui elektroda permukaan. Modul ini dilengkapi dengan amplifier bawaan dan konektivitas *audio jack* 3.5mm yang memungkinkan pengguna merekam sinyal langsung ke perangkat seperti laptop atau smartphone. Visualisasi sinyal dilakukan menggunakan *software Spike Recorder* yang juga disediakan oleh pihak pengembang. *SpikerBox* mempermudah pengguna dalam melakukan eksperimen sinyal otot tanpa perlu melakukan pemrograman atau penyolderan. Modul ini banyak digunakan untuk pembelajaran dan prototipe awal karena desainnya yang intuitif dan mudah digunakan [4], [5].

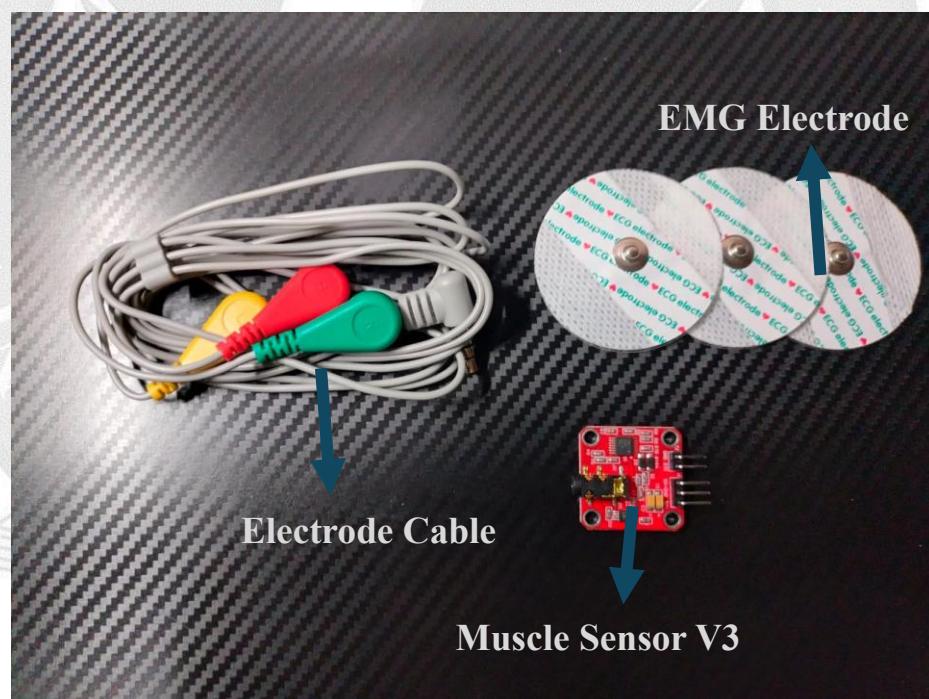


Gambar 2.1 Human SpikerBox

Gambar 2.1 merupakan alat *Human SpikerBox* beserta dengan komponen pendukungnya yang digunakan dalam penelitian ini. Pada gambar tersebut terdapat alat dari *Human SpikerBox* itu sendiri yang memiliki *input* serta *output* berupa *audio jack* 3.5mm; dalam konteks *input*, dapat digunakan bersamaan dengan *electrode cable* yang memiliki ujung kabel *auxiliary cable* 3.5mm dengan 3 ujung *alligator clips* untuk dikaitkan kepada 3 EMG electrode yang ditempelkan pada otot. Penempelan elektroda dapat dibantu dengan *electrode gel* untuk membantu konduktivitas dari sinyal EMG. *Data cable* merupakan kabel USB *type-A* to USB *type-C* yang dapat digunakan untuk menghubungkan *Human SpikerBox* kepada komputer sehingga terhubung dengan *software Spike Recorder*. Alat dari *Human SpikerBox* ini menggunakan catu daya baterai 9V.

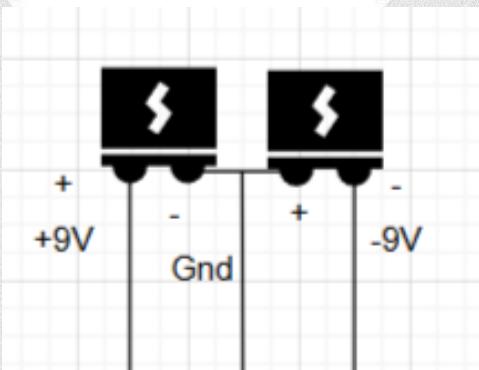
2.4 Muscle Sensor V3

Muscle Sensor V3 adalah sensor EMG analog yang dirancang oleh *Advancer Technologies* dan digunakan secara luas dalam pengembangan sistem *wearable* dan prostetik. Modul ini memiliki tiga kabel konektor untuk dua titik sinyal dan satu *ground*, serta menghasilkan *output* tegangan analog sesuai dengan kekuatan kontraksi otot yang terdeteksi. Di dalamnya telah tertanam penguat diferensial dan beberapa komponen filter sederhana, sehingga sinyal EMG yang keluar lebih bersih dan siap digunakan untuk akuisisi data atau kontrol perangkat. Sensor ini cukup sensitif dan responsif untuk aktivitas otot kecil hingga sedang, dan dirancang dengan sifat yang kompatibel dengan mikrokontroler seperti *Arduino* dan sistem akuisisi lainnya [6].



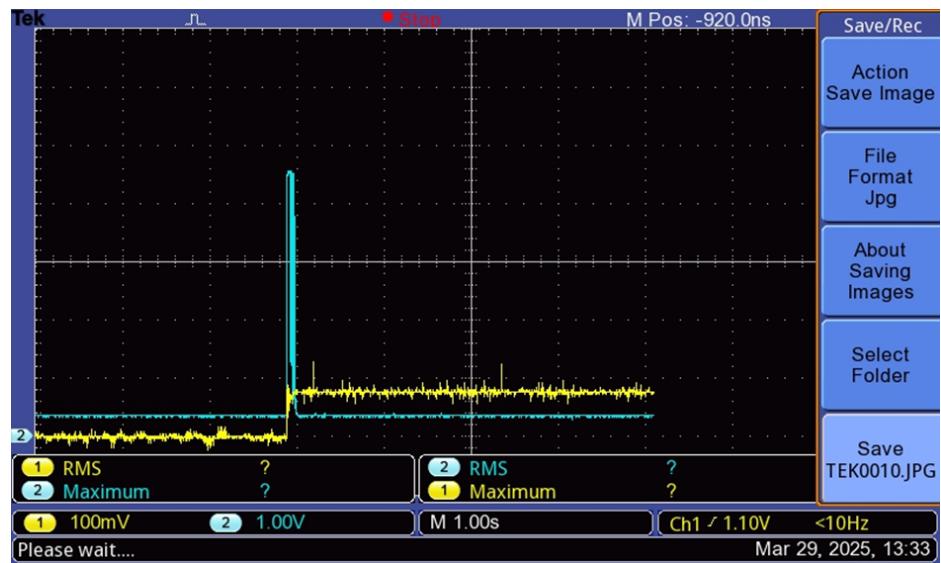
Gambar 2.2 Muscle Sensor V3

Gambar 2.2 merupakan alat *Muscle Sensor V3* beserta dengan komponen-komponen pendukungnya yang digunakan dalam penelitian ini. Pada gambar tersebut terdapat alat Muscle Sensor itu sendiri dengan *input* data dari EMG yang merupakan *audio jack* 3.5mm untuk digunakan bersama dengan *electrode cable* sehingga menghubung ujung satunya lagi dari kabel kepada elektroda menggunakan sistem kancing. *Output* dari *Muscle sensor* ini merupakan dua pin yang adalah pin *signal* dan *ground*. Daya dari modul ini membutuhkan catu daya yang dapat memberikan tegangan negatif, positif, serta titik *ground*, sehingga dua

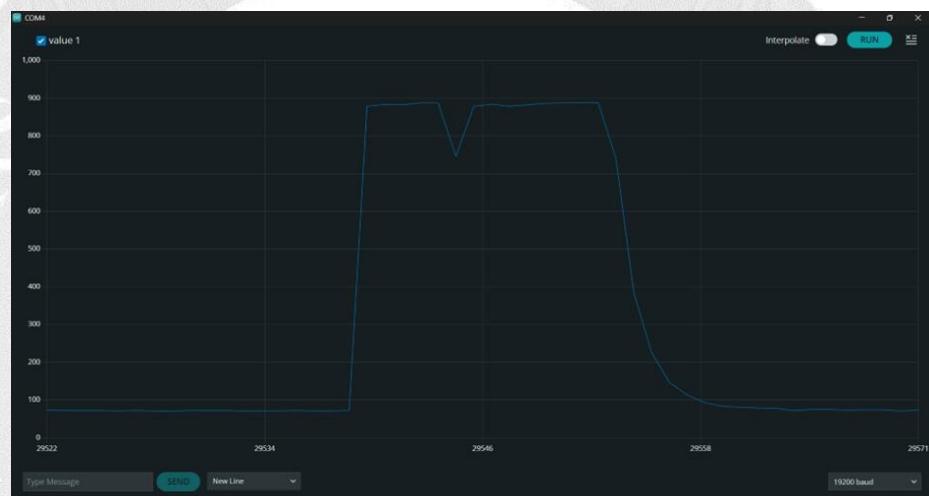


Gambar 2.3 Konfigurasi catu daya

baterai 9V digunakan dengan konfigurasi seperti pada Gambar 2.3. Bagian positif dan negatif baterai diambil untuk memberikan tegangan positif dan negatif, untuk jalur *ground* menggunakan salah satu catu positif dan catu negatif dari baterai satunya lagi, digabungkan sehingga menghasilkan 0V; menjadi jalur *ground*. *Output* yang berupa pin tersebut membuatnya fleksibel sehingga dapat diukur menggunakan *oscilloscope* ataupun menggunakan analog pin dari sebuah *Arduino*.



Gambar 2.4 Visualisasi menggunakan Oscilloscope

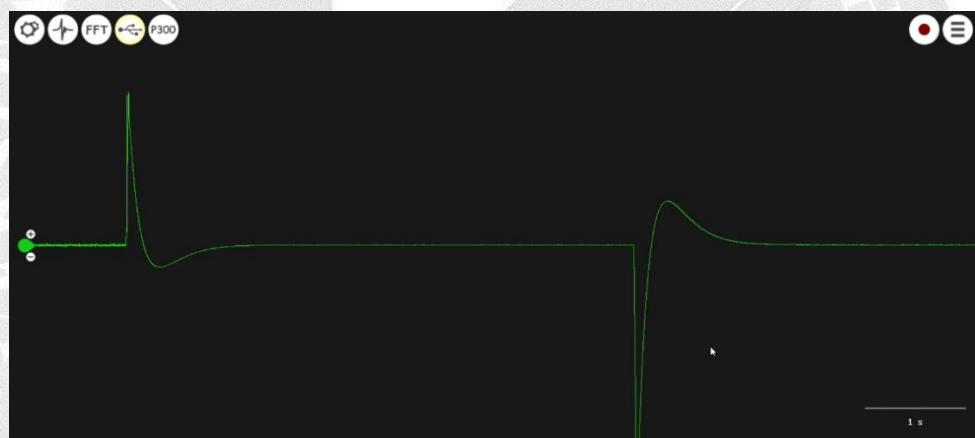


Gambar 2.5 Visualisasi menggunakan Arduino

2.5 Penguatan dan Filter Sinyal Bioelectric

Sinyal yang dihasilkan saat terjadinya MUAP memiliki tegangan yang sangat kecil, di mana tegangan yang dihasilkan saat terjadi kontraksi hanya berada di rentang 30 mV, sinyal ini terlalu kecil untuk dapat diproses ataupun dianalisis lebih lanjut, maka dari itu dibutuhkan penguatan dari sinyal tersebut. Dalam analisis sinyal EMG, amplifier operasional (*op-amp*) umum digunakan bersama elektroda. *Op-Amp*

memiliki penguatan atau *gain* yang besar, karena konfigurasi yang dimilikinya *op-Amp* juga memiliki sifat filtrasi yang baik, di mana sinyal yang diperoleh memiliki banyak *noise* dari keadaan sekitar, dan juga tubuh manusia sendiri. Sifat *op-Amp* yang berfungsi sebagai penguat diferensial sangat efektif dalam membuang *common mode noise* – ini merupakan *noise* yang terdapat secara seimbang pada kedua *input*. *Instrumentation amplifier* ini menguatkan perbedaan tegangan yang ada antar dua *input* yang diberikan, dan dua titik pada otot akan menghasilkan tegangan yang berbeda sehingga hal ini memungkinkan untuk membuat sebuah rangkaian penguat menggunakan *op-amp*; hal ini juga memberikan keuntungan dari filtrasi terhadap *common mode noise*.



Gambar 2.6 Visualisasi menggunakan software Spike recorder

Elektroda juga memiliki impedansi *input* yang tinggi, perbandingan antara elektroda kering dan basah (terdapat *conduction gel* untuk membantu meningkatkan konduktansi pada elektroda). Sebuah *op-amp* cenderung menawarkan impedansi *input* yang juga tinggi sehingga hal

tersebut dapat teratasi juga dengan penggunaan *op-amp* sebagai penguat *differential* [7].

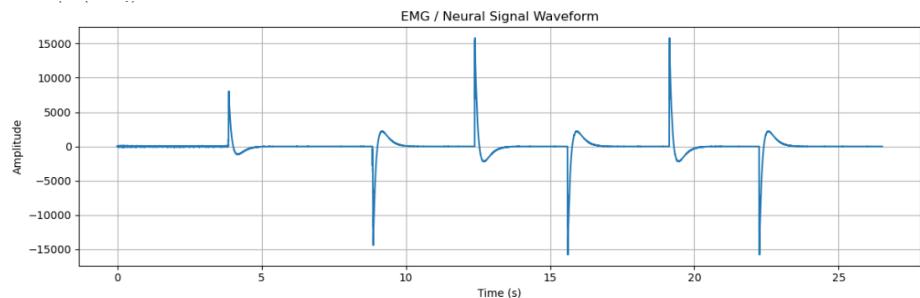
2.6 Interferensi dari Sinyal EMG

Sinyal EMG dapat berperilaku seperti antena karena kabel elektroda dan jalur sinyal dapat menangkap interferensi elektromagnetik dari lingkungan. Interferensi ini dapat berasal dari perangkat elektronik, pemancar radio, bahkan dari gelombang radio (RF). Karena sifat impedansi tinggi dari sinyal EMG dan frekuensi sinyal yang tumpang tindih dengan banyak sumber *noise*, *filtering* dan perancangan sistem *ground* sangat krusial [8].

2.7 Visualisasi dan Akuisisi Data

Sinyal EMG yang telah diperoleh dari sensor perlu diproses dan divisualisasikan menggunakan sistem akuisisi data seperti *Arduino*, *oscilloscope*, atau *software* seperti *Python*. Gambar 2.4 merupakan proses visualisasi sinyal menggunakan *oscilloscope*, Gambar 2.5 merupakan proses visualisasi sinyal menggunakan *Arduino*. Gambar 2.6 merupakan proses visualisasi sinyal menggunakan *software Spike recorder* dan dilanjutkan pada gambar 2.7 yang merupakan visualisasi menggunakan *Python*. berdasarkan *audio file* yang diperoleh dari *software Spike recorder*. Visualisasi sinyal membantu dalam proses analisis dengan memberikan gambaran bentuk gelombang, amplitudo, dan frekuensi dari sinyal yang dihasilkan. Untuk mendapatkan informasi yang akurat, sinyal tersebut perlu melalui proses pre-processing seperti *filtering* (*band-pass filter*) dan amplifikasi, serta dalam beberapa kasus

juga dilakukan *rectification* dan *envelope detection* untuk ekstraksi fitur lanjutan.



Gambar 2.7 Visualisasi menggunakan Python

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Tahapan awal dalam pelaksanaan penelitian ini adalah melakukan studi literatur yang komprehensif terkait dasar teori serta teknologi pendukung yang digunakan dalam penelitian. Studi ini mencakup kajian terhadap sistem neuromuskular manusia, prinsip kerja sinyal electromyography (EMG), serta teknik pengolahan sinyal bioelektrik. Selain itu, dilakukan juga telaah terhadap berbagai jenis sensor EMG yang tersedia secara komersial maupun yang dapat dirakit secara mandiri. Literatur yang dijadikan rujukan meliputi artikel jurnal, buku referensi teknik elektro, serta dokumentasi teknis dari produsen sensor seperti *Muscle Sensor V3* dan *SpikerBox*. Tujuan utama dari tahapan ini adalah untuk memperoleh pemahaman menyeluruh yang akan menjadi dasar dalam proses perumusan masalah, perancangan sistem, hingga analisis hasil data.

3.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan studi literatur dan observasi awal, ditemukan bahwa sinyal EMG yang dihasilkan oleh otot manusia memiliki amplitudo yang sangat kecil dan sangat rentan terhadap gangguan eksternal seperti noise listrik dan interferensi elektromagnetik. Hal ini menyebabkan perlunya sistem penguatan dan filtrasi yang presisi untuk memperoleh sinyal yang bersih dan dapat dianalisis. Oleh karena itu, masalah utama yang ingin

dipecahkan dalam penelitian ini adalah bagaimana membandingkan performa beberapa modul sensor EMG, baik komersial maupun rakitan, dalam mendeteksi dan memperkuat sinyal otot manusia. Masalah ini difokuskan pada perbandingan *gain*, ketahanan terhadap noise, serta kelengkapan fitur internal seperti filtering dan stabilitas sinyal. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat memberikan rekomendasi terhadap pemilihan sensor yang sesuai untuk aplikasi prostetik atau sistem kendali berbasis EMG.

3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat

Proses perancangan alat dimulai dengan membuat skema sistem berdasarkan hasil studi literatur. Sistem ini mencakup beberapa modul sensor EMG, yaitu *Human SpikerBox* dan *Muscle Sensor V3*. Masing-masing sensor dirancang untuk menerima *input* sinyal dari otot melalui elektroda permukaan (*surface EMG*), kemudian menguatkan sinyal tersebut dan mengirimkannya ke sistem akuisisi data.

Untuk *SpikerBox* dan *Muscle Sensor*, digunakan komponen sesuai dengan spesifikasi pabrikan. Setiap modul diuji menggunakan *input unit step function* dan juga *input* sinyal *sinusoidal*. Prototipe sistem kemudian disusun dan dikalibrasi untuk memastikan seluruh modul dapat beroperasi secara paralel dalam pengujian yang sama.

Selain perangkat keras, juga digunakan perangkat lunak pendukung seperti *Arduino IDE*, *Spike Recorder* dan *Python* untuk analisis data. Penempatan elektroda dirancang untuk target otot *biceps* dan *forearm*,

dengan konfigurasi diferensial, yaitu dua elektroda *input* dan satu elektroda *ground*, yang umum pada akuisisi sinyal EMG.

3.4 Pengambilan Data

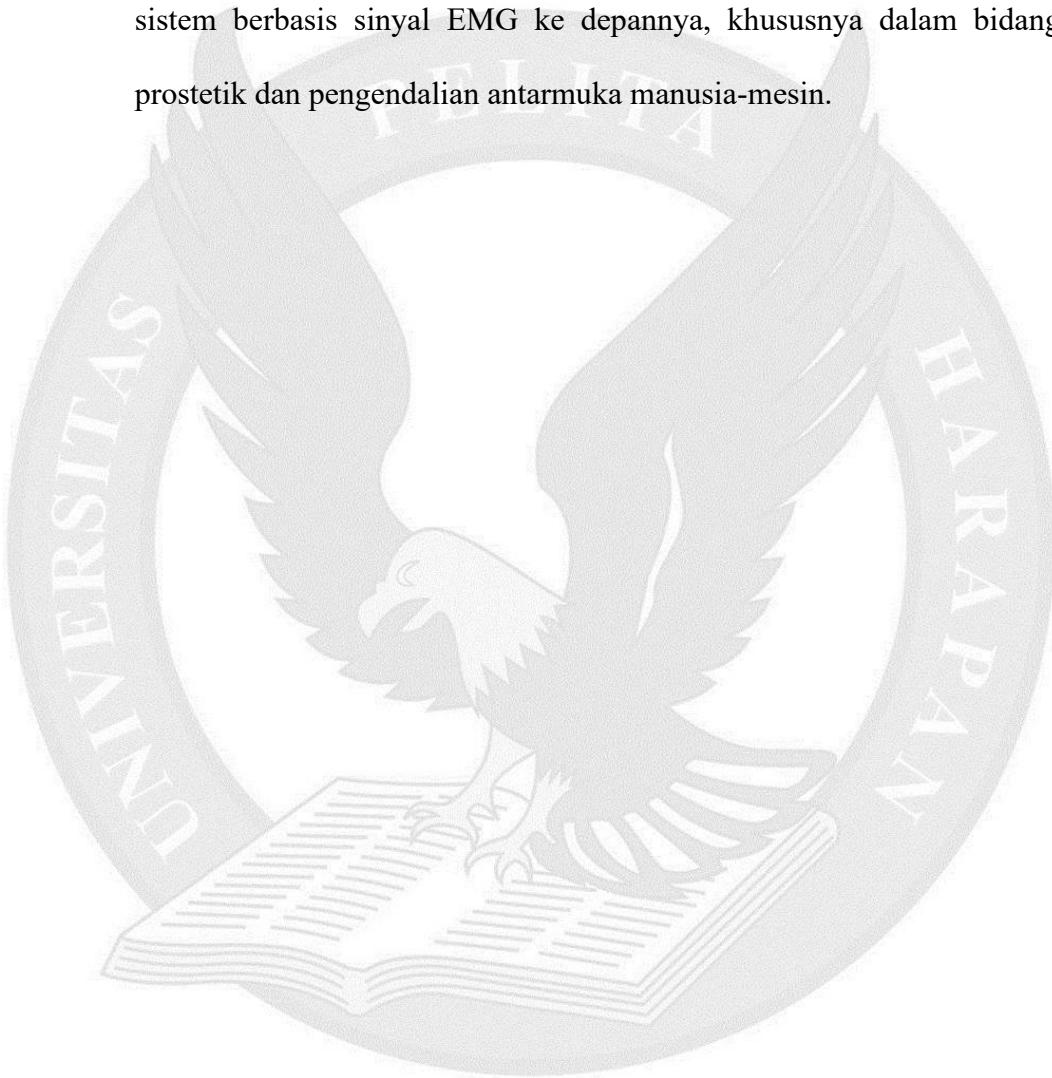
Pengambilan data dilakukan dalam dua skenario utama: pertama, pemberian sinyal *sinusoidal* dari *function generator* sebagai simulasi sinyal standar; kedua, pencatatan sinyal otot manusia secara langsung saat melakukan aktivitas fisik ringan seperti menggenggam tangan atau mengangkat beban kecil. Masing-masing sensor diuji secara paralel dengan metode *input* yang sama untuk menjamin konsistensi pengukuran.

Data sinyal yang diperoleh dari *oscilloscope* atau *software* seperti *Spike Recorder* diamati untuk analisis. Untuk data yang diperoleh dari *spike recorder* digunakan fitur recording dalam bentuk audio kemudian dikonversi ke dalam bentuk digital (.wav atau CSV) untuk dilakukan analisis kuantitatif menggunakan *python*. Parameter utama yang dianalisis antara lain penguatan sinyal (*gain*), *signal-to-noise ratio* (SNR), bentuk gelombang, serta analisis spektrum frekuensi menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Semua proses ini dilakukan dalam kondisi laboratorium untuk meminimalkan variabel tak terkendali yang dapat mempengaruhi hasil.

3.5 Penulisan Laporan

Tahap terakhir dalam metodologi ini adalah penyusunan laporan akhir dalam bentuk skripsi. Penulisan dilakukan secara sistematis sesuai dengan struktur penulisan ilmiah yang berlaku di Universitas Pelita

Harapan. Laporan mencakup seluruh proses penelitian mulai dari latar belakang, kajian literatur, perancangan, pengujian, hasil pengamatan, hingga analisis dan kesimpulan. Penulisan menggunakan format IEEE untuk sitasi dan daftar pustaka, dengan bantuan perangkat lunak pengolah data dan dokumen. Laporan ini diharapkan menjadi dokumentasi ilmiah yang dapat dijadikan referensi bagi pengembangan sistem berbasis sinyal EMG ke depannya, khususnya dalam bidang prostetik dan pengendalian antarmuka manusia-mesin.



BAB IV

PERANCANGAN SISTEM

4.1 Alat dan Bahan

Sistem yang dirancang merupakan sistem untuk menganalisis sinyal listrik otot pada lengan bawah (*forearm*) saat melakukan aktivitas penggenggaman secara *non-invasive*. Untuk mewujudkan sistem ini, dibutuhkan perangkat yang mampu mendeteksi dan memperkuat sinyal listrik otot (EMG) agar dapat diamati dan dianalisis dengan baik. Oleh karena itu, digunakan dua modul utama, yaitu *Muscle Sensor V3* dan *Human SpikerBox*, yang keduanya berfungsi sebagai penguat sinyal EMG sekaligus penyedia representasi sinyal dalam bentuk visual atau data.

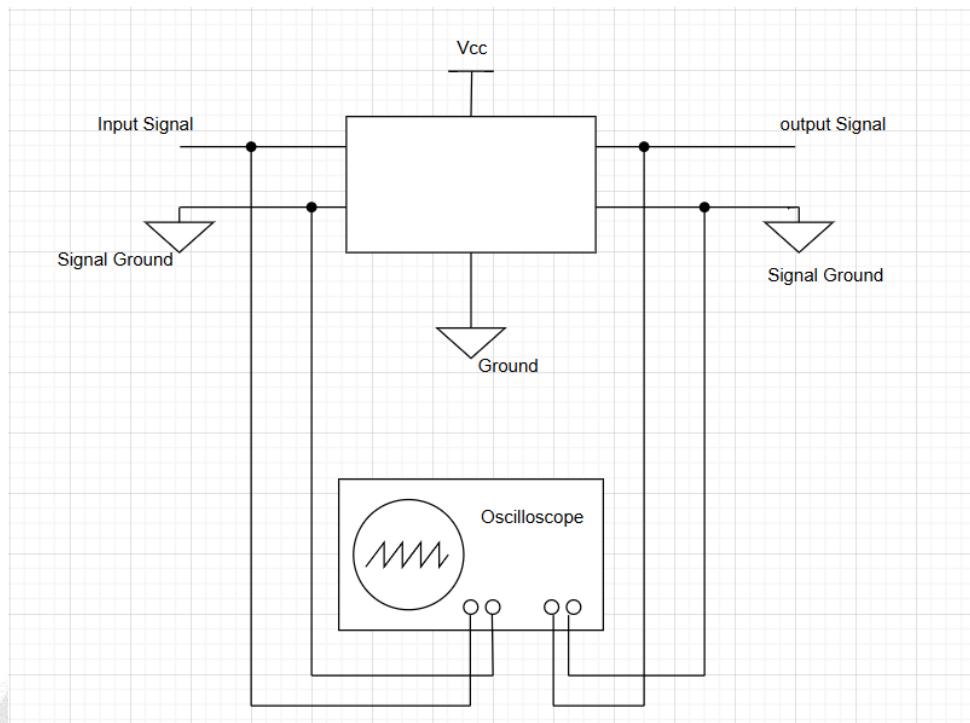
Sinyal *input* yang diterima oleh kedua modul berasal dari elektroda EMG tipe *surface-mount*, yang memungkinkan pengambilan data secara *non-invasive* dari permukaan kulit. Untuk mendukung operasi dari kedua modul tersebut, dibutuhkan catu daya berupa baterai 9V. Selain itu, dalam tahap pengujian, sinyal uji berupa *unit step function* dan *sinusoidal function* akan diberikan untuk menilai respons sistem. Oleh karena itu, diperlukan perangkat *function generator* dan *DC power supply* yang mampu menghasilkan *output* dengan amplitudo pada skala milivolt. Khusus untuk *Muscle Sensor V3*, karena modul ini tidak memiliki *output* serial, maka diperlukan *oscilloscope* untuk mengamati bentuk sinyal yang dihasilkan secara langsung.

Tabel 4.1 Alat dan Bahan

Alat	Spesifikasi
Oscilloscope	Tektronix 1052B
Battery	Baterai 9V
SpikerBox	Human SpikerBox (Backyard Brains)
Muscle Sensor V3	Development Kit
EMG Electrode	3 buah elektroda
Function Generator	GW Instek SFG-2110
DC power supply	RIDEN RD6012

4.2 Desain Umum Sistem

Sistem yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan untuk menangkap, memperkuat, dan menganalisis sinyal listrik otot (EMG) yang dihasilkan oleh aktivitas otot manusia. Fokus sistem adalah pada segmentasi proses mulai dari deteksi sinyal otot melalui elektroda EMG permukaan (*surface mount* EMG), penguatan sinyal melalui modul sensor, hingga visualisasi dan analisis sinyal. Desain ini dibuat modular, sehingga setiap komponen seperti sensor, elektroda, dan sistem akuisisi data dapat diuji secara terpisah dan dioptimalkan. Struktur sistem dibuat sedemikian rupa untuk memfasilitasi eksperimen terhadap perbandingan sensor dan pengaruh gangguan *noise* terhadap sinyal. Dengan pendekatan ini, performa dari masing-masing sensor dapat diidentifikasi dan dipetakan secara objektif untuk evaluasi akhir. Tujuan akhirnya adalah menghasilkan sistem yang dapat menjadi referensi awal bagi pengembangan kontrol prostetik berbasis EMG di masa depan.



Gambar 4.1 Desain umum sistem

Blok diagram sistem dirancang untuk menggambarkan alur data dari sumber sinyal hingga titik pengamatan dan analisis. Pengamatan dilaksanakan sesuai dengan skema pada Gambar 4.1 dengan pengukuran melalui *oscilloscope* ataupun *Spike recorder*. Pengukuran menggunakan *oscilloscope* memungkinkan untuk memvisualisasikan *input* dan *output* yang diberikan kepada alat dikarenakan *scope* memiliki dua buah *input channel*. *Input* yang diberikan kepada alat dapat berupa sebuah sinyal *unit step function* dengan amplitudo yang diset pada RIDEN RD6012 sebesar 50 mV untuk mengamati respons dari alat, *input* juga dapat berupa sebuah sinyal *sinusoidal* yang diset dari *function generator* sebesar 66 mV_{Peak} atau 35 mV_{RMS} sebagai standar untuk mengamati penguatan yang diberikan alat, selain itu, *input* juga dapat

berupa sinyal EMG yang berasal dari aktivitas otot sehingga dapat diamati apa yang menjadi *output* dari masing-masing alat.

4.3 Modul

4.3.1 Human SpikerBox

Dalam penelitian ini, *SpikerBox* digunakan sebagai alat uji pembanding. Modul digunakan sebagaimana spesifikasi pabrikan tanpa dilakukan modifikasi internal. Peneliti menghubungkan alat ini dengan sistem akuisisi dan merekam sinyal EMG melalui *software Spike Recorder*. Analisis *output* dilakukan dalam bentuk visualisasi *waveform* dan konversi audio digital untuk keperluan analisis lanjutan. Karena alat ini tidak dimodifikasi, deskripsi teknis lebih lanjut telah disampaikan dalam Bab II.

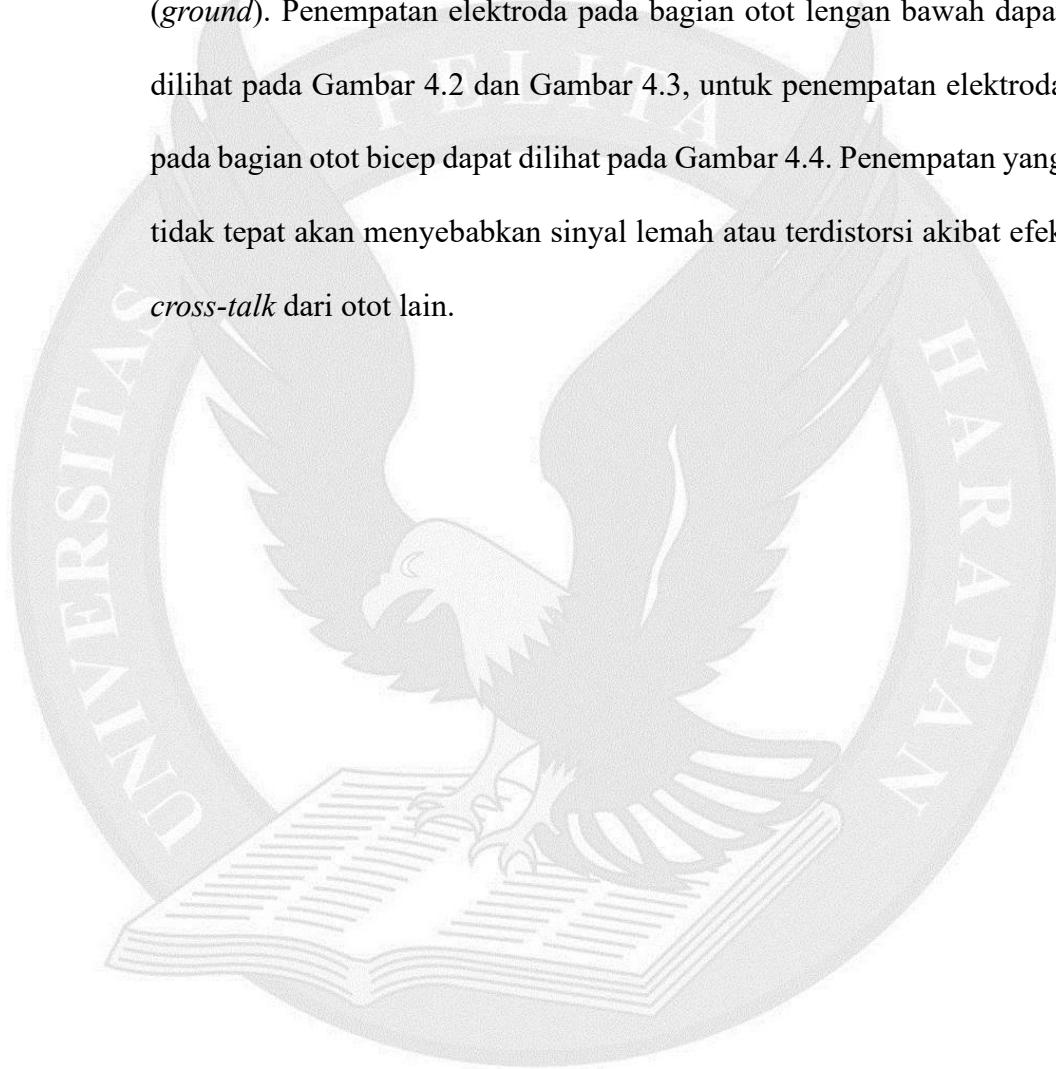
4.3.2 Muscle Sensor V3

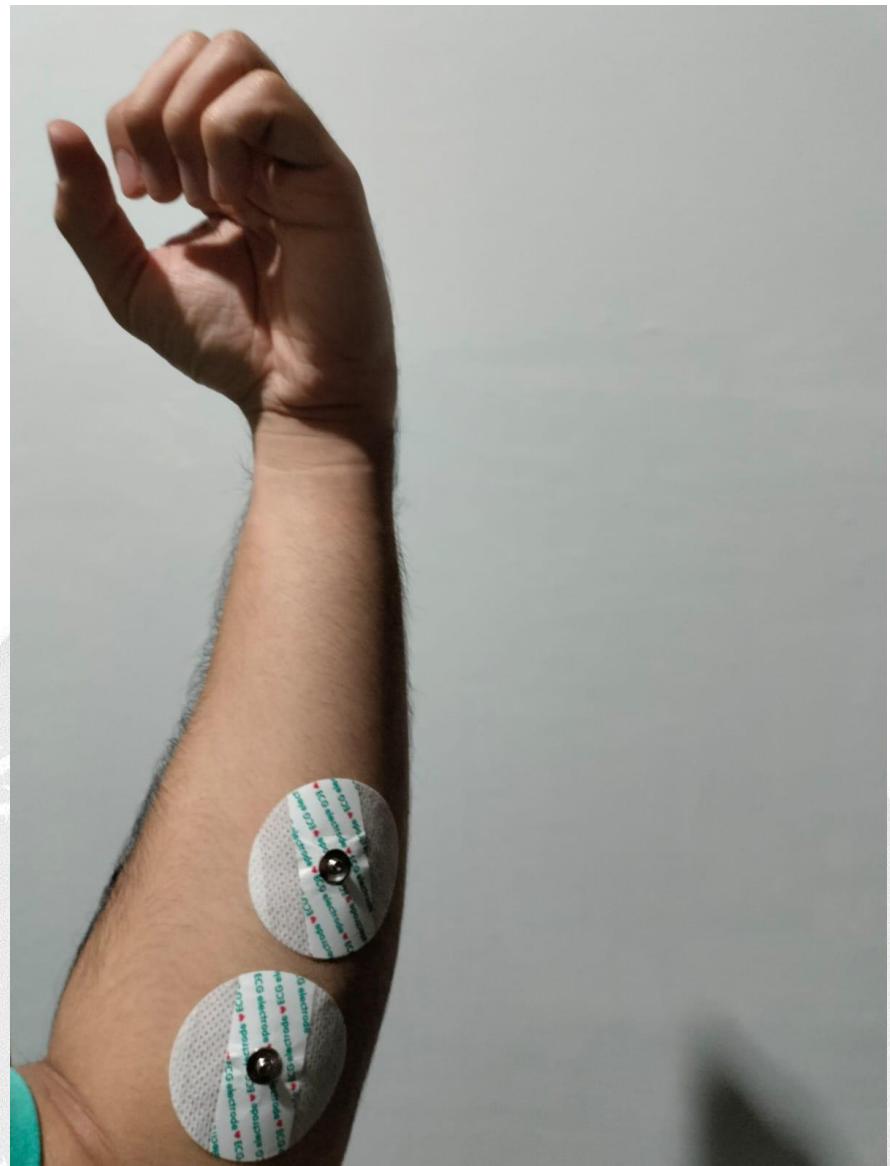
Sensor ini digunakan tanpa perubahan sirkuit, sesuai konfigurasi pabrikan. Dalam eksperimen, sensor diintegrasikan dengan sistem dan akuisisi sinyal otot nyata. *Output* sensor dicatat dan dianalisis dari segi *gain* dan kestabilan. Karena sensor digunakan sebagaimana mestinya tanpa modifikasi, uraian lengkap mengenai struktur dan prinsip kerjanya dapat dilihat pada Bab II.

4.4 Penempatan Elektroda

Penempatan elektroda pada tubuh manusia merupakan salah satu faktor paling krusial dalam sistem EMG. Dalam penelitian ini

digunakan elektroda *snap-gel* (dengan bantalan perekat dan gel konduktif) permukaan yang ditempelkan pada kulit menggunakan gel konduktif. Dua elektroda ditempatkan sejajar pada otot target (*bicep* atau otot lengan), sedangkan satu elektroda dipasang pada bagian tubuh yang minim aktivitas otot, seperti area bertulang di sekitar siku atau bagian dorsal (belakang pergelangan tangan) sebagai elektroda referensi (*ground*). Penempatan elektroda pada bagian otot lengan bawah dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, untuk penempatan elektroda pada bagian otot bicep dapat dilihat pada Gambar 4.4. Penempatan yang tidak tepat akan menyebabkan sinyal lemah atau terdistorsi akibat efek *cross-talk* dari otot lain.





Gambar 4.2 Posisi elektroda untuk lengan bawah



Gambar 4.3 Posisi elektroda untuk lengan bawah

Konfigurasi elektroda mengikuti prinsip pengukuran diferensial, di mana perbedaan potensial antar dua titik digunakan sebagai sinyal utama. Selain itu, kabel elektroda digunakan yang memiliki lapisan pelindung (*shielded cable*) untuk meminimalkan *pickup* dari *noise* eksternal seperti EMI dari komponen AC listrik.

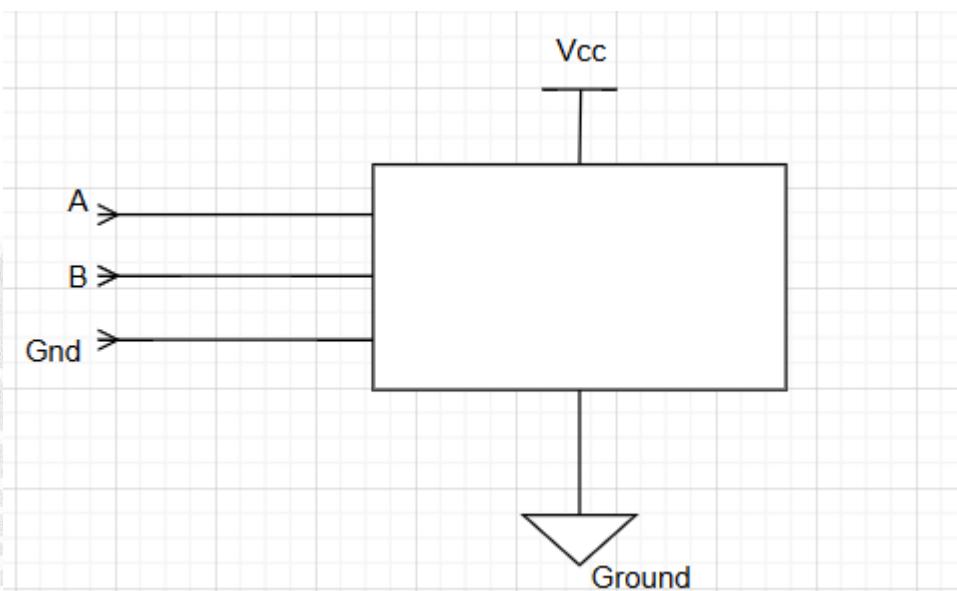


Gambar 4.4 Posisi Elektroda untuk otot bicep

4.5 Penanganan Noise

Salah satu tantangan utama dalam pengolahan sinyal bioelektrik adalah keberadaan *ground loop*, yaitu perbedaan potensial antara titik *ground sensor* dan *ground catu daya*. *Ground loop* dapat menyebabkan hilangnya efek *common mode rejection* dari *op-amp* diferensial, mengakibatkan peningkatan *noise* dan distorsi sinyal. *Ground loop* menyebabkan perbedaan potensial antara kedua *input op-amp*, padahal seharusnya tidak ada, sehingga menghasilkan *noise*. Kehadiran dari *ground loop* akan membuat adanya perbedaan antara kedua *input*

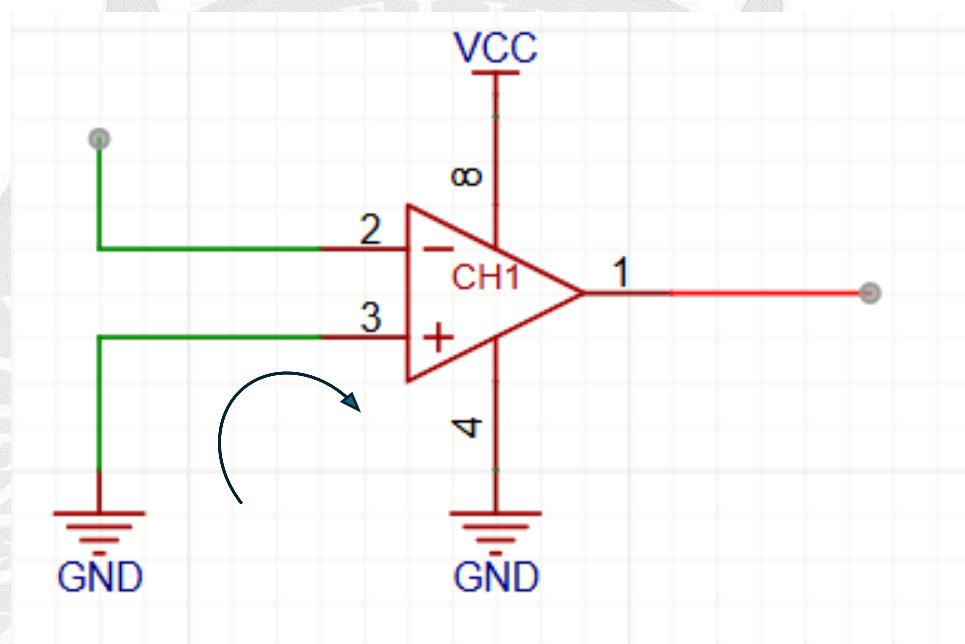
op-amp di saat seharusnya tidak ada perbedaan dari kedua *input*, sehingga menimbulkan *noise*. Oleh karena itu, pada tahap desain dilakukan identifikasi dua jalur *grounding*: yang pertama merupakan *ground* dari elektroda, dan yang kedua adalah *ground* dari *power supply* sensor. Percobaan dilakukan dengan menyatukan *ground* di satu titik pusat untuk mencegah sirkulasi arus antar *ground* yang tidak diinginkan.



Gambar 4.5 Konfigurasi input modul

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa modul akan menggunakan 3 titik dari sisi *input*, dan hal ini berlaku baik bagi *Human SpikerBox* maupun *Muscle Sensor V3*. Ketiga titik akan terhubung kepada elektroda dalam aplikasinya, di mana titik A dan B akan terhubung kepada elektroda yang berada pada bagian otot yang ingin diukur, dan titik "Gnd" akan menjadi sebuah *common ground* dengan titik tersebut dihubungkan kepada sebuah elektroda yang berposisi pada bagian tubuh dengan area otot yang sangat kecil seperti bagian tubuh yang condong

bertulang, hal ini menjadi *common ground*. Dalam pengujian sinyal yang diberikan merupakan sinyal *unit step function* dan juga sinyal *sinusoidal* sehingga hanya membutuhkan satu *input* (dapat memilih titik A atau B) dengan titik yang tidak digunakan dihubungkan kepada titik “Gnd”, hal ini akan membuat sifat dari *common mode rejection* dari *op-amp* tidak berguna karena konfigurasi seperti ini akan membuat sistem seperti pada Gambar 4.6 yang akan menyebabkan *ground loop*.



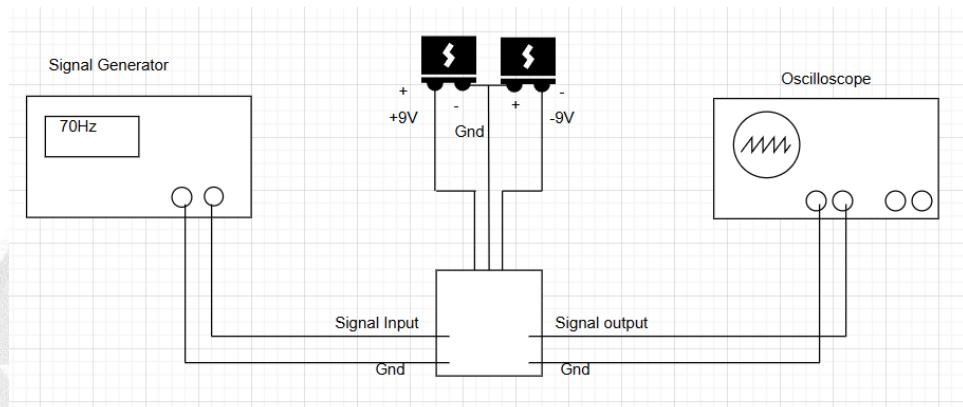
Gambar 4.6 Ground loop

4.6 Sistem Akuisisi

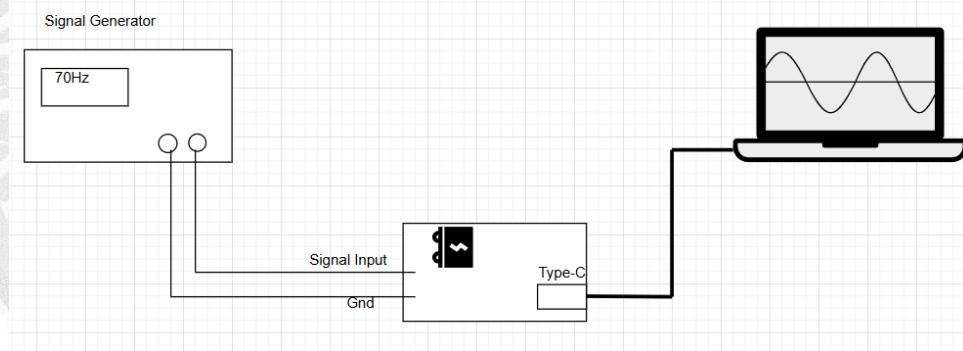
Output dari setiap modul dianalisis menggunakan dua pendekatan utama. Pertama, *output* dianalisis secara langsung melalui *oscilloscope* untuk mendapatkan estimasi penguatan dan bentuk gelombang terhadap *input unit step function* dan *input sinusoidal*. Kedua, untuk *SpikerBox* yang tidak memiliki *output* numerik, sinyal direkam dalam format audio (.wav) menggunakan *software Spike Recorder* dan kemudian dianalisis

menggunakan *Python* untuk ekstraksi fitur sinyal seperti RMS, amplitudo puncak, dan SNR.

Konfigurasi untuk mengakuisisi data dari modul *muscle sensor V3* adalah dengan menggunakan *oscilloscope* seperti yang tertera pada Gambar 4.7, dan konfigurasi untuk mengamati menggunakan *SpikerBox* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Konfigurasi pengamatan Muscle Sensor V3



Gambar 4.8 Konfigurasi pengamatan SpikerBox

Plotting dalam domain frekuensi juga dilakukan dengan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk melihat komponen *noise* dan menentukan apakah sensor memiliki filter internal yang bekerja dengan

baik. Dengan metode ini, karakteristik filter dan penguatan dari masing-masing sensor dapat dievaluasi secara kuantitatif dan kualitatif.



BAB V

HASIL DAN ANALISIS DATA

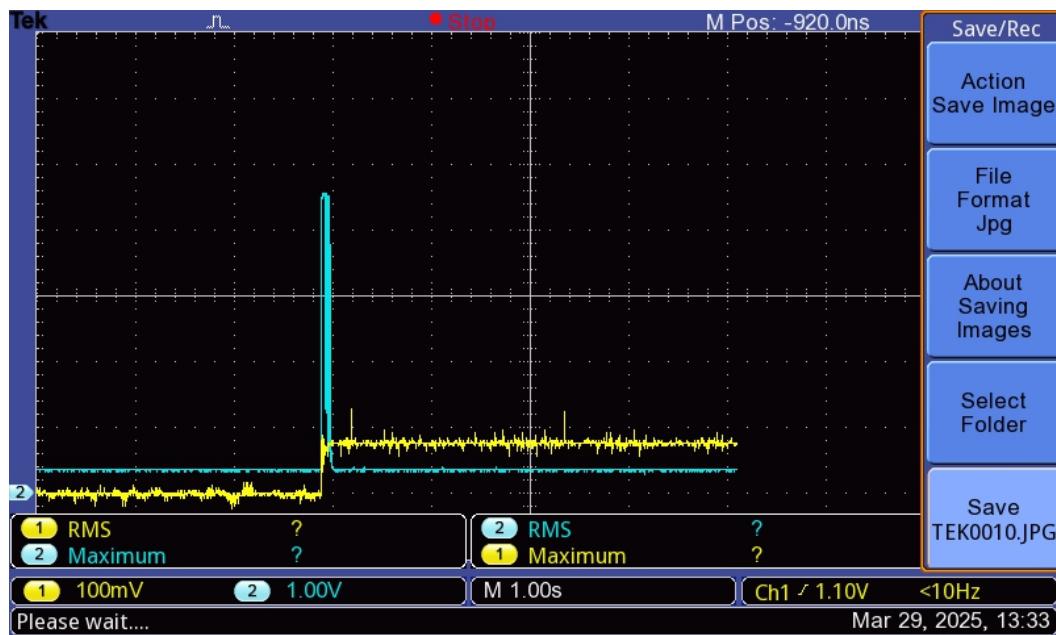
Penelitian ini mencakup pengujian dan analisis terhadap dua sensor EMG: *Human SpikerBox* dan *Muscle Sensor V3*. Pengujian dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu melalui pemberian *input unit step function* terkontrol dan pencatatan sinyal otot manusia nyata. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi performa masing-masing sensor dari segi penguatan sinyal, sehingga dapat dievaluasi penguatan masing-masing modul terhadap sinyal otot.

5.1 Hasil Muscle Sensor V3

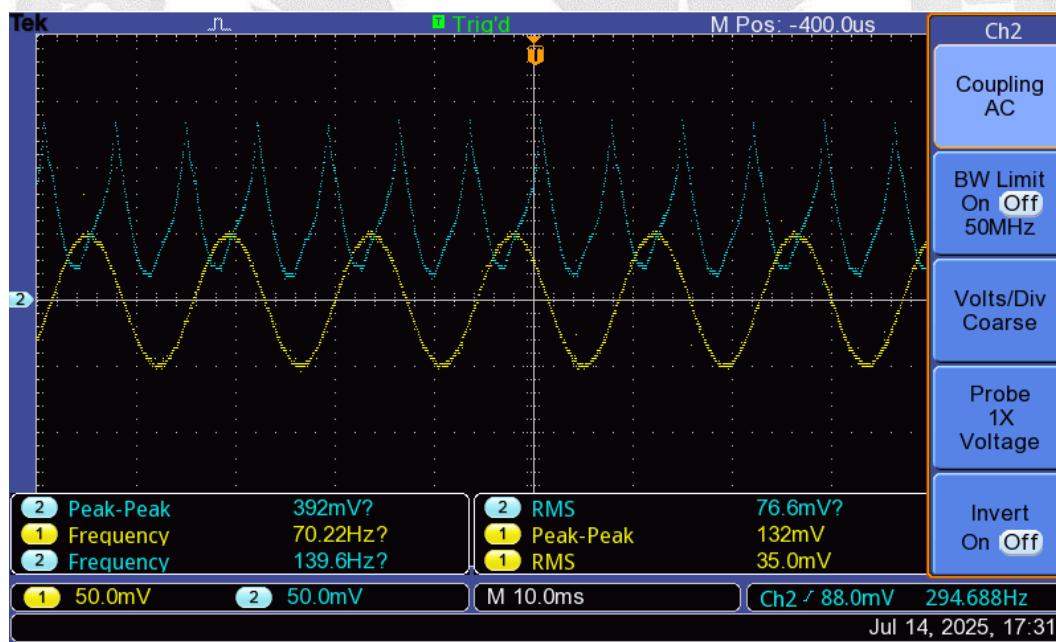
Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan modul *Muscle Sensor V3*, dengan pemberian *input unit step function* sebesar 75mV, hasil menunjukkan spike berbentuk delta dengan puncak sekitar 4 Volt seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.1 yang merupakan hasil penangkapan dari *oscilloscope*. Dengan hasil berikut dapat dilihat bahwa terdapat sebuah rangkaian *differentiator* yang menyebabkan sebuah *step function* menjadi sebuah sinyal *delta*.

Berikutnya adalah dengan memberikan *input* sinyal *sinusoidal* yang memiliki besaran 132 mV_{PP} atau 66 mV_P. *Output* dari sinyal dapat dilihat pada Gambar 5.2 yang menunjukkan bahwa sinyal memiliki nilai 392 mV_{PP} atau 196 mV_P. Dapat dilihat bahwa sinyal *output* tidak menyentuh nilai tegangan 0 ataupun nilai negatif (lebih rendah dari 0), hal ini terjadi karena adanya *rectification* melalui rangkaian *op-amp*

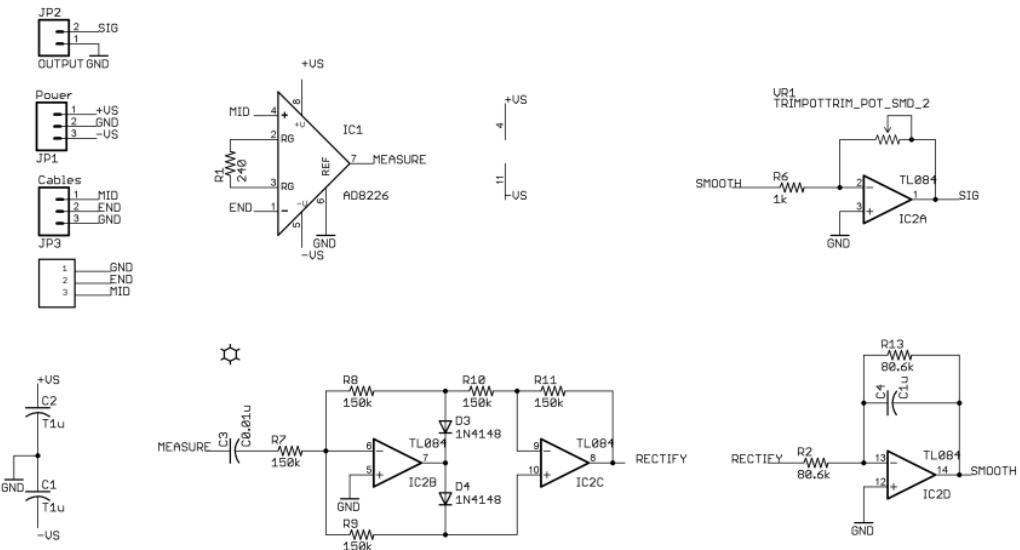
TL084 yang terdapat pada modul *Muscle sensor V3*. Rangkaian dari modul dapat dilihat pada Gambar 5.3 yang merupakan *schematic* dari modul *Muscle sensor V3*.



Gambar 5.1 Respon Muscle Sensor saat diberikan input unit step function



Gambar 5.2 Output modul Muscle Sensor saat diberikan input Sinusoidal



Gambar 5.3 Schematic Muscle Sensor v3 module, dengan langkah amplification, rectification, dan smoothing.

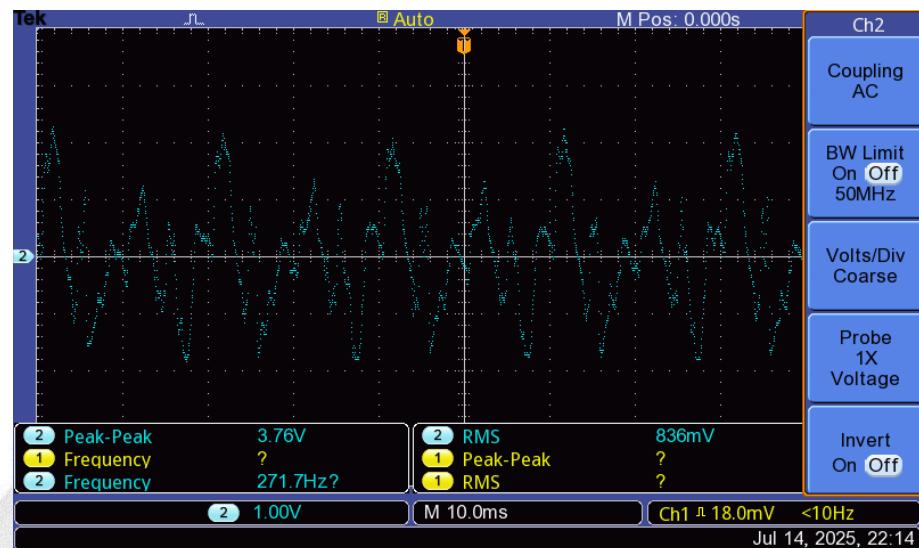
Sumber: Kaminski [9]



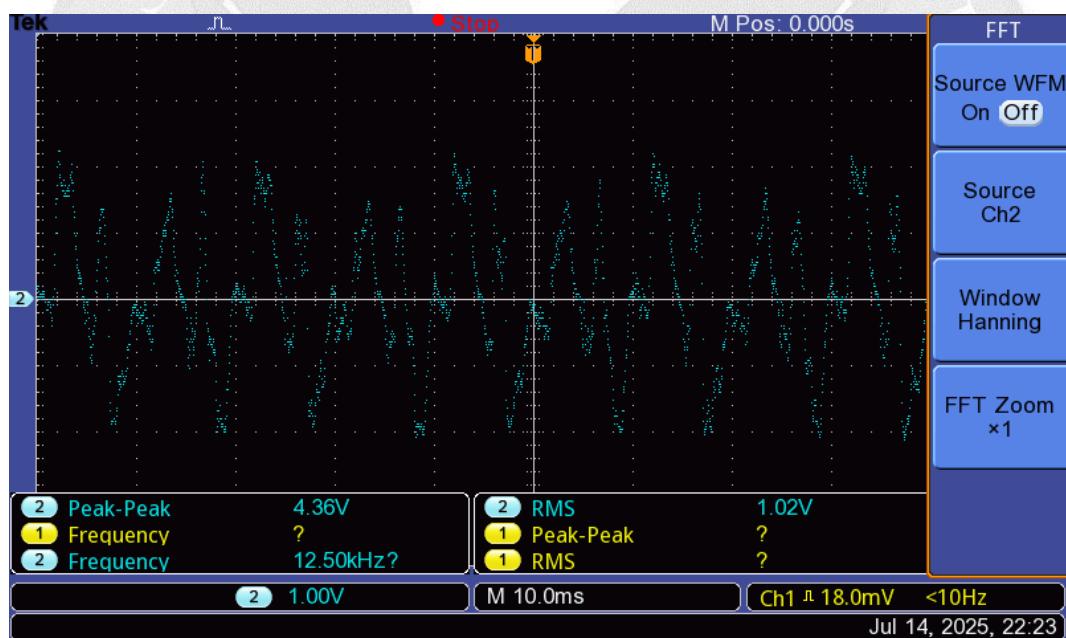
Gambar 5.4 Hand Grip

Langkah berikutnya adalah dengan menangkap sinyal pada otot bagian lengan bawah. Pengujian dilakukan dengan subjek peneliti melakukan pergerakan menggenggam sebuah *hand grip* seperti pada Gambar 5.4. Aktivitas penggenggaman *hand grip* ini dilakukan beberapa kali secara singkat dan dari hasil sinyal yang diperoleh dapat diamati berapa *maximum peak* dari sinyal tersebut. Pada Gambar 5.5 ditampilkan bahwa pada saat tangan sedang dalam kondisi rileks (belum menggenggam) nilai *maximum peak* berada pada nilai 836 mV_{RMS}, 1.02V_{RMS} dan juga pada nilai 1.17V_{RMS} seperti pada hasil Gambar 5.6 dan Gambar 5.7. Pada saat gerakan penggenggaman dilakukan maka

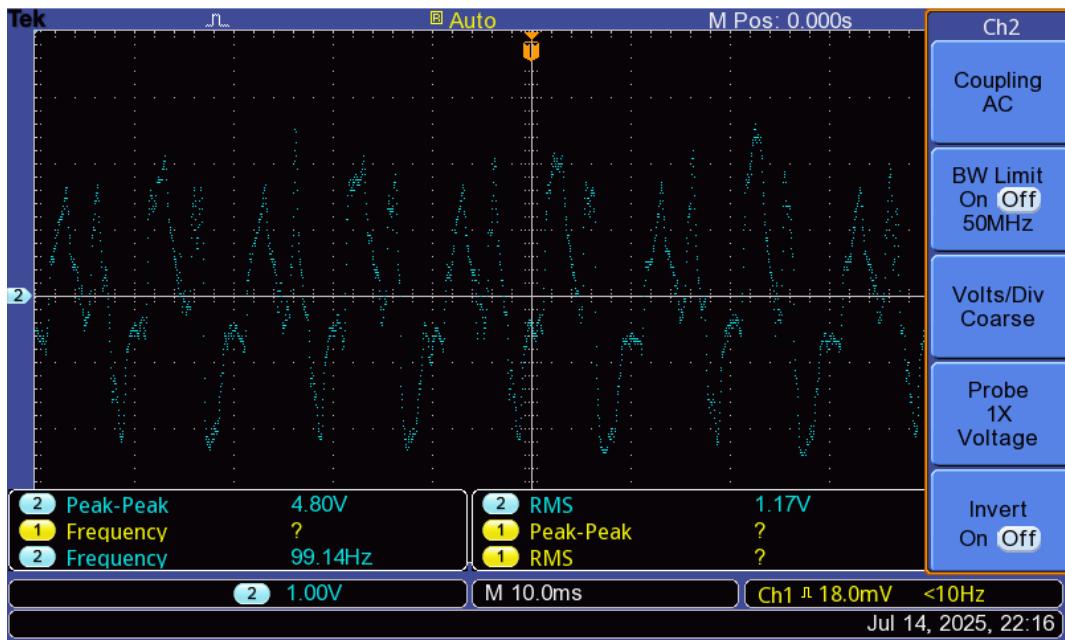
nilai dari *maximum peak* dapat meningkat pada nilai 7.64V_{PP}-8.48V_{PP} seperti pada Gambar 5.8, Gambar 5.9 dan juga Gambar 5.10.



Gambar 5.5 Sinyal dalam kondisi rileks



Gambar 5.6 Sinyal dalam kondisi rileks



Gambar 5.7 Sinyal dalam kondisi rileks

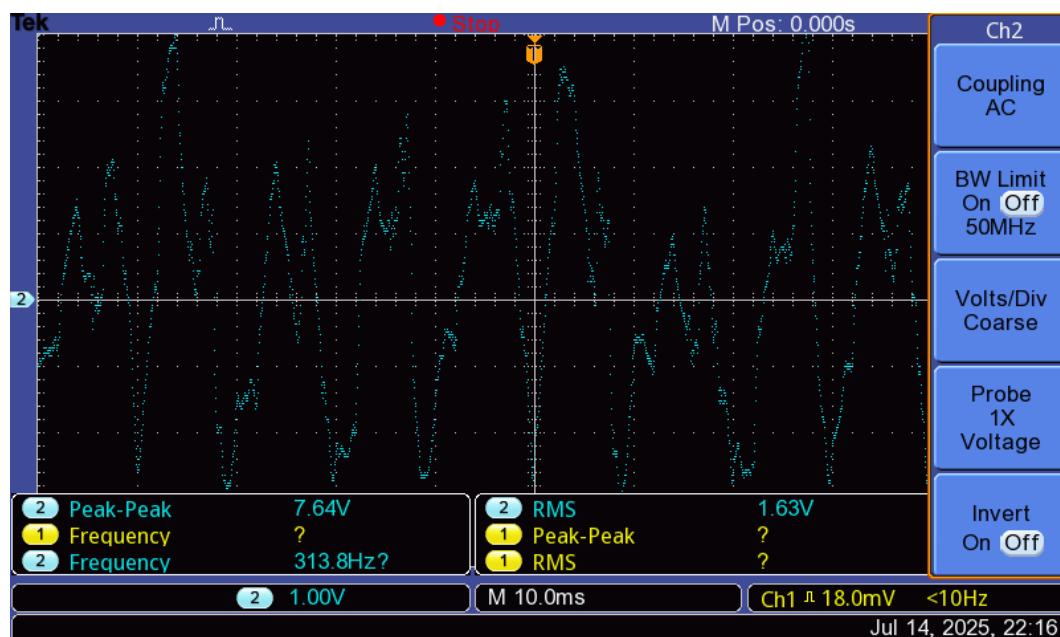
Nilai tegangan *peak-to-peak* yang diperoleh dapat dibagi dua untuk mendapatkan nilai tegangan *maximum peak*. Dengan nilai-nilai yang diperoleh dapat dicari nilai rata-rata dari *maximum peak* tersebut seperti berikut

$$M_p \text{ Avg} = \frac{3.82V_p + 4.08V_p + 2.4V_p}{3}$$

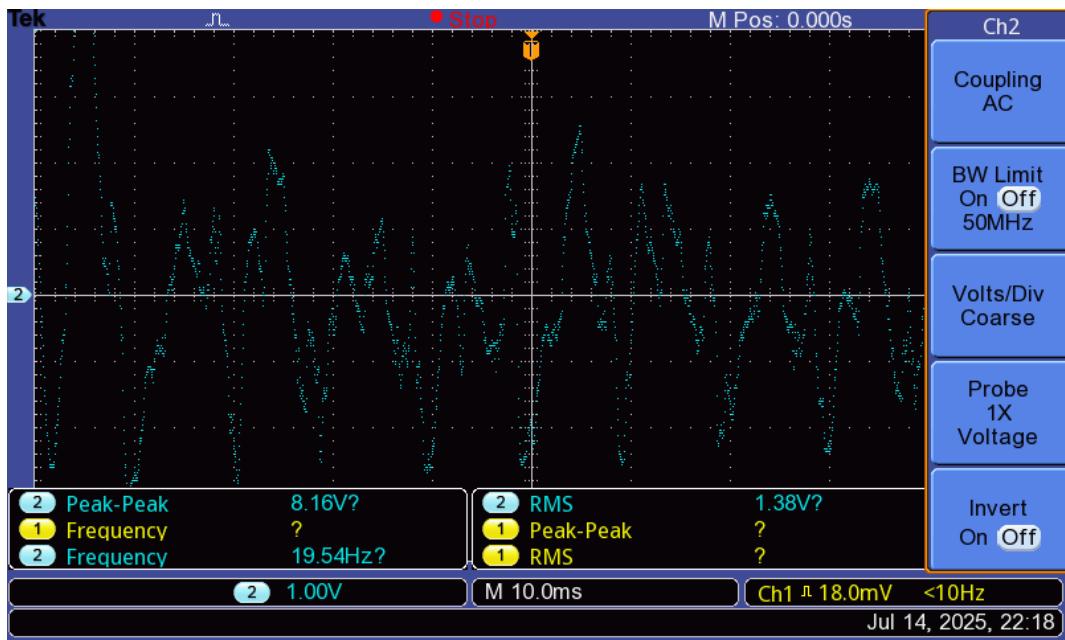
Nilai yang diperoleh untuk $M_p \text{ avg}$ adalah 3.4333V, dengan nilai tersebut maka dapat dicari nilai tegangan mendekati nilai tegangan yang dihasilkan oleh otot lengan bawah pada saat melakukan aktivitas menggenggam. Dengan melakukan *proportional scaling* maka dapat ditemukan nilai rata-rata tegangan.

$$V_{muscle} = \frac{66mV_p}{196mV_p} \cdot 3.4333V$$

Nilai yang diperoleh sebesar 1.156V, nilai ini dapat memberikan gambaran dari penguatan yang diberikan namun nilai ini bukan merupakan nilai murni EMG yang dihasilkan otot karena modul *Muscle Sensor V3* memiliki konfigurasi yang membuatnya melalui proses *rectification*, dan *smoothing*.



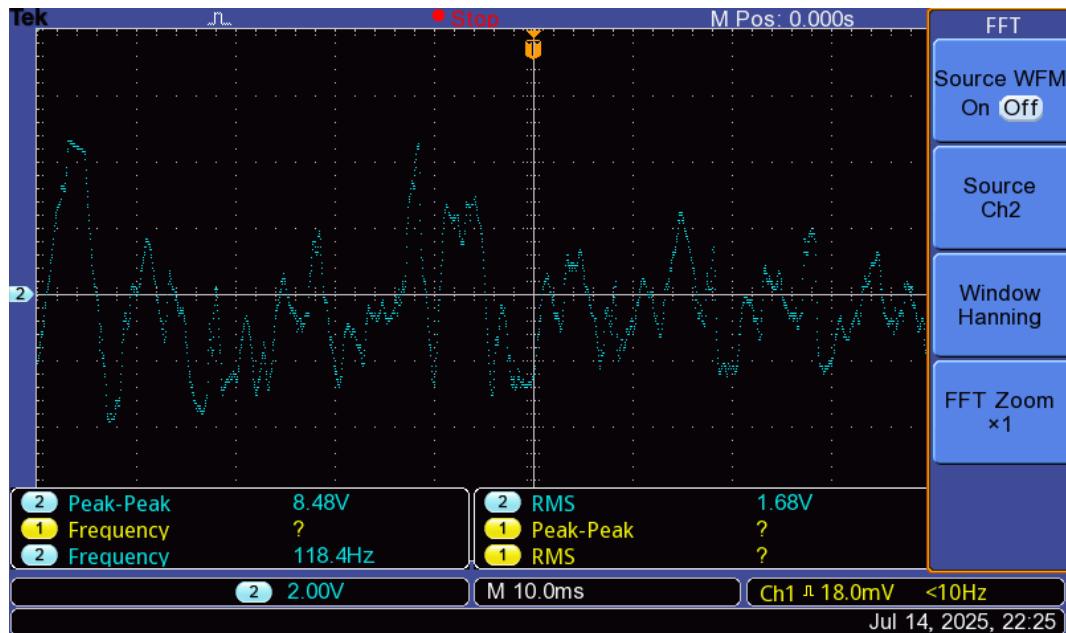
Gambar 5.8 Sinyal dalam kondisi menggenggam



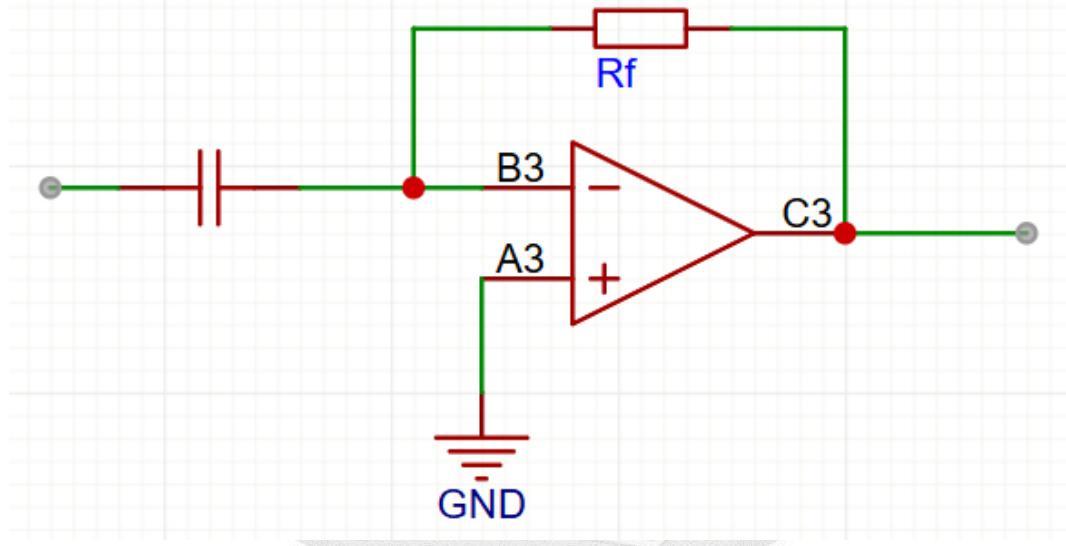
Gambar 5.9 Sinyal dalam kondisi menggenggam

Dengan hasil-hasil berikut yang diberikan oleh *Muscle Sensor V3*, dapat diketahui bahwa rangkaian yang terdapat pada *Muscle Sensor V3* merupakan semacam rangkaian *op-amp* sebagai penguatan diferensial dengan konfigurasi sebagai sebuah *differentiator*. Hal ini dapat disimpulkan dengan hasil sinyal yang menunjukkan sinyal *delta spike* pada saat diberikan sebuah *input unit step function*, yang di mana ini merupakan sifat dari sebuah *differentiator*, penguatan juga dapat dibilang menggunakan *op-amp* dalam konfigurasi penguatan diferensial karena dilakukan penguatan berdasarkan perbedaan dari dua titik elektroda pada otot. Rangkaian dari sebuah *op-amp* dalam konfigurasi sebagai sebuah *differentiator* dapat dilihat pada Gambar 5.11. Hasil yang diperoleh juga merujuk bahwa dari nilai 1.156V sampai dengan nilai 3.4333V terdapat penguatan sebesar 2.969 kali, namun penguatan

ini bukanlah pengukuran *linear* melainkan pengukuran *non-linear* karena adanya proses *rectification*, dan *smoothing*.



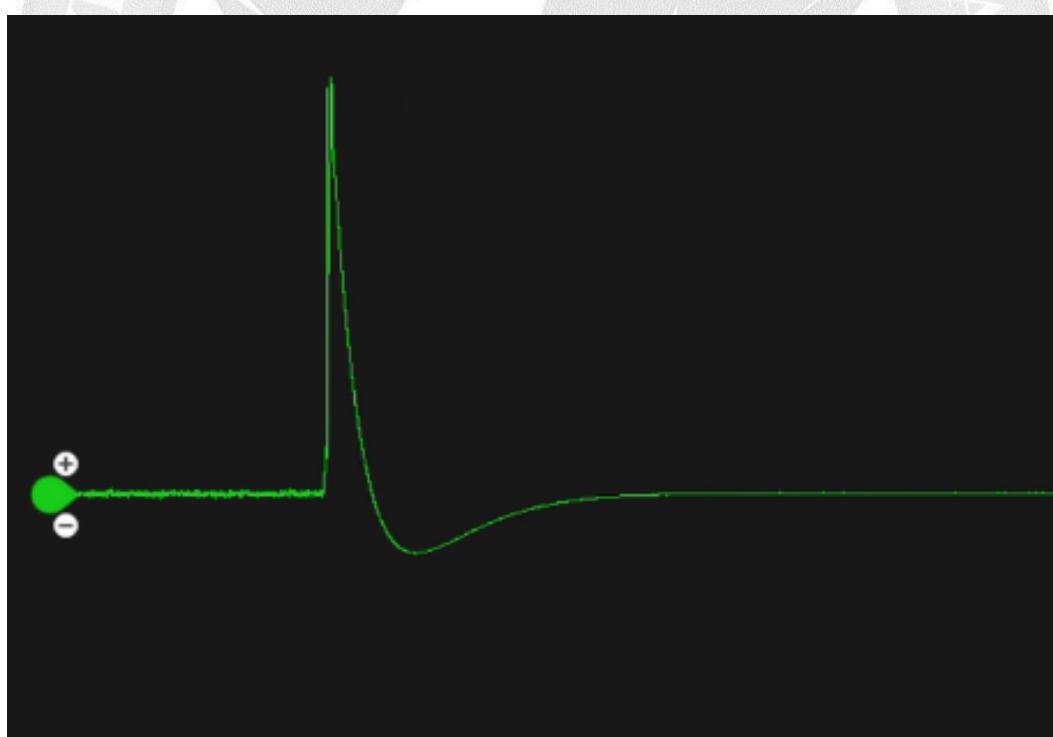
Gambar 5.10 Sinyal dalam kondisi menggenggam



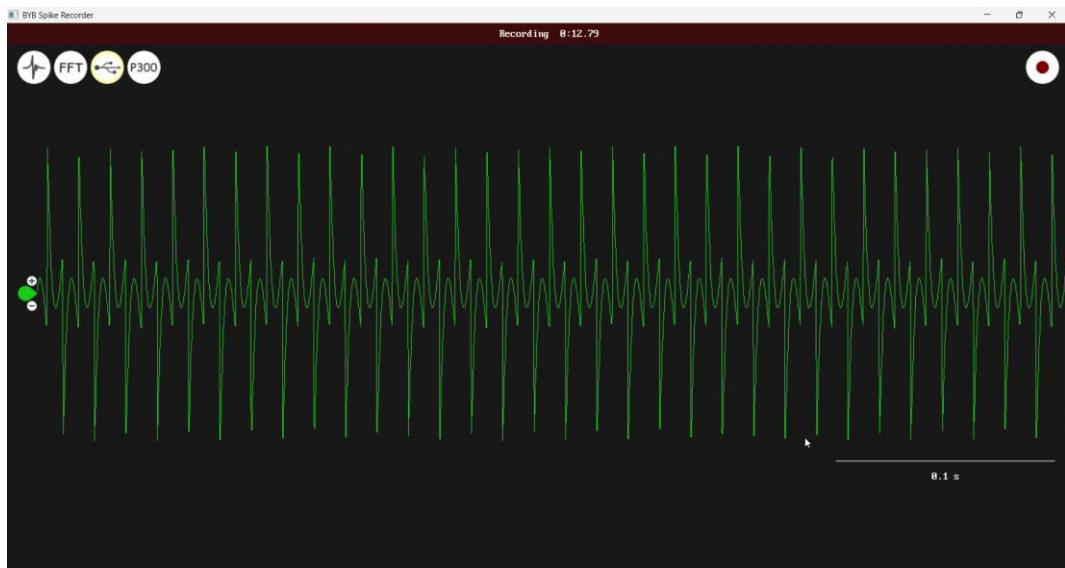
Gambar 5.11 Rangkaian Differentiator Sederhana

5.2 Hasil Human SpikerBox

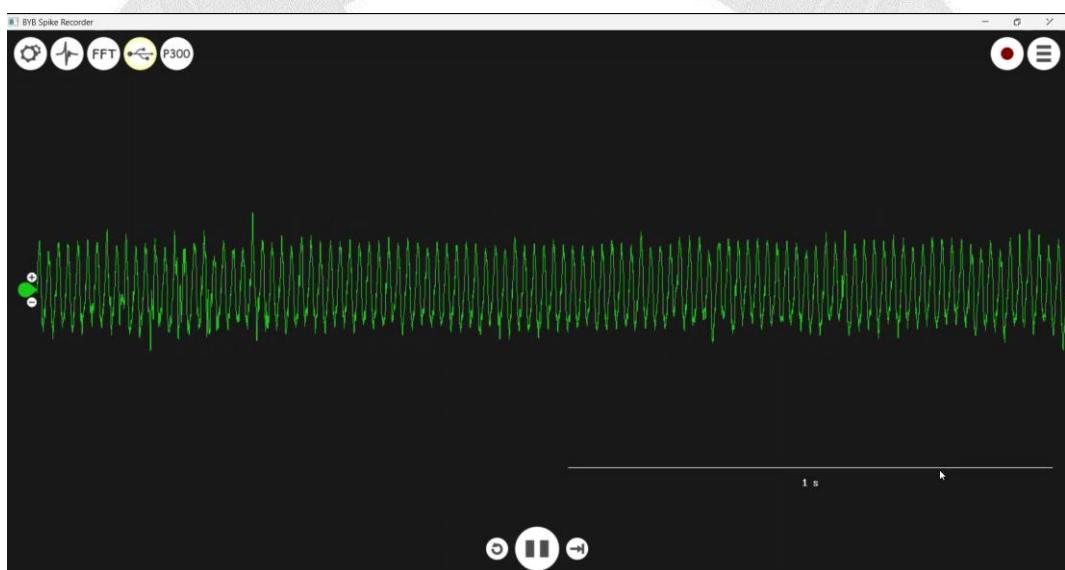
Pengujian berikutnya adalah dengan menggunakan modul *Human SpikerBox* dengan pemberian *input unit step function* sebesar 80mV, hasil yang diperoleh merupakan sebuah *delta spike* yang dapat diamati pada *software Spike Recorder* seperti pada Gambar 5.12. Setelah langkah tersebut, diberikan *input* sinyal *sinusoidal* yang memiliki besaran 132 mV_{PP} atau 66 mV_P. *Output* dari sinyal dapat dilihat pada Gambar 5.13. Langkah berikutnya adalah untuk menangkap sinyal dari otot lengan bawah, hal ini juga diperoleh dengan *software SpikerBox* untuk menampilkan *peak* pada saat kondisi tangan rileks dan juga menggenggam. Hasil dari sinyal otot dapat dilihat pada Gambar 5.14 yang menunjukkan pada saat kondisi rileks dan juga Gambar 5.15 yang menunjukkan pada saat kondisi menggenggam.



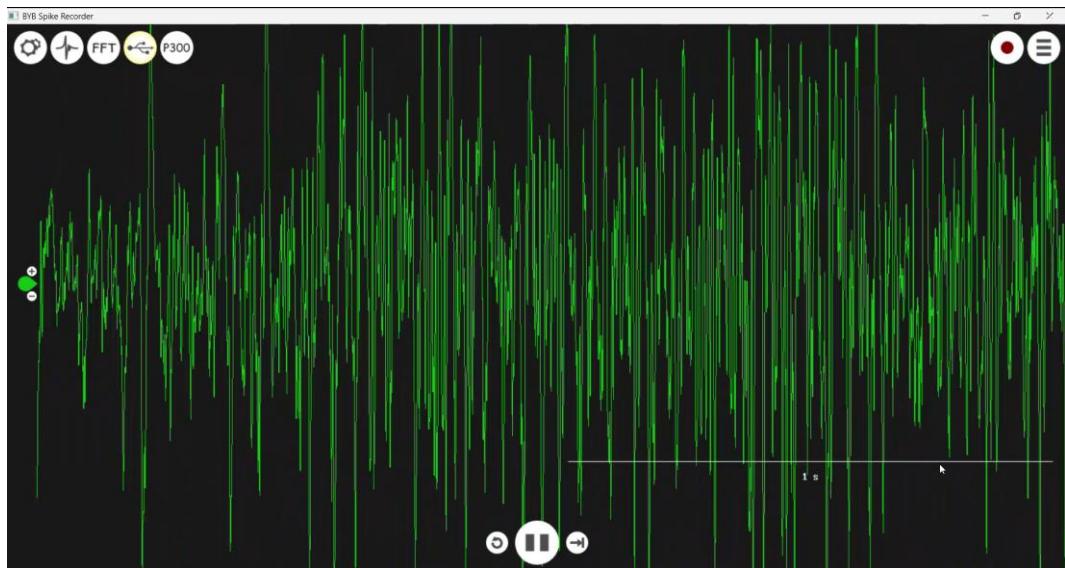
Gambar 5.12 Visualisasi sinyal menggunakan spike recorder



Gambar 5.13 Sinyal dengan input sinusoidal



Gambar 5.14 Sinyal saat kondisi rileks pada spike recorder

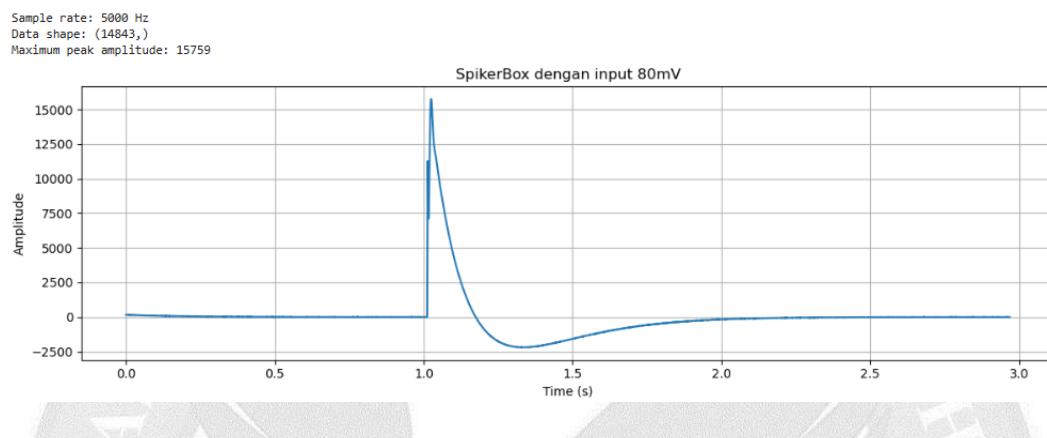


Gambar 5.15 Sinyal saat kondisi menggenggam pada spike recorder

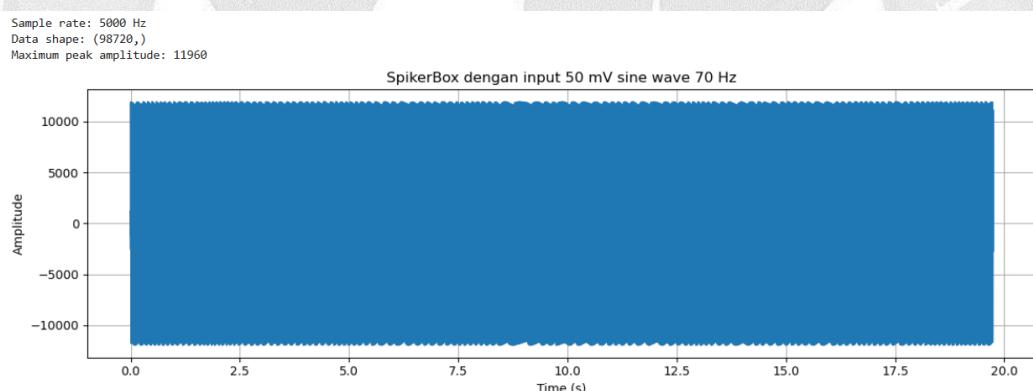
Software Spike Recorder ini dapat memberikan visualisasi dari sinyal yang diperoleh dari modul *Human SpikerBox* namun tidak tersedia fitur untuk menampilkan nilai amplitudo secara langsung melalui tampilan *scope* pada *Spike Recorder*, aplikasi ini memiliki fungsi yang dapat merekam sinyal tersebut dan menyimpannya sebagai *audio file*. Fitur ini digunakan dengan menggunakan *software audacity* sehingga *audio file* dapat diexport dalam format *PCM 16-bit .Wav file*. Dengan demikian *file .Wav* dapat divisualisasikan menggunakan *Python* sehingga mendapatkan nilai amplitudonya.

Gambar 5.16 menunjukkan hasil jika *SpikerBox* diberikan *input step function* pada program *python*. Gambar 5.17 memperlihatkan bahwa nilai dari *maximum peak* yang diperoleh saat diberikan *input sinuoidal* 66 mV_P adalah sebesar nilai 11960, dengan 11960 menunjukkan nilai amplitudo digital mentah dari *file .wav*. Hasil yang lebih jelas dapat

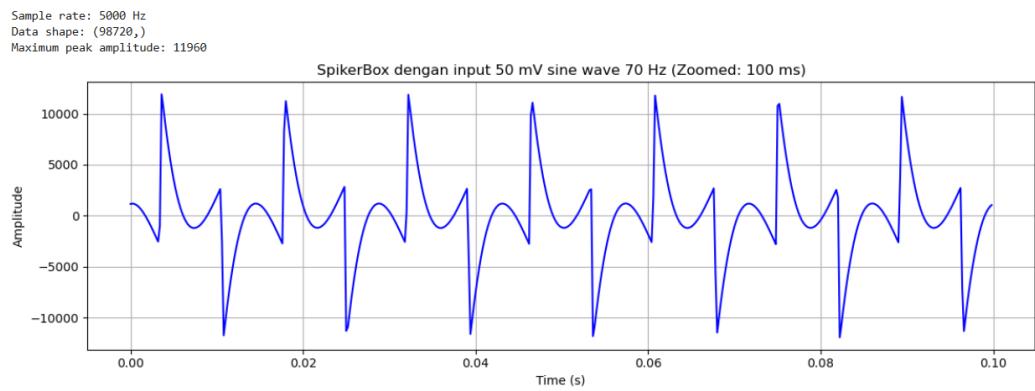
dilihat pada Gambar 5.18, dengan *time span* yang lebih lebar. Dengan metode ini nilai *maximum peak* yang diperoleh saat diberikan *input* dari otot lengan bawah juga dapat diketahui seperti yang tertera pada Gambar 5.19 yang menunjukkan bahwa nilai *maximum peak* yang diperoleh adalah sebesar 5260.



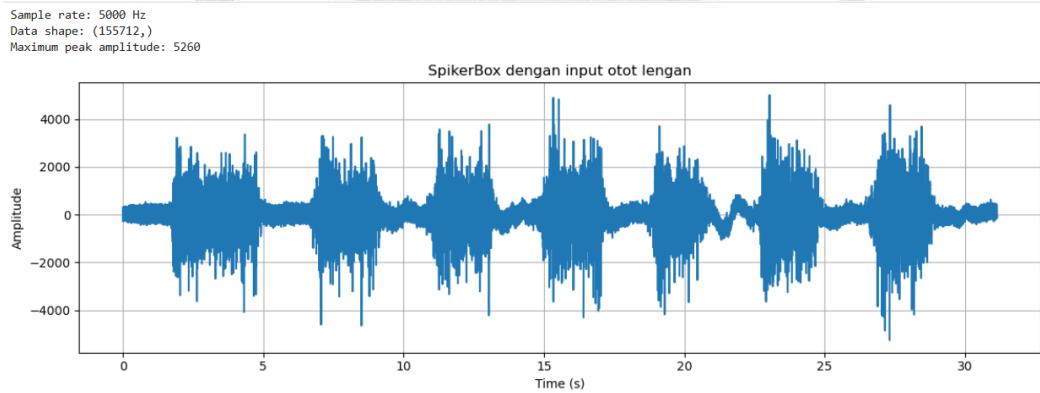
Gambar 5.16 Sinyal Spikerbox setelah diberikan step function dalam python



Gambar 5.17 Sinyal Spikerbox setelah diberikan sinusoidal dalam python



Gambar 5.18 Sinyal Spikerbox setelah diberikan sinusoidal dalam python



Gambar 5.19 Sinyal Spikerbox menerima input dari otot dalam python

Nilai-nilai yang diperoleh dapat dihitung untuk mendapatkan nilai tegangan dari sinyal otot pada saat menggenggam. *Proportional scaling* dapat dilakukan untuk mengetahui ini dengan menghitung sebagai berikut

$$V_{muscle} = \frac{5260}{11960} \cdot 66mV_p$$

Sehingga memperoleh nilai tegangan sebesar $0.029V \approx 29mV_p$. Hal yang dapat diperoleh dalam pengujian menggunakan modul *Human SpikerBox* adalah bahwa rangkaian penguat yang terdapat pada *Human*

SpikerBox ini merupakan sebuah *op-amp* sebagai penguat diferensial dalam konfigurasi *differentiator*.

5.3 Pengamatan

Pengujian terhadap kedua modul, yaitu *Muscle Sensor V3* dan *SpikerBox*, menunjukkan bahwa penguatan sinyal yang dihasilkan mampu menampilkan perubahan aktivitas otot secara jelas, serta memberikan penguatan yang signifikan. Nilai penguatan yang diberikan oleh kedua modul memberikan indikasi bahwa sinyal *output* yang dihasilkan berpotensi untuk langsung digunakan dalam proses penggerakan suatu *actuator* tanpa memerlukan penguatan tambahan. *Muscle Sensor V3* menghasilkan *output* dengan nilai sekitar 8V_{PP}, sedangkan *SpikerBox* menunjukkan *output* sebesar 5260. Berdasarkan hasil ini, kedua modul dinilai cukup ideal untuk digunakan sebagai antarmuka sinyal terhadap *actuator* dalam sistem kendali berbasis sinyal EMG.

Kedua rangkaian tersebut juga menggunakan *op-amp* sebagai penguat diferensial dan menggunakan konfigurasi *differentiator*. Perbedaan yang terdapat pada kedua rangkaian ini adalah bahwa rangkaian yang dimiliki oleh *Muscle Sensor V3* memiliki struktur yang lebih sederhana dan langsung (*direct*), dalam konteks kalau rangkaian tersebut hanya memiliki pin untuk catu daya, pin untuk sinyal *output* dan juga *input audio jack* untuk *input*, sehingga sinyal tidak melalui tahap *filtering* yang begitu kompleks dan banyak. Berbeda dengan

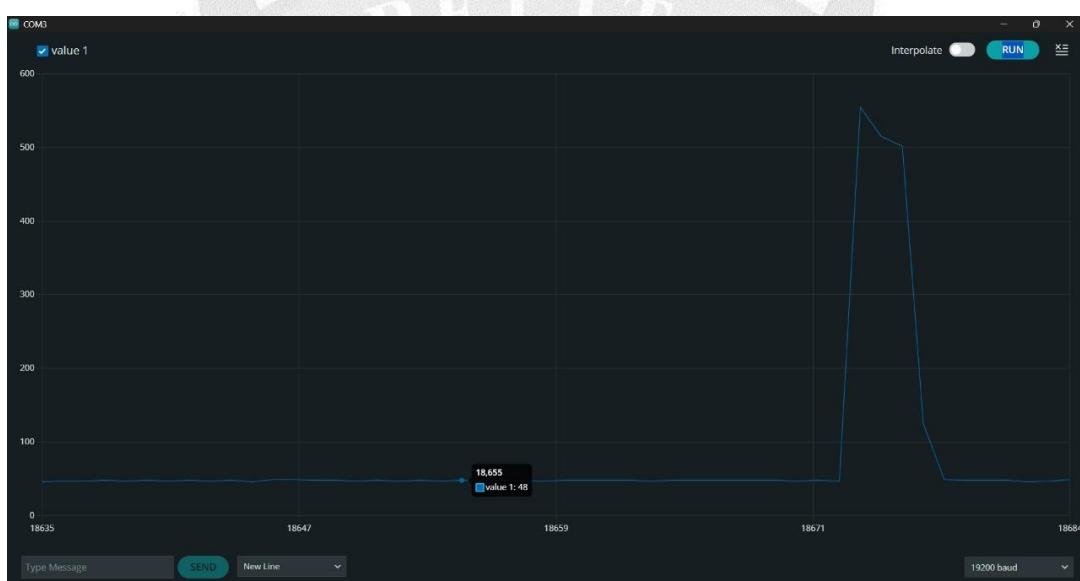
modul *Human SpikerBox* yang menggunakan *software* untuk menampilkan sinyal pada *software Spike Recorder* sehingga sinyal yang diberikan kepada *input* akan melalui penguatan melalui *op-amp* namun juga terdapat modulasi sehingga sinyal dapat diubah dalam format digital untuk diproses lebih lanjut oleh *software*.

5.4 Percobaan Implementasi dengan Arduino

Modul *Muscle Sensor V3* juga telah digunakan dalam salah satu rangkaian percobaan untuk mengamati respons sinyal otot terhadap rangsangan *input* yang diberikan. Dalam percobaan ini, sinyal *output* dari modul dihubungkan langsung ke salah satu pin analog pada mikrokontroler *Arduino*. Pengolahan dan visualisasi data dilakukan menggunakan *software Arduino IDE*, khususnya dengan memanfaatkan fitur *Serial Plotter* yang tersedia secara bawaan dalam aplikasi tersebut. Tujuannya adalah untuk melihat bentuk sinyal secara *real-time* dan mengevaluasi performa akuisisi data dari modul. Percobaan dilakukan untuk akuisisi sinyal menggunakan fitur *Serial Plotter*. Konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 5.20.

Namun, hasil yang diperoleh dari metode ini menunjukkan bahwa sinyal yang terekam masih mengandung banyak gangguan (interferensi) dan *noise*, yang mengakibatkan bentuk sinyal tidak terlihat secara jelas atau konsisten. Hal ini menyulitkan dalam membedakan antara sinyal yang berasal dari aktivitas otot sebenarnya dan gangguan eksternal yang masuk ke dalam sistem akuisisi data. Untuk menguji respon sistem

terhadap masukan yang terkontrol, percobaan dilakukan dengan memberikan sinyal *unit step function* sebagai *input* ke modul *Muscle Sensor V3*. Secara teoritis, respons dari sistem terhadap *input* semacam ini seharusnya menghasilkan sinyal berbentuk lonjakan tajam atau *delta spike*, yang mencerminkan deteksi cepat terhadap perubahan mendadak pada *input*. Akan tetapi, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa spike tidak tampak jelas akibat tertutup oleh *noise*.



Gambar 5.20 Hasil Serial Plotter

Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa metode pemantauan menggunakan *Arduino IDE* dan *Serial Plotter* dalam konfigurasi percobaan ini belum memberikan hasil yang optimal. Sistem masih membutuhkan perbaikan dari sisi pengolahan sinyal maupun proteksi terhadap *noise*, baik dengan menggunakan teknik filtrasi (filtering), penguatan sinyal yang lebih selektif (*selective amplification*), maupun pengkondisian sinyal (*signal conditioning*) yang lebih matang. Dengan

demikian, metode ini untuk sementara belum dapat diandalkan sebagai pendekatan utama dalam pengamatan sinyal otot maupun dalam implementasi lebih lanjut untuk aplikasi berbasis EMG.

Berdasarkan seluruh hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa kedua modul memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Muscle Sensor V3* lebih fleksibel untuk akuisisi analog dan integrasi mikrokontroler, sementara *Human SpikerBox* unggul dalam visualisasi awal meski memiliki keterbatasan dalam pembacaan nilai numerik. Pemilihan sensor tergantung pada tujuan aplikasi dan metode akuisisi yang digunakan.

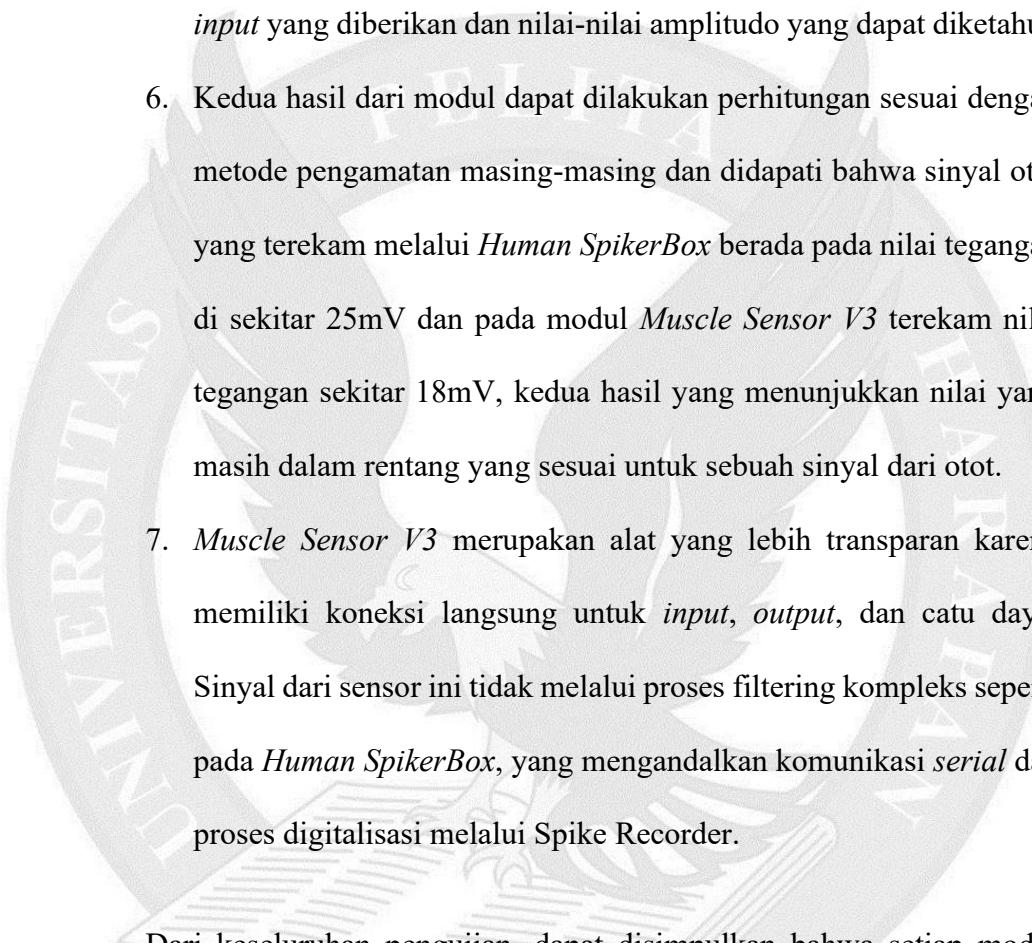
BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sinyal listrik otot manusia sebagai respons terhadap stimulasi fisik dengan menggunakan dua jenis sensor EMG, yaitu *Human SpikerBox* dan *Muscle Sensor V3*. Berdasarkan rangkaian pengujian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat *Human SpikerBox* dan *Muscle Sensor V3* memiliki sebuah rangkaian *op-amp* sebagai penguat diferensial dengan konfigurasi *differentiator* yang dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal dari otot menggunakan *input* dari elektroda (*surface mount*) yang *non-invasive*.
2. *Human SpikerBox* bekerja dengan *software Spike Recorder* untuk menampilkan visualisasi dari sinyal dengan memanfaatkan *serial communication* dengan menggunakan kabel *type-C*. Sinyal yang ditangkap oleh SpikerBox dapat direkam pada *software Spike Recorder* dalam bentuk *audio file*.
3. Hasil sinyal yang ditangkap dalam bentuk *audio file* dapat diproses dengan *software audacity*, sehingga dapat diexport dalam format *PCM 16-bit .WAV*, yang kemudian dapat digunakan untuk plotting dan analisis menggunakan *Python*.

- 
4. *Muscle Sensor V3* memiliki *output* untuk sinyal sehingga dapat dilakukan pengamatan menggunakan *oscilloscope*, dan *output* yang berupa pin sehingga dapat dilakukan proses akuisisi data dengan menggunakan mikrokontroler.
 5. Hasil sinyal yang diperoleh dapat diamati menggunakan *oscilloscope* sehingga dapat terlihat respons dari *output* dengan *input* yang diberikan dan nilai-nilai amplitudo yang dapat diketahui.
 6. Kedua hasil dari modul dapat dilakukan perhitungan sesuai dengan metode pengamatan masing-masing dan didapati bahwa sinyal otot yang terekam melalui *Human SpikerBox* berada pada nilai tegangan di sekitar 25mV dan pada modul *Muscle Sensor V3* terekam nilai tegangan sekitar 18mV, kedua hasil yang menunjukkan nilai yang masih dalam rentang yang sesuai untuk sebuah sinyal dari otot.
 7. *Muscle Sensor V3* merupakan alat yang lebih transparan karena memiliki koneksi langsung untuk *input*, *output*, dan catu daya. Sinyal dari sensor ini tidak melalui proses filtering kompleks seperti pada *Human SpikerBox*, yang mengandalkan komunikasi *serial* dan proses digitalisasi melalui Spike Recorder.

Dari keseluruhan pengujian, dapat disimpulkan bahwa setiap modul memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, tergantung kebutuhan dan konteks penggunaan. Penelitian ini memberikan fondasi awal yang penting untuk pengembangan sistem kontrol berbasis sinyal EMG.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemui, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Proses filtering terhadap *noise* dan gangguan dapat ditingkatkan misalnya dengan penggunaan *band-pass filter* aktif atau teknik digital filtering berbasis FFT.
2. Koding *Python* dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga mempermudah penelitian.
3. Integrasi sistem dengan mikrokontroler dan perangkat lunak analisis waktu nyata (*real-time*) seperti *Python* dengan GUI (misalnya *PyQt* atau *Tkinter*) akan memberikan keunggulan dalam aplikasi kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. J. De Luca, “Electromyography,” in Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, 2006.
- [2] D. Mackey, Measurement & Inquiry in Kinesiology: Chapter 3–4. Simon Fraser University, 2013.
- [3] J. P. M. Mogk and P. J. Keir, “The effects of posture on forearm muscle loading during gripping,” *Ergonomics*, vol. 46, no. 9, pp. 956–975, 2003, doi: 10.1080/0014013031000107583.
- [4] T. C. Marzullo and G. J. Gage, “The SpikerBox: A low cost, open-source bioamplifier for increasing public participation in neuroscience inquiry,” *PLOS ONE*, vol. 7, no. 3, p. e30837, 2012.
- [5] Backyard Brains, “Muscle SpikerBox Classic.” Accessed: Jul. 14, 2025. [Online]. Available: <https://backyardbrains.com/products/muscle-spikerbox>
- [6] University of Bristol, “Caress: Technology – Muscle Sensor.” Accessed: Jul. 14, 2025. [Online]. Available: https://www.bristol.ac.uk/caress/technology_emg.html
- [7] F. N. Guerrero, E. M. Spinelli, and M. A. Haberman, “Analysis and simple circuit design of double differential EMG active electrode,” *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 2015, doi: 10.1109/TBCAS.2015.2492944.
- [8] D. Mararian, “Protecting bioelectric signals from electromagnetic interference in a wireless world,” in Biosignal Processing, IntechOpen, 2022, doi: 10.5772/intechopen.105951.

[9] B. E. Kaminski, *Muscle Sensor v3 Schematic*, Advancer Technologies,

Jun. 2012. [Online]. Available:

https://www.pololu.com/file/0J746/Muscle_Sensor_v3_schematic.pdf



LAMPIRAN A





UNIVERSITAS PELITA HARAPAN
FAKULTAS SAINS dan TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FORM SIMILARITY CHECK CLEARANCE
UNTUK TUGAS AKHIR

No. Dok. :

Revisi :

Tanggal : 25 Juni 2025

Halaman : 1 dari 1

No.06/TA2-TE/VI/2019/REV-00

Nama mahasiswa : Legolas Yapply
NIM : 01032220002
Judul Skripsi : SISTEM DETEKSI DAN ANALISIS SINYAL LISTRIK OTOT MANUSIA

Tahapan Skripsi : TA1 TA2 (centang salah satu)
Dosen pembimbing I : Bapak Dr.-Ing. Ihan Martoyo, MTS
Dosen pembimbing II : Ibu Junita, M. Eng.

Hasil Pengecekan Similaritas

Nama Bab (misal Bab 1, Bab 2, dst.)	Derajat similaritas hasil check dengan Turnitin (%)
BAB I PENDAHULUAN	17%
BAB II LANDASAN TEORI	1%
BAB III METODE PENELITIAN	2%
BAB IV PERANCANGAN	3%
BAB V HASIL DAN ANALISIS	1%
BAB VI PENUTUP	8%
Keseluruhan	4%

Catatan:

- Halaman-halaman pengesahan, Daftar Pustaka, Lampiran tidak perlu di-check.
- Print-out resume hasil check Turnitin harap dilampirkan.

Derajat similaritas tertinggi dari tulisan ini: 17 %

Yang bertanda-tangan di bawah ini menyatakan, bahwa terhadap tugas akhir di atas sudah dilakukan pengecekan similaritas dengan menggunakan perangkat lunak Turnitin dengan hasil seperti tertera di atas.

Tangerang, Rabu, 25 Juni 2025

Dosen Pembimbing Utama,

(Dr.-Ing. Ihan Martoyo, MTS)

Dosen Ko-pembimbing,

(Junita, M. Eng.)

FORM UJI SIMILARITAS

LEGOLAS YAPPLY

BAB 1

- Check Bab 1 di sini Part 1 (Moodle TT)
- Tugas Akhir (Moodle TT)
- Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID
trn:oid:::1:3284100588

Submission Date
Jun 24, 2025, 11:58 PM GMT+7

Download Date
Jun 25, 2025, 12:07 AM GMT+7

File Name
80854_LEGOLAS_YAPPLY_BAB_1_2433775_1370396843.pdf

File Size
280.2 KB

4 Pages

602 Words

3,881 Characters



Page 1 of 7 - Cover Page

Submission ID trn:oid:::1:3284100588



Page 2 of 7 - Integrity Overview

Submission ID trn:oid:::1:3284100588

17% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

- | | | |
|-----|--|----------------------------------|
| 17% | | Internet sources |
| 0% | | Publications |
| 7% | | Submitted works (Student Papers) |



Top Sources

17% Internet sources
0% Publications
7% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

Rank	Type	Source	Percentage
1	Internet	repository.uph.edu	7%
2	Internet	es.scribd.com	6%
3	Internet	pt.scribd.com	2%
4	Internet	docplayer.info	2%

LEGOLAS YAPPLY

BAB 2

- Check Bab 2 di sini Part 1 (Moodle TT)
- Tugas Akhir (Moodle TT)
- Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID	trn:oid::1:3284089308	9 Pages
Submission Date	Jun 24, 2025, 11:58 PM GMT+7	1,315 Words
Download Date	Jun 25, 2025, 12:16 AM GMT+7	8,198 Characters
File Name	80854_LEGOLAS_YAPPLY_BAB_2_2433776_972052243.pdf	
File Size	797.4 KB	



1% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

0%	Internet sources
1%	Publications
0%	Submitted works (Student Papers)

Top Sources

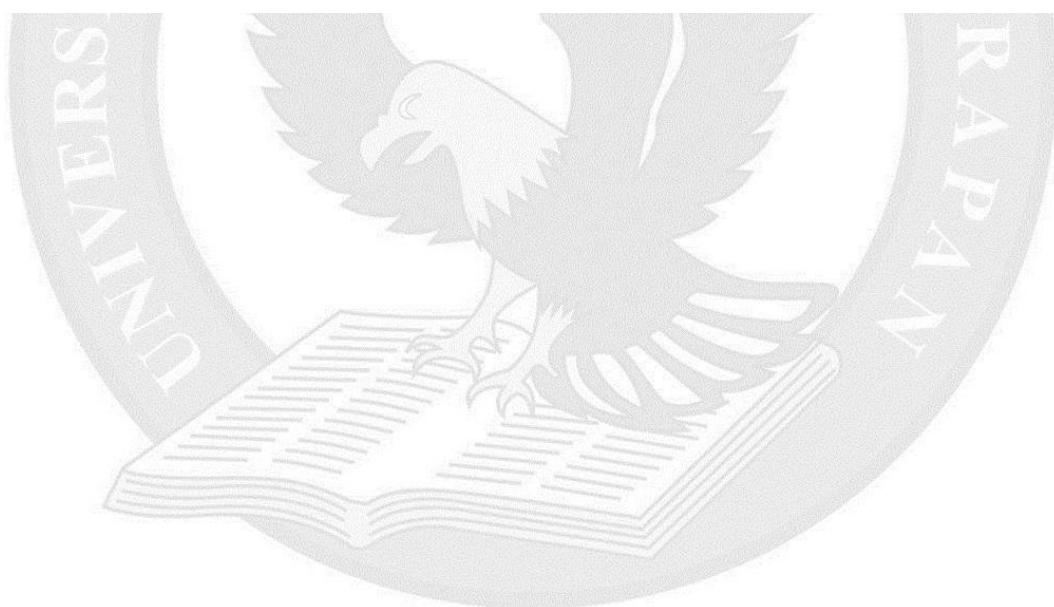
0%	Internet sources
1%	Publications
0%	Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1 Publication

N Shewchenko. "Heading in football. Part 1: Development of biomechanical meth... <1%



LEGOLAS YAPPLY

BAB 3

- Check Bab 3 di sini Part 1 (Moodle TT)
- Tugas Akhir (Moodle TT)
- Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID	4 Pages
trn:oid:::1:3284101698	602 Words
Submission Date	3,977 Characters
Jun 24, 2025, 11:59 PM GMT+7	
Download Date	
Jun 25, 2025, 12:16 AM GMT+7	
File Name	
80854_LEGOLAS_YAPPLY_BAB_3_2433861_648538138.pdf	
File Size	
260.5 KB	

turnitin Page 1 of 7 - Cover Page Submission ID trn:oid:::1:3284101698

turnitin Page 2 of 7 - Integrity Overview Submission ID trn:oid:::1:3284101698

2% Overall Similarity

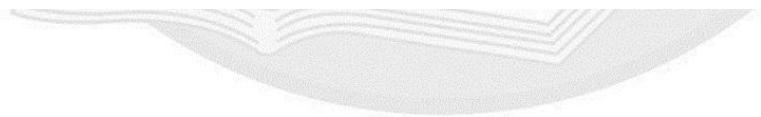
The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- | | |
|----|----------------------------------|
| 0% | Internet sources |
| 2% | Publications |
| 2% | Submitted works (Student Papers) |



Top Sources

- 0%  Internet sources
2%  Publications
2%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	 Student papers
	Universitas Islam Indonesia 2%

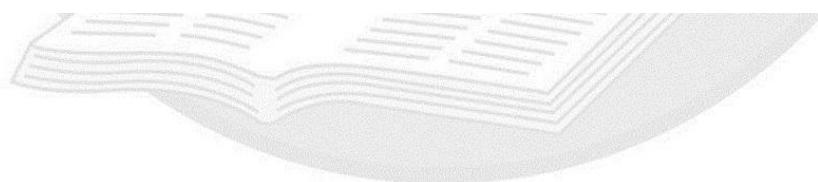
LEGOLAS YAPPLY

BAB 4

-  Check Bab 4 di sini Part 1 (Moodle TT)
 Tugas Akhir (Moodle TT)
 Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID	trn:oid::1:3284102601	11 Pages
Submission Date	Jun 25, 2025, 12:00 AM GMT+7	1,060 Words
Download Date	Jun 25, 2025, 12:17 AM GMT+7	6,462 Characters
File Name	80854_LEGOLAS_YAPPLY_BAB_4_2433862_1580845664.pdf	
File Size	808.0 KB	



3% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

3%	🌐 Internet sources
1%	📘 Publications
0%	👤 Submitted works (Student Papers)

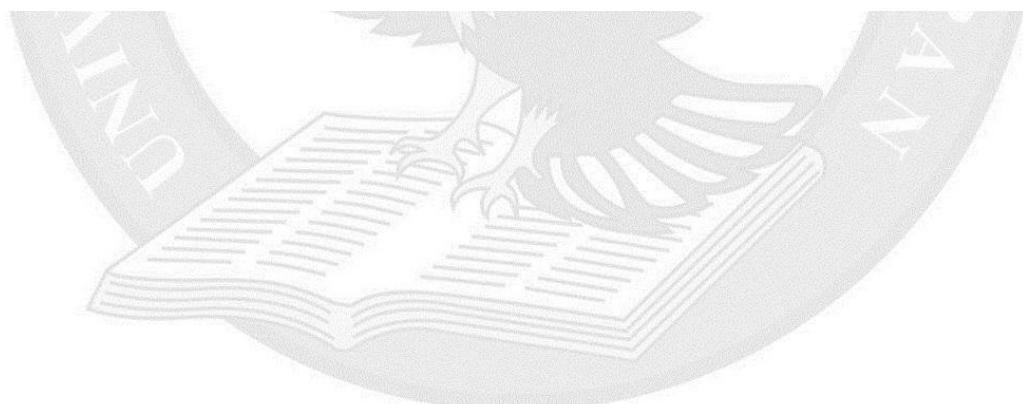
Top Sources

3%	🌐 Internet sources
1%	📘 Publications
0%	👤 Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

Rank	Source	Similarity (%)
1	repository.its.ac.id	1%
2	www.coursehero.com	1%
3	text-id.123dok.com	<1%



LEGOLAS YAPPLY

BAB 5

- Check Bab 5 di sini Part 1 (Moodle TT)
- Tugas Akhir (Moodle TT)
- Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID	trn:oid::1:3284101798	14 Pages
Submission Date	Jun 25, 2025, 12:00 AM GMT+7	1,435 Words
Download Date	Jun 25, 2025, 12:17 AM GMT+7	8,804 Characters
File Name	80854_LEGOLAS_YAPPLY_BAB_5_2433863_338348290.pdf	
File Size	733.5 KB	



Page 1 of 17 - Cover Page

Submission ID trn:oid::1:3284101798



Page 2 of 17 - Integrity Overview

Submission ID trn:oid::1:3284101798

1% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

1%	Internet sources
0%	Publications
0%	Submitted works (Student Papers)

Top Sources

- 1% Internet sources
0% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet
inlis.atrbpn.go.id	<1%

LEGOLAS YAPPLY

BAB 6

- Check Bab 6 di sini Part 1 (Moodle TT)
 Tugas Akhir (Moodle TT)
 Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID
trn:oid::1:3284095892

Submission Date
Jun 25, 2025, 12:01 AM GMT+7

Download Date
Jun 25, 2025, 12:18 AM GMT+7

File Name
80854_LEGOLAS_YAPPLY_BAB_6_2433864_1089421433.pdf

File Size
276.0 KB

3 Pages

415 Words

2,678 Characters



8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- › Bibliography
- › Quoted Text

Top Sources

8%	Internet sources
3%	Publications
0%	Submitted works (Student Papers)

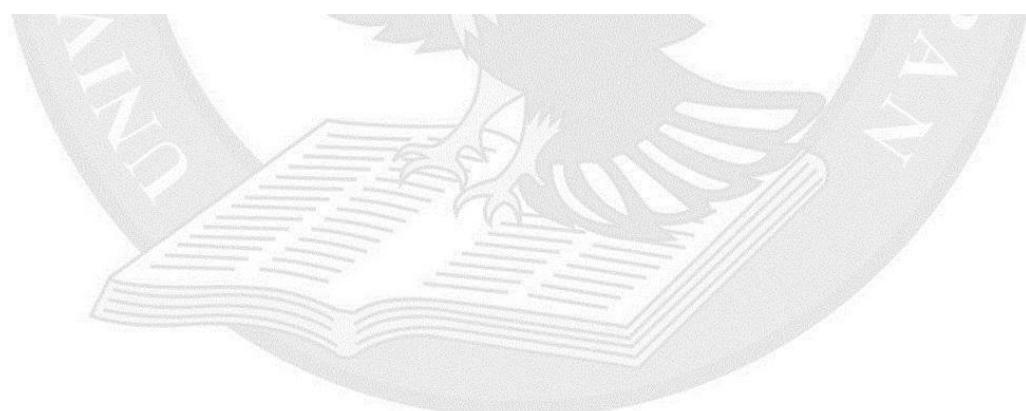
Top Sources

8%	Internet sources
3%	Publications
0%	Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
	docplayer.info	3%
2	Internet	
	eprints.undip.ac.id	3%
3	Internet	
	id.123dok.com	3%



LEGOLAS YAPPLY

Full

- Check 1 skripsi penuh di sini (tanpa lampiran, tanpa halaman-halaman depan) Part 1 (Moodle TT)
- Tugas Akhir (Moodle TT)
- Universitas Pelita Harapan

Document Details

Submission ID	trn:oid::1:3284093040	46 Pages
Submission Date	Jun 25, 2025, 12:03 AM GMT+7	5,604 Words
Download Date	Jun 25, 2025, 12:15 AM GMT+7	35,090 Characters
File Name	80854_LEGOLAS_YAPPLY_Full_2433865_1492441958.pdf	
File Size	1.9 MB	



Page 1 of 50 - Cover Page

Submission ID trn:oid::1:3284093040



Page 2 of 50 - Integrity Overview

Submission ID trn:oid::1:3284093040

4% Overall Similarity

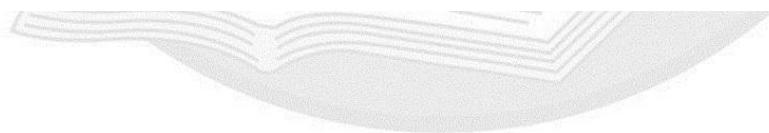
The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

- | | |
|----|----------------------------------|
| 4% | Internet sources |
| 1% | Publications |
| 1% | Submitted works (Student Papers) |



Top Sources

- 4% Internet sources
1% Publications
1% Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

Rank	Type	Source	Percentage
1	Internet	repository.its.ac.id	<1%
2	Internet	repository.uph.edu	<1%
3	Internet	es.scribd.com	<1%
4	Internet	docplayer.info	<1%
5	Internet	pt.scribd.com	<1%
6	Student papers	Universitas Islam Indonesia	<1%
7	Internet	eprints.undip.ac.id	<1%
8	Internet	id.123dok.com	<1%
9	Internet	www.coursehero.com	<1%
10	Publication	N Shewchenko. "Heading in football. Part 1: Development of biomechanical meth..."	<1%
11	Internet	inlis.atrbpn.go.id	<1%



FORM BIMBINGAN

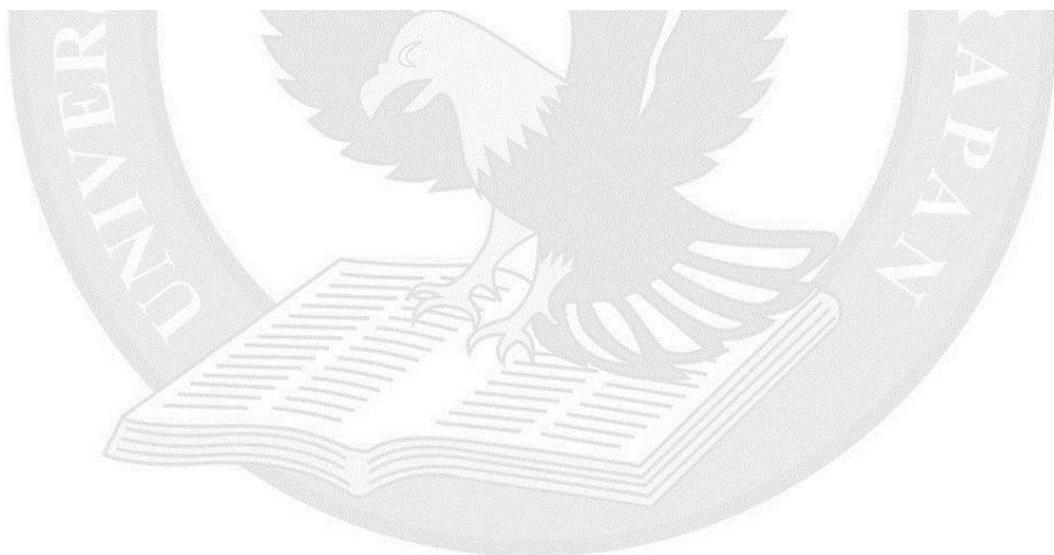
	UNIVERSITAS PELITA HARAPAN SISTEM PENJAMINAN MUTU INTERNAL	No. Dok. : FOR03/PRO07/STA05/SPMI-UPH Revisi : 02 Tanggal : 06 Januari 2024 Halaman : 1 dari 2
FORM LEMBAR MONITORING BIMBINGAN TUGAS AKHIR		

Nama Mahasiswa : Legolas Yapply
 NPM : 01032220002
 Program Studi : Teknik Elektro
 Fakultas : Faculty of Science and Technology (FaST)
 Semester : 6 (odd 3rd year)

Nama Dosen Pembimbing/Co-Pembimbing : Pak Ihan

Minggu Ke-	Hari	Tanggal	Materi yang didiskusikan	Tanda tangan Dosen Pembimbing / Co-Pembimbing *)	Catatan
3	Rabu	22-01-2025	Diskusi mengenai rangkaian dari muscle Spiker box dan bagaimana project TA ini akan berjalan		Project yang pada awalnya terpikiran cukup rumit sehingga pada akhirnya mendarat pada project muscle spiker box
9	Senin	03-03-2025	Module muscle sensor telah tiba namun tidak terdapat datasheet ataupun skema rangkaian dan diskusi mengenai Langkah selanjutnya. Pesanan dari komponen-komponen untuk merangkai muscle spiker box sendiri belum tiba. Metode untuk mengetahui hasil dari muscle sensor adalah dengan memberikan sebuah input step function dengan amplitudo yang sesuai dengan pembacaan dari "otot" (~50mV)		Hasil dari muscle sensor dapat dilihat untuk mengenali rangkaian dari module tersebut
10	Senin	10-03-2025	Hasil dari module muscle sensor menunjukkan hasil yang cukup stabil dengan input step 100mV. Langkah berikutnya adalah untuk memperoleh data sambil menunggu komponen-komponen yang lain, perolehan data dapat menggunakan arduino, dan juga menggunakan audacity dari input microphone		Sambil menunggu dapat memulai bagian bab 1-2 dari skripsi
13	Senin	31-03-2025	Memberikan Laporan terhadap Proses pengambilan data dari muscle sensor dan juga muscle spiker box dengan pembacaan melalui oscilloscope dan juga arduino		
14	Senin	07-04-2025	Melakukan "pembelajaran" mengenai cara menggunakan alat muscle spikerbox serta cara memperoleh hasil atau data dari aplikasi		Proses pembuatan skripsi dapat dimulai.

True Knowledge, Faith in Christ, Godly Character





UNIVERSITAS PELITA HARAPAN
SISTEM PENJAMINAN MUTU INTERNAL

No. Dok. : FOR03/PRO07/STA05/SPMI-UPH

Revisi : 02

Tanggal : 06 Januari 2024

Halaman : 2 dari 2

*) Coret yang tidak perlu

True Knowledge, Faith in Christ, Godly Character



UNIVERSITAS PELITA HARAPAN
SISTEM PENJAMINAN MUTU INTERNAL

No. Dok. : FOR03/PRO07/STA05/SPMI-UPH
Revisi : 02
Tanggal : 06 Januari 2024
Halaman : 1 dari 2

FORM LEMBAR MONITORING BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Legolas Yapply
NPM : 01032220002
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Faculty of Science and Technology (FaST)
Semester : 6 (odd 3rd year)

Nama Dosen Pembimbing/**Co-Pembimbing** : Bu Junita

Minggu Ke-	Hari	Tanggal	Materi yang didiskusikan	Tanda tangan Dosen Pembimbing / Co-Pembimbing *)	Catatan
3	Rabu	22-01-2025	Diskusi mengenai project TA yang akan dikerjakan dan ketersediaan Bu Junita sebagai Co-Pembimbing		Project yang pada awalnya terpikirkan cukup rumit sehingga pada akhirnya mendarat pada project muscle spiker box
9	Senin	03-03-2025	Module muscle sensor telah tiba namun tidak terdapat datasheet ataupun skema rangkaian dan diskusi mengenai Langkah selanjutnya. Pesanan dari komponen-komponen utnuk merangkai muscle spiker box sendiri belum tiba. Metode untuk mengetahui hasil dari muscle sensor adalah dengan memberikan sebuah input step function dengan amplitude yang sesuai dengan pembacaan dari "otot" (~50mV)		Hasil dari muscle sensor dapat dilihat untuk mengenali rangkaian dari module tersebut
10	Senin	10-03-2025	Progress megenai muscle sensor yang sudah datang dalam tahap pengujian dengan menggunakan sistem step input. Hasil yang di tunjukan oleh muscle sensor cukup stabil, dan bagaimana untuk data sheet dari muscle sensor dapat diperoleh jika ada namun bukan menjadi bagian yang signifikan, dalam proses menunggu komponen-komponen yang lain tiba juga dapat melakukan pemerolehan data terlebih dahulu, dan terdapat diskusi bagaimana proses pad TA1 ini akan berjalan.		Dapat mulai mengerjakan skripsi bagian Bab 1-2
13	Senin	31-03-2025	Memberikan Laporan terhadap Proses pengambilan data dari muscle sensor dan juga muscle spiker box dengan pembacaan melalui oscilloscope dan juga arduino		



UNIVERSITAS PELITA HARAPAN

SISTEM PENJAMINAN MUTU INTERNAL

No. Dok. : FOR03/PRO07/STA05/SPMI-UPH

Revisi : 02

Tanggal : 06 Januari 2024

Halaman : 2 dari 2

FORM LEMBAR MONITORING BIMBINGAN TUGAS AKHIR

*) Coret yang tidak perlu

LAMPIRAN B



KODING UNTUK PLOTTING MENGGUNAKAN PYTHON

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.io import wavfile

# Load the .wav file
sample_rate, data = wavfile.read('C:/Users/Axioo Pongo/Documents/Audacity/SpikerBox dikasih 50mV.wav')

# Print basic info
print(f"Sample rate: {sample_rate} Hz")
print(f"Data shape: {data.shape}")

# If stereo, take only one channel
if len(data.shape) > 1:
    data = data[:, 0] # use left channel

# Find max peak amplitude
peak_amplitude = np.max(np.abs(data))
print(f"Maximum peak amplitude: {peak_amplitude}")

# Create time axis in seconds
time = np.linspace(0, len(data) / sample_rate, num=len(data))

# Plot the waveform
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(time, data)
plt.title("SpikerBox dengan input 80mV")
plt.xlabel("Time (s)")
plt.ylabel("Amplitude")
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```
[6]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.io import wavfile

# Load the .wav file
sample_rate, data = wavfile.read('C:/Users/Axioo Pongo/Documents/BYB/SpikerBox dengan input 50 mV.wav')

# Print basic info
print(f"Sample rate: {sample_rate} Hz")
print(f"Data shape: {data.shape}")

# If stereo, take only one channel
if len(data.shape) > 1:
    data = data[:, 0] # use left channel

# Find max peak amplitude
peak_amplitude = np.max(np.abs(data))
print(f"Maximum peak amplitude: {peak_amplitude}")

# Create time axis in seconds
time = np.linspace(0, len(data) / sample_rate, num=len(data))

# Plot the waveform
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(time, data)
plt.title("SpikerBox dengan input 50 mV sine wave 70 Hz")
plt.xlabel("Time (s)")
plt.ylabel("Amplitude")
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.io import wavfile

# Load the .wav file
wav_path = 'C:/Users/Axioo Pongo/Documents/BYB/SpikerBox dengan input 50 mV.wav'
sample_rate, data = wavfile.read(wav_path)

# Print basic info
print(f"Sample rate: {sample_rate} Hz")
print(f"Data shape: {data.shape}")

# If stereo, take only one channel
if len(data.shape) > 1:
    data = data[:, 0] # use left channel only

# Find max peak amplitude
peak_amplitude = np.max(np.abs(data))
print(f"Maximum peak amplitude: {peak_amplitude}")

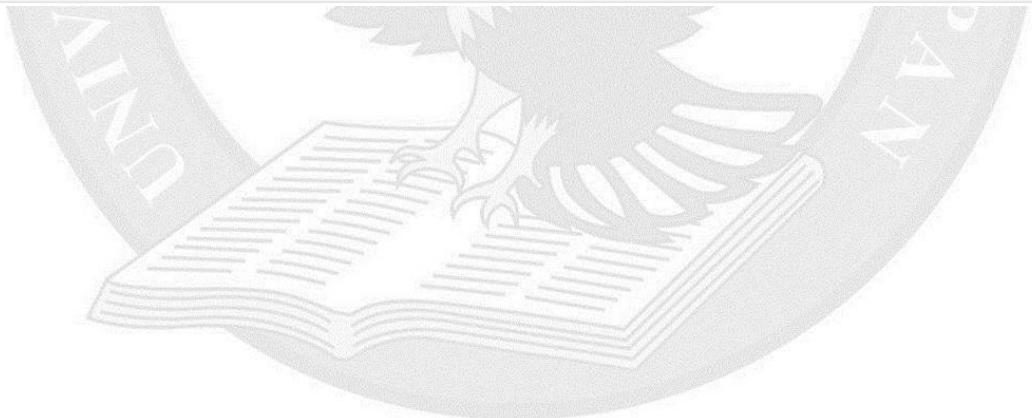
# Create time axis in seconds
time = np.linspace(0, len(data) / sample_rate, num=len(data))

# Define how much of the signal to plot (e.g., first 0.1 seconds)
duration_to_plot = 0.1 # in seconds
samples_to_plot = int(sample_rate * duration_to_plot)

# Slice the data and time arrays
data_segment = data[:samples_to_plot]
time_segment = time[:samples_to_plot]

# Plot the zoomed-in waveform
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(time_segment, data_segment, color='blue')
plt.title(f"SpikerBox dengan input 50 mV sine wave 70 Hz (Zoomed: {duration_to_plot*1000:.0f} ms)")
plt.xlabel("Time (s)")
plt.ylabel("Amplitude")
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()

```



```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.io import wavfile

# Load the .wav file
sample_rate, data = wavfile.read('C:/Users/Axioo Pongo/Documents/BYB/SpikerBox dengan input otot.wav')

# Print basic info
print(f"Sample rate: {sample_rate} Hz")
print(f"Data shape: {data.shape}")

# If stereo, take only one channel
if len(data.shape) > 1:
    data = data[:, 0] # use left channel

# Find max peak amplitude
peak_amplitude = np.max(np.abs(data))
print(f"Maximum peak amplitude: {peak_amplitude}")

# Create time axis in seconds
time = np.linspace(0, len(data) / sample_rate, num=len(data))

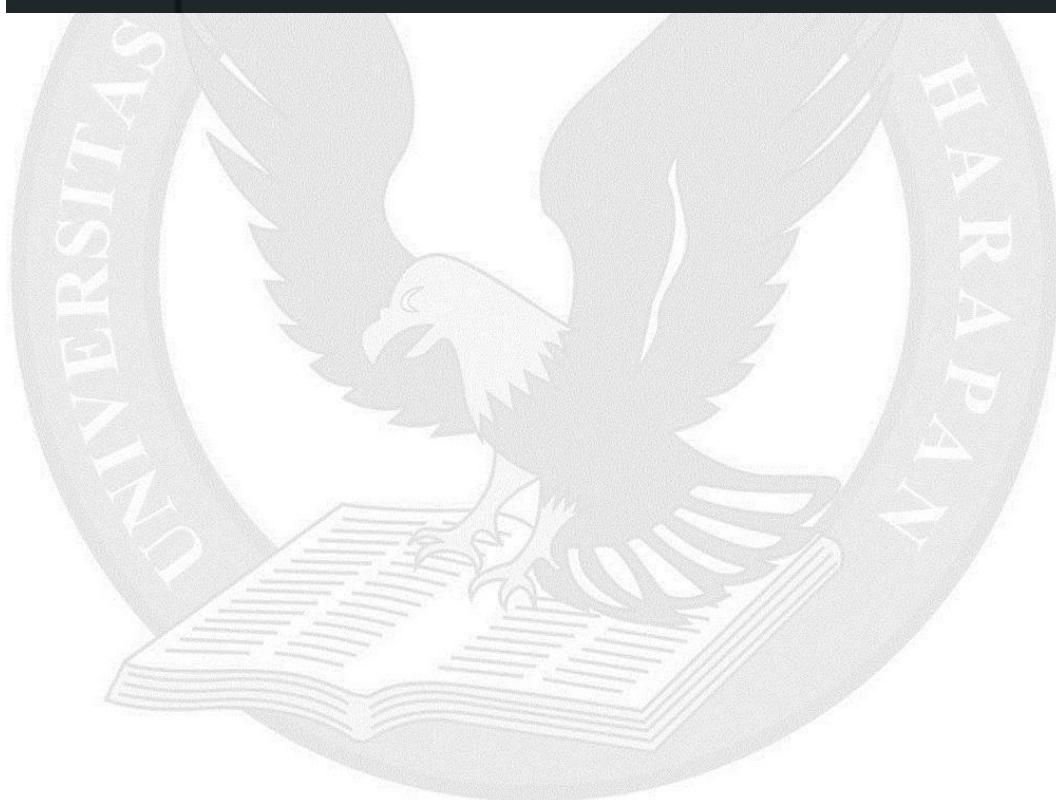
# Plot the waveform
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(time, data)
plt.title("SpikerBox dengan input otot lengan")
plt.xlabel("Time (s)")
plt.ylabel("Amplitude")
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()

```

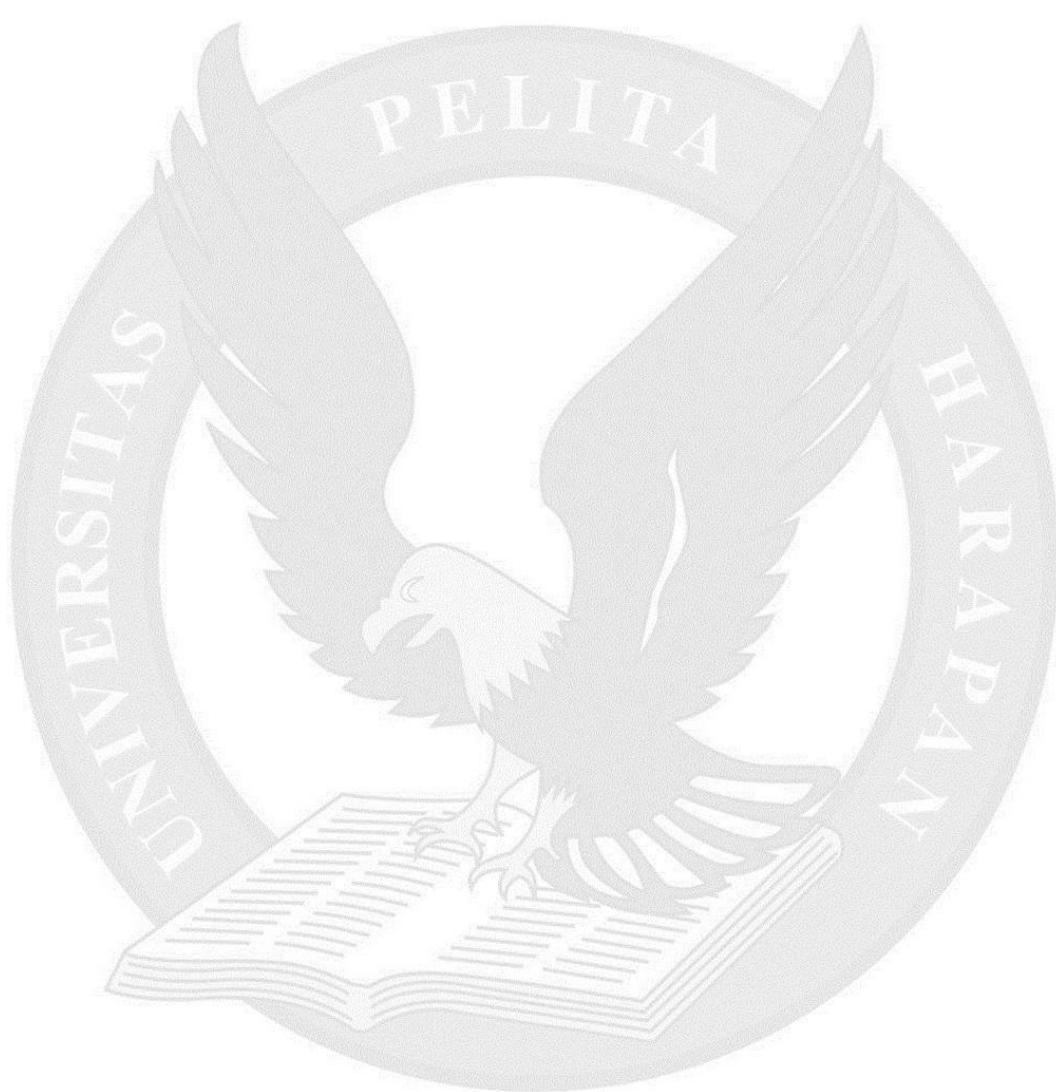


KODING UNTUK PLOTTING MENGGUNAKAN ARDUINO IDE

```
2 void setup() {  
3     Serial.begin(19200);  
4 }  
5  
6 void loop() {  
7     Serial.println(analogRead(A3));  
8     delay(60);  
9 }  
10
```

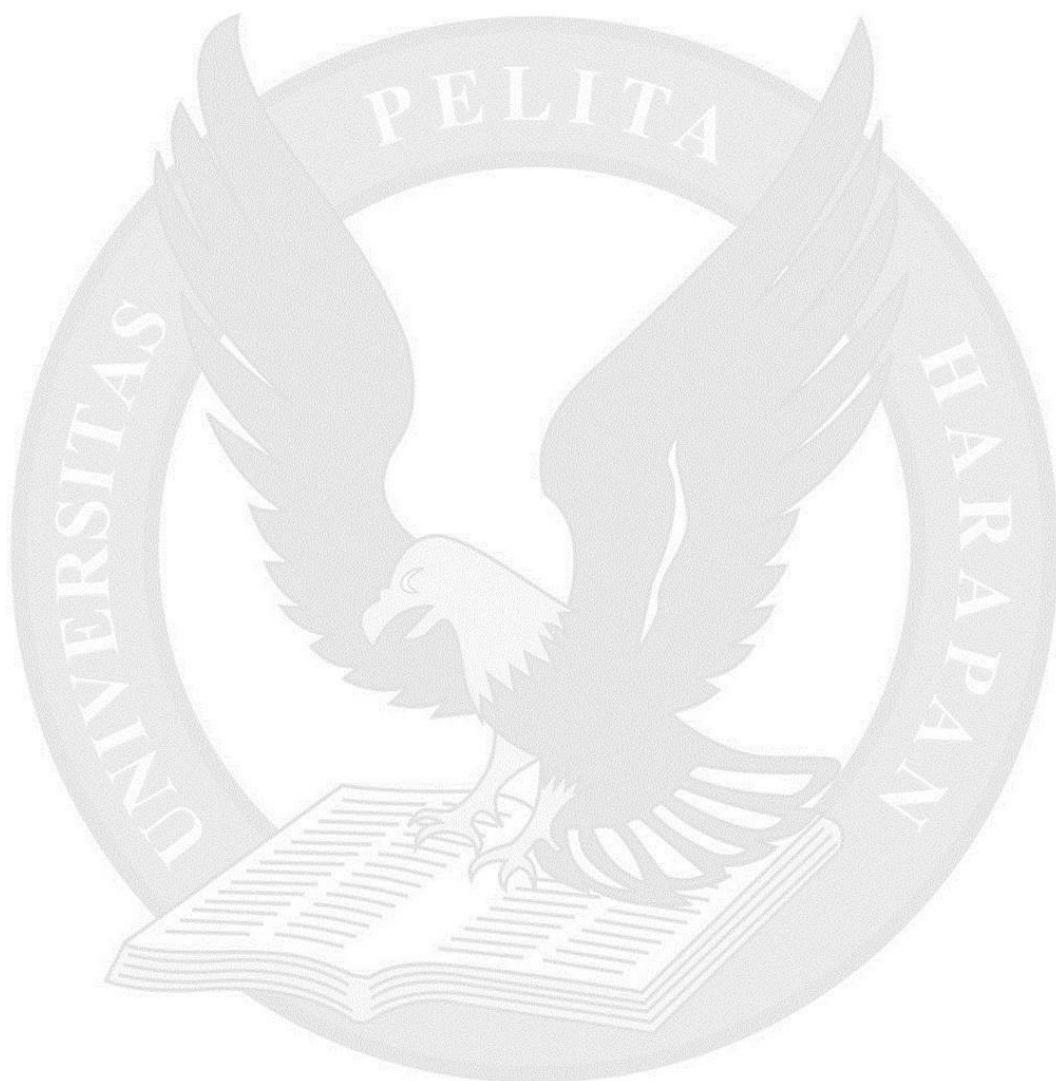


LAMPIRAN C



Sistem Deteksi dan Analisis Sinyal Listrik Otot Manusia

Legolas Yapply
Mahasiswa Teknik Elektro
Faculty of Science and Technology (FaST)
Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia



Abstract— *Human-Machine Interaction (HMI)* merupakan konsep yang menghubungkan manusia dengan mesin melalui berbagai interface dan sistem. Dalam pengembangannya, HMI berperan penting dalam bidang robotika, kecerdasan buatan (AI), dan komputer. Salah satu tantangan dalam HMI adalah keterbatasan prostetik dalam menerjemahkan perintah pengguna, terutama bagi individu dengan kehilangan anggota tubuh. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis sinyal listrik dari otot manusia menggunakan sensor electromyography (EMG) untuk mengeksplorasi potensi penerjemahan sinyal otot ke dalam kontrol prostetik.

Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur mengenai sistem otot manusia dan sensor EMG, serta eksperimen dengan berbagai perangkat, termasuk sensor yang dikembangkan sendiri dan alat dari Backyard Brains. Proses penelitian mencakup reverse engineering, pembelian komponen, dan pengujian sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot saat distimulasi. Salah satu tahapan penting dalam penelitian ini adalah analisis amplifikasi dari operational amplifier (op-amp) dalam rangkaian sensor dengan menggunakan sinyal step function dari catu daya DC untuk memperoleh transfer function alat.

Saat ini, penelitian masih dalam tahap pengujian dan analisis sinyal, dengan beberapa komponen masih dalam proses pengiriman. Namun, kemajuan telah dicapai dalam studi literatur dan pengujian awal sensor. Diharapkan hasil penelitian ini dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem prostetik yang lebih responsif dan adaptif terhadap keinginan pengguna.

Keywords- *Human-Machine Interaction, electromyography, sinyal otot, prostetik, transfer function.*

Latar Belakang

Human-Machine Interaction (HMI) merupakan sebuah konsep mengenai hubungan antara manusia dengan mesin, di mana terdapat koneksi antar kedua hal tersebut. Sifat

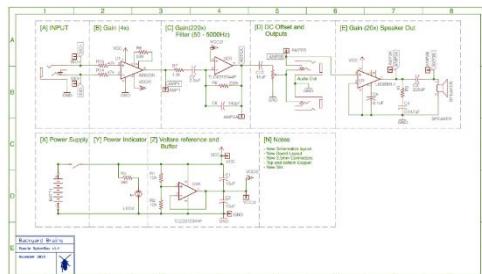
hubungan dari kedua hal tersebut merupakan sebuah hubungan melalui berbagai *interface* dan sistem, HMI ini merupakan suatu konsep yang terus dikembangkan dalam dunia *Research and Development* (R&D) sebagai perkembangan dari bidang robotika, *Artificial Intelligence* (AI), dan perkembangan komputer. Dengan sebuah konsep atau ide yang demikian, maka saya memutuskan untuk mengangkat topik Tugas Akhir (TA) saya untuk melakukan analisis terhadap sinyal listrik dari otot manusia. Saya memiliki ide yang pada awalnya terpikirkan karena melihat salah satu proyek mahasiswa teknik elektro yang merupakan sebuah tangan robot, dan bagaimana tangan robot tersebut akan melakukan gerakan yang mencerminkan dari *user* dengan menggunakan sebuah sarung tangan sebagai *controller*. Saya terpikirkan sebuah ide untuk membawa hal tersebut lebih jauh, masalah dari orang-orang yang kehilangan anggota tubuhnya karena kecelakaan, amputasi, ataupun kekurangan dari bawaan lahir memiliki masalah bagaimana prostetik yang ada pada masa ini

masih terbatas dalam menerjemahkan apa yang *user* inginkan prostetik tersebut lakukan, atau HMI yang masih terbatas, sehingga prostetik yang ada tidak dapat benar-benar menggantikan anggota tubuh yang hilang, hanya sekedar “membantu” dari apa yang kehilangan.

Saya terpikirkan bagaimana, apakah memungkinkan bila dari sisa anggota tubuh yang ada, terdapat sensor pada otot-otot untuk mengetahui apa yang menjadi perintah otak untuk anggota tubuh tersebut, sehingga nanti dapat diterjemahkan menjadi sinyal listrik kepada sebuah prostetik. Setelah adanya pembahasan hal tersebut merupakan hal yang cukup sulit dan untuk mencapai hal tersebut memerlukan pembacaan sinyal dari otak dan tidak dari otot saja, sehingga masih tergolong sulit, dengan demikian saya mengangkat topik “Sistem Deteksi dan Analisis Sinyal Listrik Otot Manusia” sebagai TA saya.

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan studi literatur dari topik yang ada, di mana saya memulai dengan melakukan riset terhadap otot manusia secara mendasar dan bagaimana saya berusaha untuk mencari apa yang sebenarnya di deteksi oleh sebuah sensor *electromyography* (EMG). Saya diberikan sebuah rekomendasi bahwa ada sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang tersebut untuk membaca sinyal-sinyal biologis dari makhluk hidup dan kemudian menerjemahkan sinyal tersebut menjadi sinyal listrik sehingga dapat dikelola; perusahaan “*Backyard Brains*” inilah yang direkomendasikan kepada saya sehingga saya menemukan bahwa mereka memiliki alat untuk mendeteksi sinyal otot pada manusia dengan sebuah sensor EMG. Alat yang mereka produksi memiliki sebuah skema rangkaian seperti berikut:

Metode Penelitian



Dengan demikian hal yang saya lakukan untuk penelitian saya adalah untuk pertama-tama melakukan *reverse engineering* terhadap produk mereka dan berusaha membuat sendiri sebuah alat untuk mendeteksi otot tersebut. Setelah adanya diskusi dan *research* yang saya lakukan saya mendapatkan bahwa terdapat *muscle sensor* yang terjual pada internet, sehingga saya memutuskan untuk membeli hal tersebut. Saya kemudian mendapatkan bahwa saya akan menggunakan *muscle sensor* tersebut, *muscle spikerbox* dari perusahaan *Backyard Brains* dan juga alat yang saya coba buat sendiri untuk kemudian saya gunakan untuk menganalisis sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot pada stimulasi.

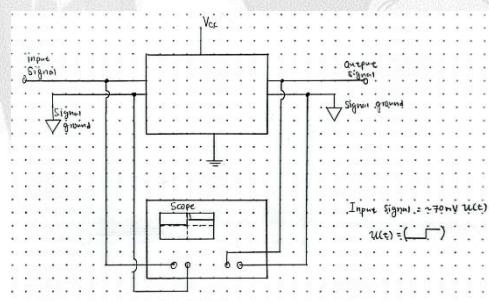
Rencana Penyelesaian

Bulan	Keterangan
Bulan 1 week 4	Melakukan studi literatur terhadap topik
Bulan 2 week 2	Menyelesaikan rangkaian yang sudah dirancang dan melakukan uji coba
Bulan 2 week 4	Mengujicoba sistem untuk memperoleh data dengan berbagai stimulus fisik serta antisipasi terhadap masalah pada sistem dan juga proses memperoleh data
Bulan 3 week 2	Mengujicoba sistem untuk memperoleh data dengan berbagai stimulus fisik serta antisipasi terhadap masalah pada sistem dan juga proses memperoleh data
Bulan 3 week 4	Melakukan Analisis data dan menyusun data yang diperoleh dalam laporan
Bulan 4 week 2	Melakukan Analisis data dan menyusun data yang diperoleh dalam laporan
Bulan 4 week 4	Penyelesaian menyusun dokumen tugas akhir

Progress

Perkembangan dari proses tugas akhir saya sejauh ini mencangkup pengujian dari dua alat serta proses perakitan dari alat ketiga, bagaimana terdapat rencana untuk memberikan sebuah *input unit step function* sebesar 50mV dan melihat *output* dari setiap rangkaian. Dengan demikian setiap rangkaian diperlakukan seperti sebuah *black-box* dan memberikan *input* yang terkontrol dan mengamati *outputnya* akan memberikan semacam “*Transfer Function*” dari masing-masing alat tersebut. Skema dari proses pengambilan data seperti pada gambar 2, bagaimana output dari masing-masing alat diamati melalui sebuah *scope* baik sebuah *oscilloscope* ataupun *scope* yang merupakan *software* dari *SpikerBox*. Hal ini dilakukan dalam upaya untuk mengenali sifat dari masing-masing alat bagaimana terdapat beberapa alat yang tidak memiliki spesifikasi jelas akan berapa nilai penguatan yang ditawarkan serta bagaimana proses bekerja dari alat tersebut, informasi yang telah diperoleh pada saat ini mengenai masing-masing alat hanyalah alat-alat tersebut menggunakan sebuah *op-amp* sebagai

penguat diferensial dengan kedua *input* terhubung kepada elektroda masing-masing, sehingga akan mengukur dua titik otot pada pengaplikasiannya. Ketiga alat merupakan *SpikerBox* dari *backyard brains*, *muscle sensor*, dan *INA333 muscle sensor*. *Input* dari setiap alat menggunakan sistem koneksi *auxiliary* (aux) 3.5mm pada ujung satunya dan penghubung kepada elektroda pada ujung lainnya. Penghubung bagian elektroda memiliki tiga komponen, bagaimana terdapat dua elektroda terhubung kepada kedua *input op-amp* dan satu elektroda sebagai *ground* atau *reference point* bagi rangkaian.



Gambar 2. Skema percobaan

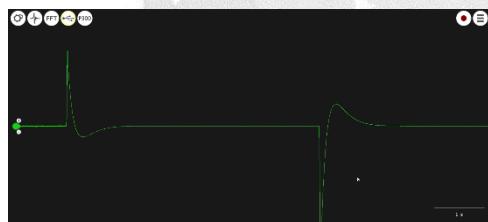
Dalam proses pengujian *input* dari *unit step function* dibangkitkan dengan menggunakan *power supply DC* dengan *output* yang diset pada

50mV. Pada realisasinya *output* terendah dari *power supply* tersebut hanya pada $\pm 75\text{mV}$. Proses pengambilan data pertama dilakukan dengan *muscle sensor*. Hasil yang diperoleh diamati melalui *oscilloscope* pada pengaturan *roll mode*, sehingga dapat terlihat reaksi dari pada saat terjadinya lonjakan dari *unit step function*. Pada gambar 3, terdapat hasil yang diperoleh pada *oscilloscope*. Pada hasil yang di amati dapat dilihat bahwa *output* berupa sebuah *delta function* dengan penguatan pada sekitar 4V. Hal ini menunjukkan bahwa penguatan yang diperoleh adalah sebesar 53.33 kali. Percobaan kedua adalah dengan *SpikerBox*, Hasil yang diperoleh diamati melalui *scope* yang merupakan virtual *scope* dari *software SpikerBox*, yang bernama *Spike recorder*. Pada hasil yang di amati dapat dilihat bahwa *output* berupa sebuah *delta function*, *output* yang diamati tidak diketahui berapa nilai yang dimiliki oleh *SpikerBox* karena *software* dari *SpikerBox* ini tidak memiliki indikasi nilai dari tegangan. Hal ini membutuhkan adanya

pengerjaan lebih lanjut untuk mengetahui nilai penguatan.



Gambar 3. Output muscle sensor



Gambar 4. Output SpikerBox

Muscle Sensor INA333 masih dalam proses pengerjaan dengan perakitan yang sudah selesai namun belum ada pemahaman yang baik sehingga pengoperasian dari alat masih belum maksimal dan *output* belum dapat diperoleh. Dari kedua *output* yang diperoleh didapatkan bahwa *op-amp* yang digunakan akan memiliki rangkaian *differentiator* bagaimana *input unit step function* dikeluarkan sebagai *output delta function*. Perkembangan berikutnya

yang dapat dilakukan adalah menggunakan *python* untuk melakukan *plotting* yang lebih baik dari hasil *SpikerBox* bagaimana pada *software spike recorder* hasil output dapat di rekam dan di simpan sebagai dokumen *audio file* (.wav). Dengan demikian *plotting* pada *python* dapat dilakukan dan apabila perbandingan dapat dilakukan maka penguatan dari *SpikerBox* juga dapat diperoleh. Terdapat masukkan juga untuk menggunakan konfigurasi yang sedikit berbeda, di mana alat-alat penguat ini memiliki dua titik *ground* atau *reference point*, yang pertama merupakan yang tertera pada *input*; pada bagian elektroda “ketiga”, dan yang berikutnya merupakan *ground* dari sumber catu daya masing-masing alat. Kedua *gound* ini dapat menyebabkan adanya *ground loop* yang akan membuat sia-sia sifat *common mode rejection* dari sebuah penguat diferensial, hal ini dapat menjadi hal yang krusial jika ingin mengurangi *noise* yang ada pada sinyal yang diperoleh, karena sinyal yang kecil sangat rentan terhadap *noise*.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perangkat *Human SpikerBox* dari *Backyard Brains* mampu merekam sinyal listrik otot (EMG) secara *real-time* dengan tingkat kemudahan penggunaan yang tinggi serta antarmuka yang intuitif. Perangkat ini terbukti efektif sebagai alat pembelajaran dan referensi dalam pengembangan sistem perekaman sinyal otot. Sementara itu, *muscle sensor* dan modul juga dapat digunakan untuk menangkap sinyal otot, namun memerlukan tambahan rangkaian serta proses penyaringan sinyal agar hasil yang diperoleh lebih optimal. Hal ini menjadikan keduanya lebih cocok untuk aplikasi eksperimental lanjutan atau pengembangan sistem prostetik yang memerlukan presisi tinggi. Dari hasil pengujian terhadap subjek manusia, diperoleh sinyal yang menunjukkan respons otot yang konsisten terhadap rangsangan fisik, di mana aktivitas otot ditunjukkan melalui perbedaan amplitudo dan bentuk gelombang sinyal. Penelitian ini memberikan

dasar awal yang kuat bagi pengembangan teknologi prostetik berbasis sinyal EMG, serta dapat menjadi referensi dalam pemilihan sensor dan perancangan sistem akuisisi sinyal otot yang efisien dan aplikatif.

References

- [1] Pedersen, M., Mowla, L., iMotions, & Justinussen, J. (2024, November 12). *EMG Sensors: Everything you need to know*. iMotions. <https://imotions.com/blog/learning/research-fundamentals/emg-sensors-everything-you-need-to-know/#:~:text=It%20works%20by%20placing%20the,the%20presence%20of%20neuromuscular%20disorders>
- [2] Caress:technology - muscle sensor. (n.d.-a). https://www.bristol.ac.uk/caress/technology_emg.html
- [3] Electromyography (EMG). Johns Hopkins Medicine. (2023, April 24). <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatments-and-therapies/electromyography-emg#:~:text=An%20audio%2Damplifier%20is%20used,damage%20the%20nerves%20and%20muscles>.
- [4] Human-machine interaction. Human-Machine Interaction - an overview | ScienceDirect Topics. (n.d.). [https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/human-machine-interaction#:~:text=Human%E2%80%93machine%20interaction%20\(HMI\),%2C%20transportation%2C%20and%20entertainment%20systems](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/human-machine-interaction#:~:text=Human%E2%80%93machine%20interaction%20(HMI),%2C%20transportation%2C%20and%20entertainment%20systems)
- [5] E-Spin. (2023, July 19). *Human-machine interaction : Advantages and disadvantages: E-SPIN group*. E. [https://www.espincorp.com/human-machine-interaction-advantages-and-disadvantages/#:~:text=Human%2DMachine%20Interaction%20\(HMI\),promoting%20a%20positive%20user%20experience](https://www.espincorp.com/human-machine-interaction-advantages-and-disadvantages/#:~:text=Human%2DMachine%20Interaction%20(HMI),promoting%20a%20positive%20user%20experience)
- [6] Muscle SpikerBox classic. Backyard Brains. (n.d.). <https://backyardbrains.com/products/muscle-spikerbox>