



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA KENDALI DAN INSTRUMENTASI

**STIMULATOR PORTABEL UNTUK PASIEN
FISIOTERAPI RAWAT JALAN
PASCA STROKE**

Sandio Dwi Pranata
NIM 2112069

Dosen Pembimbing
Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
Alfarid Hendro Yuwono S, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Februari 2025



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA KENDALI DAN INSTRUMENTASI

**STIMULATOR PORTABEL UNTUK PASIEN
FISIOTERAPI RAWAT JALAN
PASCA STROKE**

Sandio Dwi Pranata
2112069

Dosen Pembimbing
Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
Alfarid Hendro Yuwono S, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Februari 2025



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Sandio Dwi Pranata
NIM : 2112069
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Elektronika Kendali dan Instrumentasi
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2024/2025
Judul Skripsi : STIMULATOR PORTABEL UNTUK PASIEN
FISIOTERAPI RAWAT JALAN PASCA STROKE

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) pada:

Hari : Senin
Tanggal : 10 Februari 2025
Nilai : 81,26

Majelis Penguji

Ketua


Dr. Irmalia Survani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030100365

Anggota Penguji

Penguji I


Prof. Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST., MT.
NIP. Y. 1030800417

Penguji II


Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT
NIP. Y. 1039500274

**STIMULATOR PORTABEL UNTUK PASIEN
FISIOTERAPI RAWAT JALAN
PASCA STROKE**

SKRIPSI

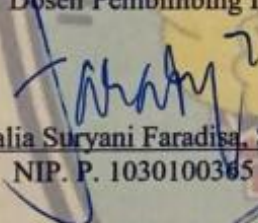
**Sandio Dwi Pranata
NIM 2112069**

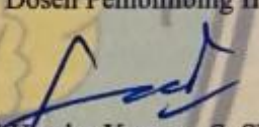
Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Teknik Elektronika Kendali dan Instrumentasi
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030100365


Alfariid Hendro Yuwono S. ST., MT.
NIP. P. 1032000589

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

**MALANG
Februari, 2025**

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini, diantaranya:

1. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I skripsi sekaligus Ketua Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang.
2. Bapak Alfarid Hendro Yuwono S, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II skripsi.
3. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Kedua orang tua, kakak penulis, yang selalu mendukung dan membantu dengan segala doa dan nasehat, serta kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis.
5. Sahabat serta teman-teman penulis yang selalu mendukung satu sama lain.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penulisan ini memiliki keterbatasan dalam penyusunan skripsi. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan tangan terbuka untuk menambah kesempurnaan penulisan skripsi sehingga bermanfaat bagi rekan mahasiswa dan pembaca.

Malang, Februari 2025

Penulis

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sandio Dwi Pranata

NIM : 2112069

Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro S-1 / Teknik Elektronika Kendali
dan Instrumentasi

ID KTP / Paspor : 3514011203010004

Alamat : Dsn. Jambean RT 004 RW 005, Ds. Dawuhan
Sengon, Kec. Purwodadi, Kab. Pasuruan

Judul Skripsi : Stimulator Portabel Untuk Pasien Fisioterapi
Rawat Jalan Pasca Stroke

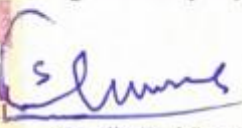
Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 17 April2025

Yang membuat pernyataan




(Sandio Dwi Pranata)
2112069

ABSTRAK

STIMULATOR PORTABEL UNTUK PASIEN FISIOTERAPI RAWAT JALAN PASCA STROKE

Sandio Dwi Pranata, NIM: 2112069

Dosen Pembimbing I: Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.

Dosen Pembimbing II: Alfarid Hendro Yuwono S, ST., MT.

Stroke merupakan penyakit kronis yang menjadi perhatian besar secara global dan nasional, serta menjadi penyebab utama kematian dan kecacatan di Indonesia. Pasca stroke, pasien menghadapi tantangan fisik seperti kelemahan otot, kekakuan sendi, dan gangguan koordinasi, sehingga rehabilitasi menjadi krusial untuk memulihkan fungsi motorik dan meningkatkan kualitas hidup. Salah satu metode rehabilitasi yang sering digunakan adalah Electrical Muscle Stimulation (EMS), yang membantu memperbaiki kekuatan otot dan fungsi motorik. Namun, perangkat EMS konvensional memiliki keterbatasan, seperti ukuran besar dan ketergantungan pada sumber listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan protokol EMS portabel berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan sensor elektromiografi (EMG) untuk pemantauan aktivitas otot secara real-time. Dengan teknologi IoT, perangkat ini memungkinkan pengiriman data stimulasi dan kemajuan rehabilitasi secara langsung ke cloud platform seperti ThingSpeak, mendukung fisioterapis dalam memantau perkembangan pasien secara efisien. Perangkat ini dirancang menggunakan modul ESP32 sebagai pengendali utama, sensor EMG untuk memonitor aktivitas otot, dan komponen tambahan seperti boost converter, dan PWM generator. Kombinasi EMS portabel dengan pemantauan berbasis EMG menawarkan pendekatan inovatif dalam meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas rehabilitasi pasien pasca stroke, memberikan solusi yang aman, fleksibel, dan sesuai standar medis.

Kata Kunci: stroke, fisioterapi, stimulator, elektromiografi.

ABSTRACT

STIMULATOR PORTABEL UNTUK PASIEN FISIOTERAPI RAWAT JALAN PASCA STROKE

Sandio Dwi Pranata, NIM: 2112069

Dosen Pembimbing I: Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.

Dosen Pembimbing II: Alfarid Hendro Yuwono S, ST., MT.

Stroke is a chronic disease that has gained significant global and national attention and is a leading cause of death and disability in Indonesia. Post-stroke patients face physical challenges such as muscle weakness, joint stiffness, and coordination disorders, making rehabilitation crucial for restoring motor function and improving quality of life. One commonly used rehabilitation method is Electrical Muscle Stimulation (EMS), which helps enhance muscle strength and motor function. However, conventional EMS devices have limitations, including large size and dependence on electrical power sources. This study aims to develop a portable EMS protocol based on Internet of Things (IoT) technology, utilizing electromyography (EMG) sensors for real-time muscle activity monitoring. With IoT integration, this device enables direct transmission of stimulation data and rehabilitation progress to cloud platforms such as ThingSpeak, facilitating efficient patient monitoring by physiotherapists. The device is designed using an ESP32 module as the main controller, an EMG sensor to monitor muscle activity, and additional components such as a boost converter, and PWM generator. The combination of portable EMS with EMG-based monitoring offers an innovative approach to improving the accessibility and effectiveness of post-stroke patient rehabilitation, providing a safe, flexible, and medically standardized solution.

Keywords: stroke, physiotherapy, stimulator, electromyography.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Standar Internasional Frekuensi, Tegangan, Arus Listrik, dan Impedansi Untuk Tubuh Manusia	7
2.3 Stimulator Listrik.....	8
2.4 IC NE555	9
2.4.1 Rangkaian Monostable Multivibrator	11
2.4.2 Rangkaian Multivibrator Astable	11
2.5 PWM.....	13
2.6 MOSFET	14
2.7 Transformator	15
2.8 EMG Sensor AD8232	16

2.9 Elektroda Pads.....	17
2.10 Potensio Meter.....	17
2.11 Saklar ON OFF.....	18
2.12 LED.....	19
2.13 ESP32.....	20
2.14 Software Thinkspeak	21
2.15 Internet of Things (IoT).....	23
2.16 Arduino IDE.....	24
2.16.1 Struktur Penulisan Sketch Dasar	25
2.16.2 Fitur-fitur Software Arduino IDE.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Blok Diagram Sistem.....	27
3.2 Perancangan Hardware	28
3.2.1 Rangkaian Pulse Generator NE555 pada Stimulator.....	29
3.2.2 Perhitungan Frekuensi Pada Rangkaian Stimulator	29
3.2.3 Menentukan Nilai Frekuensi	30
3.2.4 Skematik Sistem Stimulator	32
3.3 Skematik Sistem EMG.....	33
3.3.1 EMG Sensor (AD8232)	33
3.3.2 Probe Elektroda EMG.....	33
3.3.3 Skematik Keseluruhan Sistem EMG	34
3.4 Desain Fisik Sistem Stimulator.....	35
3.5 Desain Fisik Sistem EMG.....	36
3.6 Perancangan Software.....	37
3.6.1 Arsitektur Arduino IDE dan Thingspeak	37
3.7 Flowchart Sistem Stimulator.....	40
3.8 Flowchart Sistem EMG.....	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Pelaksanaan Pengujian.....	43
4.2 Pengujian Rangkaian Stimulator	43
4.2.1 Rangkaian Simulasi Switching Pulse Generator	43
4.2.2 Hasil Simulasi Rangkaian Switching Pulse Generator	43
4.3 Pengujian Bentuk Keluaran Gelombang dan Besarnya Nilai Frekuensi Stimulator.....	44
4.3.1 Percobaan 1	45
4.3.2 Percobaan 2	46
4.3.3 Percobaan 3	47
4.3.4 Percobaan 4	48
4.3.5 Percobaan 5	49
4.3.6 Percobaan 6	50
4.4 Hasil Pengukuran Nilai Tegangan Stimulator.....	50
4.4.1 Pengukuran 1	51
4.4.2 Pengukuran 2	51
4.4.3 Pengukuran 3	52
4.4.4 Pengukuran 4	52
4.4.5 Pengukuran 5	52
4.4.6 Pengukuran 6	53
4.4.7 Hasil Pengukuran Tegangan Keseluruhan	53
4.5 Hasil Pengujian Efek Terapi Dari Keluaran Gelombang Elektrostimulator	54
4.5.1 Percobaan 1	55
4.5.2 Percobaan 2	56
4.5.3 Percobaan 3	57
4.6 Analisis Pengaruh Frekuensi Terhadap Kinerja Alat atau Stimulator Listrik.....	58

4.7	Monitoring Hasil Secara Real Time	59
4.7.1	Hasil Monitoring Otot Rileks Serial Ploter Arduino	59
4.7.2	Hasil Monitoring Otot Rileks Thingspeak	60
4.7.3	Hasil Monitoring Otot Ketika diberi Stimulus Listrik Serial Ploter Arduino	61
4.7.4	Hasil Monitoring Otot Ketika diberi Stimulus Listrik Thingspeak	62
4.7.5	Hasil Monitoring Otot Ketika digerakkan Serial Ploter Arduino	63
4.7.6	Hasil Monitoring Otot Ketika digerakkan Thingspeak	64
BAB V KESIMPULAN.....		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN		70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Stimulator Listrik	9
Gambar 2. 2 IC NE555	10
Gambar 2. 3 Rangkaian Monostable	11
Gambar 2. 4 Sinyal Keluaran Monostable.....	11
Gambar 2. 5 Rangkaian Astable.....	12
Gambar 2. 6 Sinyal Keluaran.....	12
Gambar 2. 7 Nilai Duty Cycle	13
Gambar 2. 8 MOSFET IRF540N	14
Gambar 2. 9 Transformator CT.....	15
Gambar 2. 10 Trafo Step Up.....	15
Gambar 2. 11 EMG Sensor AD8232.....	17
Gambar 2. 12 Elektroda Pads.....	17
Gambar 2. 13 Potensio Meter	18
Gambar 2. 14 Saklar On-Off.....	19
Gambar 2. 15 Light Emitting Diode (LED).....	19
Gambar 2. 16 Pin Out ESP32.....	20
Gambar 2. 17 Modul ESP32	20
Gambar 2. 18 Channel Thingspeak	21
Gambar 2. 19 New Channel Thingspeak.....	22
Gambar 2. 20 Private Channel Thingspeak	22
Gambar 2. 21 Channel Setting Thingspeak	23
Gambar 2. 22 API Keys Thingspeak.....	23
Gambar 2. 23 Internet of Things	24
Gambar 2. 24 Sketch Dasar Arduino IDE	25
Gambar 2. 25 Fitur Software Arduino IDE	26
Gambar 3. 1 Rangkaian Pulse Generator NE555.....	29
Gambar 3. 2 Skematik Sistem Stimulator.....	32
Gambar 3. 3 Rangkaian EMG Sensor AD8232	33
Gambar 3. 4 Skematik Probe Elektroda	34
Gambar 3. 5 Skematik Keseluruhan Sistem EMG.....	34
Gambar 3. 6 Model Stimulator Tampak Depan.....	35
Gambar 3. 7 Model Stimulator Tampak Dalam.....	36

Gambar 3. 8 Model Sistem EMG.....	36
Gambar 4. 1 Rangkaian Simulasi Switching Pulse Generator.....	43
Gambar 4. 2 Bentuk Gelombang dari Output Pulse Generator NE555	43
Gambar 4. 3 Bentuk Gelombang Dari Mosfet Setelah Di Switching ..	44
Gambar 4. 4 Bentuk Gelombang Dari Output Yang Disalurkan ke Elektroda.....	44
Gambar 4. 5 Tampilan Sinyal Frekuensi 9 Hz pada Oscilloscope.....	45
Gambar 4. 6 Tampilan Sinyal Frekuensi 15 Hz Pada Oscilloscope.....	46
Gambar 4. 7 Tampilan Sinyal Frekuensi 23 Hz Pada Oscilloscope.....	47
Gambar 4. 8 Tampilan Sinyal Frekuensi 27 Hz Pada Oscilloscope.....	48
Gambar 4. 9 Tampilan Sinyal Frekuensi 31 Hz Pada Oscilloscope.....	49
Gambar 4. 10 Tampilan Sinyal Frekuensi 42 Hz Pada Oscilloscope....	50
Gambar 4. 11 Metode pengukuran pada multimeter.....	51
Gambar 4. 12 Pengukuran pada Level 1.....	51
Gambar 4. 13 Pengukuran pada Level 2.....	51
Gambar 4. 14 Pengukuran pada Level 3.....	52
Gambar 4. 15 Pengukuran pada Level 4.....	52
Gambar 4. 16 Pengukuran pada Level 5.....	52
Gambar 4. 17 Pengukuran pada Level 6.....	53
Gambar 4. 18 Sampel Pengujian Responden 1	55
Gambar 4. 19 Sampel Pengujian Responden 2	56
Gambar 4. 20 Sampel Pengujian Responden 3	57
Gambar 4. 21 Hasil Monitoring Otot Rileks Serial Ploter Arduino.....	59
Gambar 4. 22 Hasil Monitoring Otot Rileks Thinkspeak.....	60
Gambar 4. 23 Hasil Monitoring Otot Ketika diberi Stimulus Listrik Serial Ploter Arduino.....	61
Gambar 4. 24 Hasil Monitoring Otot Ketika diberi Stimulus Listrik Thinkspeak.....	62
Gambar 4. 25 Hasil Monitoring Otot Ketika digerakkan Serial Ploter Arduino	63
Gambar 4. 26 Hasil Monitoring Otot Ketika digerakkan Thinkspeak .	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Prinsip Kerja IC NE555	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi IC NE555.....	10
Tabel 2. 3 Spesifikasi MOSFET IRF540N.....	14
Tabel 2. 4 Spesifikasi Modul EMG Sensor	16
Tabel 2. 5 Spesifikasi Potensio Meter	18
Tabel 2. 6 Spesifikasi Saklar On-Off.....	18
Tabel 2. 7 Spesifikasi LED.....	19
Tabel 3. 1 Pin I/O EMG Sensor AD8232.....	33
Tabel 4. 1 Pengujian Oscilloscope Frekuensi 9 Hz.....	45
Tabel 4. 2 Pengujian Oscilloscope Frekuensi 15 Hz.....	46
Tabel 4. 3 Pengujian Oscilloscope Frekuensi 23 Hz.....	47
Tabel 4. 4 Pengujian Oscilloscope Frekuensi 27 Hz.....	48
Tabel 4. 5 Pengujian Oscilloscope Frekuensi 31 Hz.....	49
Tabel 4. 6 Pengujian Oscilloscope Frekuensi 42 Hz.....	50
Tabel 4. 7 Perbandingan Pengukuran Tegangan Keseluruhan	53
Tabel 4. 8 Perbandingan Persentase Error Tegangan.....	54
Tabel 4. 9 Tabel Efek Responden 1	55
Tabel 4. 10 Tabel Efek Responden 2	56
Tabel 4. 11 Tabel Efek Responden 3	57