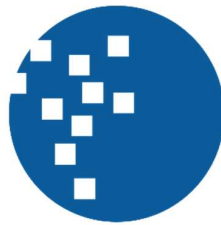


**DESAIN *ARM SLEEVE* DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR
ELEKTROMIOGRAM DAN SENSOR MPU6050 UNTUK
KENDALI LENGAN ROBOT**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

Daniel Hendrawan

00000047784

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2024

**DESAIN *ARM SLEEVE* DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR
ELEKTROMIOGRAM DAN SENSOR MPU6050 UNTUK
KENDALI LENGAN ROBOT**



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro

Daniel Hendrawan

0000047784

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2024**

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Daniel Hendrawan

Nomor Induk Mahasiswa : 00000047784

Program studi : Teknik Elektro

Skripsi dengan judul:

DESAIN ARM SLEEVE DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ELEKTROMIOGRAM DAN SENSOR MPU6050 UNTUK KENDALI LENGAN ROBOT

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 13 Juni 2024



(Daniel Hendrawan)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

DESAIN *ARM SLEEVE* DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR
ELEKTROMIOGRAM DAN SENSOR MPU6050 UNTUK
KENDALI LENGAN ROBOT

Oleh
Nama : Daniel Hendrawan
NIM : 00000047784
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Kamis, 30 Mei 2024
Pukul 09.00 s.d 12.00 dan dinyatakan
LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang



Marojahan Tampubolon, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIK 074883

Penguji



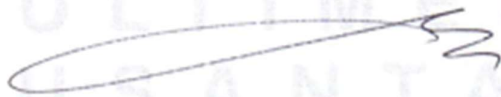
Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.
NIK 051317

Pembimbing



Megantara Pura, S.T., M.T.
NIK 075103

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Daniel Hendrawan
NIM : 00000047784
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : ~~D3/S1/S2~~ (pilih salah satu)
Judul Karya Ilmiah : Desain *Arm Sleeve* dengan Menggunakan Sensor Elektromiogram dan Sensor MPU6050 untuk Kendali Lengan Robot

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (pilih salah satu):

- Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial. Saya tidak akan mencabut kembali izin yang telah saya berikan dengan alasan apapun.
- Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: Dalam proses pengajuan penerbitan ke dalam jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*)*.

Tangerang, 13 Juni2024..


(Daniel Hendrawan)

* Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas selesainya penulisan skripsi dengan judul: “Desain *Arm Sleeve* dengan Menggunakan Sensor Elektromiogram dan Sensor MPU6050 untuk Kendali Lengan Robot” dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ninok Leksono, M.A., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Megantara Pura, S.T., M. T., sebagai Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Marojahan Tampubolon, S.T., M.Sc., Ph.D., dan M. B. Nugraha, S. T., M. T., sebagai dosen yang telah memberikan masukan dan saran atas terselesainya tugas akhir ini.
6. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman dari program studi Teknik Elektro angkatan 2020 sebagai sahabat seperjuangan yang sama-sama mengerjakan tugas akhir ini.

Semoga karya ilmiah ini dapat menjadi manfaat bagi para pembaca, baik sebagai sumber informasi, sumber inspirasi, dan acuan bagi para pembaca.

Tangerang, 13 Mei 2024



(Daniel Hendrawan)

N U S A N T A R A

ABSTRAK

Penggunaan sensor EMG dan sensor IMU dalam robotika telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk membuat lengan robot yang berkolaborasi dengan lengan manusia. Namun, tantangan yang harus dihadapi dalam membaca sinyal EMG adalah menghilangkan noise yang tidak perlu dan menghaluskan pembacaan sinyal akselerometer. Oleh karena itu, sistem sensor pada penelitian ini bertujuan untuk menciptakan pembacaan sinyal EMG yang halus yang mampu mengidentifikasi gerakan tangan dan membaca perpindahan oleh sensor IMU. Sinyal EMG akan melalui proses filter *hardware* seperti *low pass filter*, *high pass filter*, *notch filter*, rektifikasi, dan amplifikasi. Sinyal EMG juga akan diterapkan *moving average filter*. Sedangkan pembacaan sensor IMU akan diterapkan *median filter* dan *moving average* untuk membaca nilai akselerasi. Dari hasil penelitian yang dilakukan, rangkaian filter yang telah dibuat mampu melewatkan sinyal pada rentang frekuensi 60 Hz hingga 1 kHz dan mampu mengidentifikasi gerakan fleksi jari-jari dan ekstensi jari-jari, serta saat otot bicep berkontraksi. Selanjutnya, akurasi pembacaan sensor IMU untuk nilai sudut roll adalah 98,88% dengan kepresisian 99,64%. Sedangkan untuk pengukuran perpindahan dari sensor IMU didapatkan hasil akurasi rata-rata pada tiap sumbu sebesar 89,54%, dan kepresisian pada sumbu x sebesar 93,28%, kepresisian pada sumbu y sebesar 96,2%, dan kepresisian pada sumbu z sebesar 69,87%.

Kata kunci: Elektromiogram, filter, akselerometer, robotika.

U M I

ABSTRACT (English)

The use of EMG sensors and IMU sensors in robotics has been widely applied in various fields. A lot of researches have been done to create a robotic arm that collaborates with a human arm. However, the challenges that must be faced in reading EMG signals are removing unnecessary noise and smoothing the accelerometer signal readings. Therefore, the sensor system in this study aims to create a smooth EMG signal reading that is able to identify hand movements and read displacements by the IMU sensor. The EMG signal will go through hardware filter processes such as low pass filter, high pass filter, notch filter, rectification, and amplification. EMG signal will also be applied moving average filter. While the IMU sensor reading will be applied median filter and moving average to read the acceleration value. From the results of the research conducted, the filter circuit that has been made is able to pass signals in the frequency range of 60 Hz to 1 kHz and is able to identify finger flexion and finger extension movements, as well as when the biceps muscle contracts. Furthermore, the accuracy of the IMU sensor reading for the roll angle value is 98.88% with 99.64% precision. As for the measurement of displacement from the IMU sensor, the average accuracy in each axis is 89.54%, and the precision in the x-axis is 93.28%, the precision in the y-axis is 96.2%, and the precision in the z-axis is 69.87%.

Keywords: *electromyogram, filters, accelerometers, robotics.*

U M I

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS..... | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| ABSTRAK | vi |
| <i>ABSTRACT (English)</i> | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 4 |
| 1.3 Konsep Sistem | 4 |
| 1.4 Batasan Sistem | 5 |
| 1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem..... | 5 |
| BAB II KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM | 7 |
| 2.1 Konsep Desain Sistem..... | 7 |
| 2.2 Spesifikasi Sistem | 8 |
| 2.2.1 Subsystem Sensor EMG | 8 |
| 2.2.2 Subsystem Sensor IMU..... | 9 |
| 2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan | 9 |
| 2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Berdasarkan Hambatan | 10 |
| 2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi..... | 10 |
| BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM..... | 12 |
| 3.1 Tinjauan Desain Sistem..... | 12 |
| 3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan | 12 |
| 3.1.2 Desain Subsystem Elbow Sleeve | 13 |
| 3.1.3 Diagram Subsystem Lengan Robot..... | 15 |
| 3.2 Implementasi Sistem..... | 16 |

| | | |
|-----------------------|---|-----------|
| 3.2.1 | Hasil Implementasi Rangkaian Filter | 17 |
| 3.2.2 | Hambatan dan Solusi Implementasi Rangkaian Filter | 24 |
| 3.2.3 | Hasil Implementasi Pembacaan Sensor IMU | 25 |
| 3.2.4 | Hambatan dan Solusi Implementasi Pembacaan Sensor IMU ... | 27 |
| BAB IV | PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM | 28 |
| 4.1 | Pengujian Sistem Rangkaian Filter EMG | 28 |
| 4.1.1 | Prosedur Pengujian..... | 28 |
| 4.1.2 | Hasil Pengujian | 29 |
| 4.1.3 | Analisis Hasil Pengujian | 36 |
| 4.2 | Pengujian Sistem Sensor IMU | 40 |
| 4.2.1 | Prosedur Pengujian..... | 40 |
| 4.2.2 | Hasil Pengujian | 42 |
| 4.2.3 | Analisis Hasil Pengujian | 45 |
| BAB V | SIMPULAN DAN SARAN | 47 |
| 5.1 | Simpulan..... | 47 |
| 5.2 | Saran..... | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 49 |
| LAMPIRAN | | 53 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Penjelasan Input/Output Sistem Keseluruhan..... | 12 |
| Tabel 3.2 Penjelasan Input/Output Subsisitem Elbow Sleeve | 14 |
| Tabel 4.1 Data Pengukuran Frekuensi Respon Rangkaian <i>Notch Filter</i> dan <i>Band Pass Filter</i> EMG. | 29 |
| Tabel 4.2 Data Pengukuran Frekuensi Respon Rangkaian Keseluruhan..... | 30 |
| Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor IMU | 42 |
| Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Presisi Sensor IMU | 43 |
| Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor IMU | 43 |
| Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Kepresisian Pengukuran Jarak Sumbu-x Sensor IMU | 44 |
| Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Kepresisian Pengukuran Jarak Sumbu-y Sensor IMU..... | 44 |
| Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Kepresisian Pengukuran Jarak Sumbu-z Sensor IMU..... | 44 |

UMM

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Diagram modul subsistem <i>elbow sleeve</i> pada <i>EMG Controlled Assistive Robotic Arm</i> .. | 5 |
| Gambar 2.1 Diagram blok produk <i>EMG Controlled Assistive Robotic Arm</i> | 7 |
| Gambar 3.1 DFD <i>EMG Controlled Assistive Robotic Arm</i> | 12 |
| Gambar 3.2 Konsep desain <i>elbow sleeve</i> | 13 |
| Gambar 3.3 DFD subsistem <i>elbow sleeve</i> | 13 |
| Gambar 3.4 <i>Wiring diagram elbow sleeve</i> | 15 |
| Gambar 3.5 <i>Circuit diagram</i> rangkaian <i>dual voltage power supply</i> | 15 |
| Gambar 3.6 <i>Circuit diagram</i> rangkaian <i>right driven leg</i> dan <i>instrument amplifier</i> .. | 15 |
| | 15 |
| Gambar 3.7 <i>Circuit diagram</i> rangkaian filter | 16 |
| Gambar 3.8 <i>Circuit diagram</i> rangkaian <i>precision rectifier, smoothing, and amplifier</i> | 16 |
| | 16 |
| Gambar 3.9 PCB rangkaian pengkondisi sinyal EMG..... | 17 |
| Gambar 3.10 Rangkaian <i>Bandpass Filter</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 19 |
| Gambar 3.11 Grafik Frekuensi Respon <i>Bandpass Filter</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> . | 19 |
| | 19 |
| Gambar 3.12 Grafik Sinyal Output <i>Band pass filter</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> Pada Frekuensi 7 Hz dengan resolusi waktu 50ms/div, resolusi tegangan sinyal input (biru) sebesar 500mV/div dan sinyal output (kuning) sebesar 2V/div | 20 |
| Gambar 3.13 Rangkaian <i>Twin-t Active Filter</i> dan <i>Bandpass Filter</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 21 |
| Gambar 3.14 Grafik Frekuensi Respon Rangkaian <i>Twin-t Active Filter</i> dan <i>Bandpass Filter</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 21 |
| Gambar 3.15 Rangkaian <i>Precision Rectifier</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 22 |
| Gambar 3.16 Grafik Sinyal Rangkaian <i>Precision Rectifier</i> Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 22 |
| | 22 |
| Gambar 3.17 Rangkaian <i>Precision Rectifier</i> Beserta <i>Smoothing</i> dan Amplifikasi Akhir Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 22 |
| Gambar 3.18 Grafik Sinyal Rangkaian <i>Precision Rectifier</i> Beserta <i>Smoothing</i> dan Amplifikasi Subsistem <i>Elbow Sleeve</i> | 23 |
| Gambar 3.19 Rangkaian Sensor EMG pada <i>breadboard</i> | 24 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.20 Implementasi Program <i>Moving Average Filter</i> pada Arduino Nano | 26 |
| Gambar 3.21 Implementasi Program <i>Median Filter</i> pada Arduino Nano | 27 |
| Gambar 3.22 Hasil Implementasi Filter pada Pembacaan Akselerasi | 27 |
| Gambar 4.1 Grafik Frekuensi Respon Rangkaian <i>Notch Filter</i> dan <i>Band Pass Filter</i> | 31 |
| Gambar 4.2 Grafik Frekuensi Respon Rangkaian Gabungan (Filter, Penyearah, dan Amplifikasi) .. | 31 |
| Gambar 4.3 Kondisi Lampu ketika Gerak Fleksi dan Ekstensi Jari-Jari | 31 |
| Gambar 4.4 Posisi Peletakan Elektroda AgCl..... | 32 |
| Gambar 4.5 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Fleksi Jari-Jari | 33 |
| Gambar 4.6 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Ekstensi Jari-Jari..... | 33 |
| Gambar 4.7 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Otot Biceps Berkontraksi .. | 34 |
| Gambar 4.8 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Fleksi Jari-Jari secara Berulang | 34 |
| Gambar 4.9 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Ekstensi Jari-Jari secara Berulang | 35 |
| Gambar 4.10 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Otot Biceps Berkontraksi secara Berulang | 35 |
| Gambar 4.11 Grafik Pembacaan Arduino untuk Gerak Fleksi dan Ekstensi Jari-Jari secara Berulang | 36 |
| Gambar 4.12 Hasil Pengukuran Rangkaian Filter pada Frekuensi 10 Hz dengan resolusi waktu 200ms/div, resolusi tegangan sinyal input (biru) sebesar 50mV/div dan sinyal output (kuning) sebesar 50mV/div | 37 |
| Gambar 4.13 Hasil Pengukuran Rangkaian Filter pada Frekuensi 100 kHz resolusi waktu 20µs/div, resolusi tegangan sinyal input (biru) sebesar 50mV/div dan sinyal output (kuning) sebesar 50mV/div..... | 38 |
| Gambar 4.14 Hasil Pengukuran Rangkaian Pengkondisi Sinyal EMG pada Frekuensi 200 Hz yang mengalami clipping dengan resolusi tegangan 1V/div dan resolusi waktu 100ms/div..... | 39 |
| Gambar 4.15 Pengukuran Nilai <i>Roll</i> pada Sensor IMU | 41 |
| Gambar 4.16 Pengukuran Nilai Perpindahan pada Sensor IMU | 42 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran A: Link Data Pembacaan Sinyal EMG pada Arduino Nano | 53 |
| Lampiran B: Program Pembacaan Sensor EMG | 53 |
| Lampiran C: Circuit Diagram Implementasi Rangkaian Filter Sinyal EMG | 56 |
| Lampiran D: Hasil Turnitin | 57 |
| Lampiran E: Formulir Konsultasi Skripsi..... | 59 |

