



**RANCANG BANGUN SARUNG TANGAN REHABILITASI
PASIEN PASCA STROKE UNTUK *REPETITIVE*
MENGUNAKAN METODE PID TERINTEGRASI
TELEGRAM**

SKRIPSI

MUHAMMAD FARREL PRAMBUDI

2110314076

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2026**



**RANCANG BANGUN SARUNG TANGAN REHABILITASI
PASIEN PASCA STROKE UNTUK *REPETITIVE*
MENGUNAKAN METODE PID TERINTEGRASI
TELEGRAM**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik**

MUHAMMAD FARREL PRAMBUDI

2110314076

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Muhammad Farrel Prambudi
NIM : 2110314076
Program Studi : S1 – Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sarung Tangan Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke Untuk Repetitive Menggunakan Metode PID Terintegrasi Telegram

telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



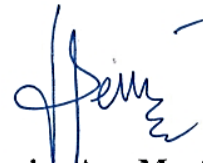
Dr. Muhamad Alif Razi, S.Pi., M.Sc.

Penguji Utama



Andre Suwardana Adiwidya,
S.T., M.T

Penguji Lembaga



Ni Putu Devira Ayu Martini,
S.Tr.T., M.Tr.T.

Penguji I (Pembimbing)



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah,
S.T., M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

**Koordinator Program Studi
Teknik Elektro**

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 12 Januari 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

RANCANG BANGUN SARUNG TANGAN REHABILITASI PASIEEN PASCA STROKE UNTUK REPETITIVE MENGUNAKAN METODE PID TERINTEGRASI TELEGRAM

Muhammad Farrel Prambudi

NIM. 2110314076

Disetujui oleh,

Pembimbing I



**Ni Putu Devira Ayu
Martini, S.Tr.T., M.Tr.T.**

Pembimbing II



**Ir. Achmad Zuchriadi P, S.T.,
M.T**

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip ataupun digunakan sebagai rujukan telah saya nyatakan benar.

Nama : Muhammad Farrel Prambudi

NIM : 2110314076

Program Studi : SI – Teknik Elektro

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 12 Januari 2026

Yang menyatakan,

A yellow rectangular stamp is placed over the signature. It contains the Garuda Pancasila emblem in the center. To the left of the emblem is a vertical barcode. To the right of the emblem, the words "METERAL TEMPEL" are printed in bold capital letters. Below the emblem, the alphanumeric string "NOR3BANX213255208" is printed.

Muhammad Farrel Prambudi

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai *civitas academica* Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Farrel Prambudi

NIM : 2110314076

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive
Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN SARUNG TANGAN REHABILITASI PASIEN PASCA STROKE UNTUK REPETITIVE MENGGUNAKAN METODE PID TERINTEGRASI TELEGRAM

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola (dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 12 Januari 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Farrel Prambudi

RANCANG BANGUN SARUNG TANGAN REHABILITASI PASIEN PASCA STROKE UNTUK *REPETITIVE* MENGGUNAKAN METODE PID TERINTEGRASI TELEGRAM

Muhammad Farrel Prambudi

ABSTRAK

Gangguan motorik tangan pasca-stroke masih menjadi tantangan besar dalam rehabilitasi jangka panjang, karena pemulihan yang efektif membutuhkan gerakan jari yang repetitif, stabil, dan terkontrol dengan baik. Metode rehabilitasi konvensional serta perangkat robotik komersial umumnya memiliki keterbatasan dalam hal portabilitas, serta belum didukung oleh sistem pemantauan jarak jauh, sehingga kurang optimal untuk diterapkan pada terapi rehabilitasi mandiri. Penelitian ini mengusulkan sebuah sarung tangan rehabilitasi untuk pasien pascastroke yang mampu melakukan gerakan fleksi dan ekstensi jari secara otomatis dan repetitif menggunakan metode kendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID) yang terintegrasi dengan Telegram. Sistem ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, motor servo, dan sensor fleksibel (*flex sensor*), dengan model kalibrasi linier individual yang diterapkan pada setiap jari untuk meningkatkan akurasi pengukuran sudut. Kinerja sistem dievaluasi menggunakan *Integral of Absolute Jerk* (IAJ) sebagai metrik kuantitatif untuk mengukur kehalusan gerakan pada beberapa sudut (30°, 45°, 60°, dan 75°). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dengan kendali PID secara signifikan meningkatkan kualitas gerakan. Pada sudut 30° diperoleh penurunan rata-rata nilai IAJ sebesar 72,56%, pada sudut 45° sebesar 69,17%, pada sudut 60° sebesar 63,98%, dan pada sudut 75° sebesar 61,29%. Secara keseluruhan, sistem sarung tangan rehabilitasi menunjukkan penurunan nilai IAJ rata-rata sebesar 66,75%. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penghitungan repetisi dengan tingkat akurasi 100% pada durasi operasi 1, 5, dan 10 menit.

Kata kunci : Rehabilitasi Pasca-Stroke, Sarung Tangan Rehabilitasi, Kendali PID, Telegram

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF A POST-STROKE
REHABILITATION GLOVE FOR REPETITIVE THERAPY
USING A PID METHOD INTEGRATED WITH TELEGRAM**

Muhammad Farrel Prambudi

ABSTRACT

Post-stroke hand motor impairment remains a major challenge in long-term rehabilitation, as effective recovery requires repetitive, stable, and well-controlled finger movements. Conventional rehabilitation methods and commercial robotic devices often lack portability, motion stability, and remote monitoring capabilities, limiting their suitability for home-based therapy. This study proposes a smart rehabilitation glove for post-stroke patients that performs automated repetitive finger flexion and extension using a Proportional–Integral–Derivative (PID) control method integrated with Telegram-based monitoring. The system is developed using an ESP32 microcontroller, servo motors, and flex sensors, with individual linear calibration models applied to each finger to improve angle measurement accuracy. System performance is evaluated using the Integral of Absolute Jerk (IAJ) as a quantitative metric for movement smoothness across multiple set points (30°, 45°, 60°, and 75°). Experimental results demonstrate that the proposed PID-controlled system significantly improves motion quality, achieving average IAJ reductions of 72.56%, 69.17%, 63.98%, and 61.29% at the respective set points, with an overall average reduction of 66.75% compared to the uncontrolled system. Functional testing confirms 100% accuracy in repetition counting for operation durations of 1, 5, and 10 minutes.

Keywords : Post-Stroke Rehabilitation, Rehabilitation Glove, PID Control, Telegram

KATA PENGANTAR

Segala Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan kurikulum pada Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, dengan judul “Rancang Bangun Sarung Tangan Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke Untuk Repetitive Menggunakan Metode PID Terintegrasi Telegram”.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta, terutama kedua orang tua, yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan moral maupun material, serta pengorbanan yang tidak ternilai, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Ni Putu Devira Ayu Martini, S.Tr.T., M.Tr.T. selaku Dosen Pembimbing I, atas segala bimbingan, masukan, serta dorongan yang sangat berarti baik dalam aspek akademis maupun nonakademis selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Achmad Zuchriadi P., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas segala saran, arahan, dan motivasi yang diberikan sehingga sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis berharap karya ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi khususnya di bidang elektronika kendali. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang.

Jakarta, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Stroke.....	10
2.2.2 Pemulihan Fungsi Tangan Pasca Stroke	11
2.2.3 ESP 32	12
2.2.4 <i>Internet Of Things</i> (IoT)	13
2.2.5 Sarung Tangan	13
2.2.6 Motor Servo Tower Pro MG995.....	14
2.2.7 <i>Monofilamen Nilon</i>	15
2.2.8 <i>Flex Sensor</i>	15
2.2.9 <i>Spring</i>	16
2.2.10 Kendali PID	16

2.2.10.1 Kendali Kontrol <i>Proportional</i>	17
2.2.10.2 Kendali Kontrol Integral.....	17
2.2.10.3 Kendali Kontrol <i>Derivative</i>	18
2.2.11 Metode Tuning <i>Trial And Error</i>	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Tahapan Penelitian	20
3.1.1 Studi Literatur.....	20
3.2 Rumusan Masalah	21
3.3 Perancangan Alat.....	21
3.3.1 Diagram Perangkat Keras.....	21
3.3.2 Design.....	24
3.3.3 Cara kerja Alat	26
3.4 Uji Kalibrasi Flex Sensor	27
3.5 Implementasi PID Kontroller	27
3.6 Pengujian Implementasi Sistem	29
3.7 Pengambilan Data	29
3.7.1 Data Kalibrasi Sensor	29
3.7.2 Data Pengujian Implementasi Kontrol PID	30
3.7.3. Data Pengujian Implementasi Sistem	30
3.8 Analisa Hasil Parameter	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Perancangan <i>Hardware</i> dan Mikrokontroler	34
4.2 Kalibrasi Flex Sensor	35
4.3 Tuning Kendali PID	43
4.3.1 Respon Sistem Tanpa PID	43
4.3.2 Respon Sistem Dengan Kp ($K_p = 0,4$; $K_i = 0$; $K_d = 0$)	44
4.3.3 Respon Sistem Dengan Kp + Ki ($K_p = 0,4$; $K_i = 1,0$; $K_d = 0$)	45
4.3.4 Respon Sistem Dengan Kp+Ki + Kd ($K_p = 0,4$; $K_i = 1,0$; $K_d = 0,1$)	46
4.4 Pengujian sistem.....	46
4.5 Pengujian Fungsionalitas Alat.....	53
4.6 Pengujian Pengiriman Telegram dari ESP 32	55
4.7 Hasil Pengiriman Notifikasi Telegram	56
BAB 5 KESIMPULAN	58
5.1 Kesimpulan	58

5.2 Saran.....	58
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 pasien stroke.....	11
Gambar 2. 2 Latihan peregangan tangan	11
Gambar 2. 3 Latihan Otot	12
Gambar 2. 4 ESP32.....	12
Gambar 2. 5 Sarung tangan.....	14
Gambar 2. 6 Servo Tower Pro MG995	14
Gambar 2. 7 <i>Monofilamen Nilon</i>	15
Gambar 2. 8 <i>Flex Sensor</i>	16
Gambar 2. 9 <i>Spring</i>	16
Gambar 2. 10 Blok Diagram Aksi Kontrol <i>Proportional</i>	17
Gambar 2. 11 Blok Diagram Aksi Kontrol Integral.....	18
Gambar 2. 12 Blok Diagram Aksi Kontrol <i>Derivative</i>	18
Gambar 2. 13 Diagram Blok Pengendali PID.....	19
Gambar 2. 14 Diagram Alir Tuning <i>Trial & Error</i>	19
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	20
Gambar 3. 2 Diagram Blok.....	22
Gambar 3. 3 Skema Alat	23
Gambar 3. 4 Perancangan Design Sarung Tangan Rehabilitasi.....	24
Gambar 3. 5 Sarung Tangan Rehabilitasi	25
Gambar 3. 6 Box bagian Atas	25
Gambar 3. 7 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat.....	26
Gambar 4. 1 Perancangan <i>Hardware</i> Tampak Atas	34
Gambar 4. 2 Perancangan <i>Hardware</i> Tampak Samping.....	35
Gambar 4. 3 Perancangan <i>Hardware</i> Tampak Depan.....	35
Gambar 4. 4 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 0 Derajat.....	36
Gambar 4. 5 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 30 Derajat.....	37
Gambar 4. 6 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 45 Derajat.....	38
Gambar 4. 7 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 60 Derajat.....	39
Gambar 4. 8 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 75 Derajat.....	40
Gambar 4. 9 Grafik Nilai ADC <i>Sensor Flex</i> terhadap Variasi Sudut Jari	41
Gambar 4. 10 Respon Sistem Tanpa Pid.....	43
Gambar 4. 11 Respon Sistem Dengan $K_p = 0,4$; $K_i = 0$; $K_d = 0$	44
Gambar 4. 12 Respon Sistem Dengan $K_p = 0,4$; $K_i = 1,0$; $K_d = 0$	45
Gambar 4. 13 Respon Sistem Dengan $K_p = 0,4$; $K_i = 1,0$; $K_d = 0,1$	46
Gambar 4. 14 Respon Sistem Sudut 30 Derajat Sebelum PID	47
Gambar 4. 15 Respon Sistem Sudut 30 Derajat Setelah PID	48
Gambar 4. 16 Respon Sistem Sudut 45 Derajat Sebelum PID	49
Gambar 4. 17 Respon Sistem Sudut 45 Derajat Setelah PID	49
Gambar 4. 18 Respon Sistem Sudut 60 Derajat Sebelum PID	50
Gambar 4. 19 Respon Sistem Sudut 60 Derajat Setelah PID	50
Gambar 4. 20 Respon Sistem Sudut 75 Derajat Sebelum PID	51
Gambar 4. 21 Respon Sistem Sudut 75 Derajat Setelah PID	52
Gambar 4. 22 Hasil Pengiriman Notifikasi Telegram.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3. 1 Fungsi aksi kontrol pada PID.....	28
Tabel 4. 1 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 0 Derajat.....	36
Tabel 4. 2 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 30 Derajat.....	37
Tabel 4. 3 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 45 Derajat.....	38
Tabel 4. 4 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 60 Derajat.....	39
Tabel 4. 5 Pengukuran <i>Flex Sensor</i> 75 Derajat.....	40
Tabel 4. 6 Pengujian Repetisi Sistem	54
Tabel 4. 7 Pengujian Pengiriman Teks ke Telegram.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pemrograman

Lampiran 2. Data Tuning PID

Lampiran 3. Data Pengujian Sistem

Lampiran 4. Dokumentasi Pengujian Fungsionalitas Alat

Lampiran 5. Lembar Konsultasi Pembimbing 1

Lampiran 6. Lembar Konsultasi Pembimbing 2