



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE FISIOTERAPI LENGAN  
TANGAN DENGAN ANALISIS KINEMATIK UNTUK  
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REHABILITASI**

**SKRIPSI**

**ANGGA WIJAYA TAUFIK**

**2010311018**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**2024**



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE FISIOTERAPI LENGAN  
TANGAN DENGAN ANALISIS KINEMATIK UNTUK  
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REHABILITASI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**ANGGA WIJAYA TAUFIK**

**2010311018**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

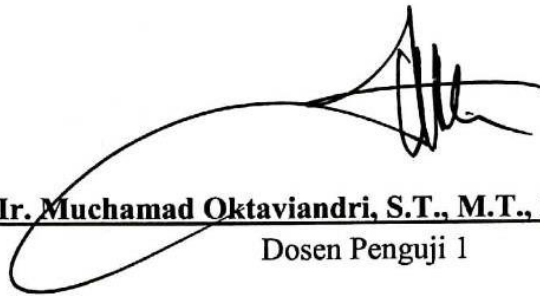
**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Angga Wijaya Taufik  
NIM : 2010311018  
Program Studi : S-1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN PROTOTIPE FISIOTERAPI  
LENGAN TANGAN DENGAN ANALISIS  
KINEMATIK UNTUK MENINGKATKAN  
EFEKTIVITAS REHABILITASI

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



**(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng)**  
Dosen Penguji 1



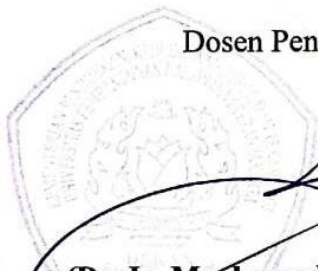
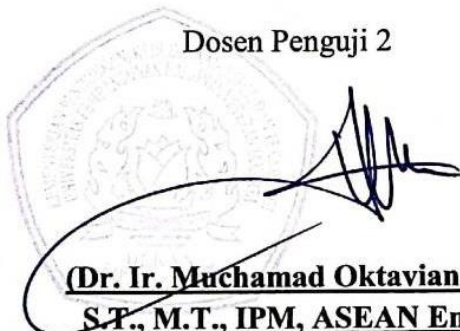
**(Ir. Fahrudin, S.T.,M.T.)**

Dosen Penguji 2



**(Muhammad Arifudin Lukmana,  
S.T, M.T.)**

Dosen Penguji 3 (Pembimbing)



**(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,  
S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng)**

Plt. Dekan Fakultas Teknik



**(Ir. Fahrudin, S.T.,M.T.)**

Ka.Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal Ujian : 10 Juli 2024

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Angga Wijaya Taufik  
NIM : 2010311018  
Program Studi : S-1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN PROTOTIPE FISIOTERAPI  
LENGAN TANGAN DENGAN ANALISIS  
KINEMATIK UNTUK MENINGKATKAN  
EFEKTIVITAS REHABILITASI

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing.

Menyetujui,

Pembimbing 1



(Muhammad Arifudin Lukmana,  
S.T, M.T.)

Pembimbing 2



(Sigit Pradana, S.T, M.T.)

Jakarta, 25 Juli 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin



(Ir. Fahrudin, S.T.,M.T.)

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Angga Wijaya Taufik

NIM : 2010311018

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 25 Juli 2024

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 10,000 Rupiah banknote stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'DITADAKAN'. The signature is written in a cursive style.

(Angga Wijaya Taufik)

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

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Angga Wijaya Taufik

NIM : 2010311018

Fakultas : Teknik

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“RANCANG BANGUN PROTOTIPE FISIOTERAPI LENGAN TANGAN  
DENGAN ANALISIS KINEMATIK UNTUK MENINGKATKAN  
EFEKTIVITAS REHABILITASI”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 25 Juli 2024

Yang menyatakan,



(Angga Wijaya Taufik)

# **RANCANG BANGUN PROTOTIPE FISIOTERAPI LENGAN TANGAN DENGAN ANALISIS KINEMATIK UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REHABILITASI**

**Angga Wijaya Taufik**

## **ABSTRAK**

Lengan tangan merupakan bagian vital tubuh yang memainkan peran penting dalam aktivitas sehari-hari. Cedera atau gangguan fungsional pada lengan dapat membatasi kemampuan seseorang dalam menjalankan tugas rutin. Fisioterapi terbukti efektif dalam memulihkan fungsi lengan, terutama bagi pasien stroke yang sering mengalami kelemahan atau kelumpuhan pada satu sisi tubuh. Ketersediaan alat fisioterapi yang sesuai di Indonesia masih terbatas, dan desain alat yang kurang ergonomis mengurangi efektivitas terapi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe fisioterapi lengan tangan yang ergonomis dan efektif dengan integrasi prinsip kinematik. Prototipe ini dirancang menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* dan dianalisis secara ergonomis dengan metode RULA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe yang dirancang dapat mengikuti gerakan alami lengan tangan dengan sudut sendi yang dihasilkan dari perhitungan *inverse kinematics* dalam batas aman rentang gerak normal (ROM) sendi siku dan bahu. Pengujian menunjukkan peningkatan efektivitas rehabilitasi dengan tingkat akurasi yang memadai, menjadikan prototipe ini prospektif untuk digunakan dalam latihan rehabilitasi pasien stroke. Dengan demikian, prototipe ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses rehabilitasi, mendukung pemulihan fungsi lengan tangan, dan meningkatkan kualitas hidup pasien.

**Kata Kunci:** Fisioterapi, Kinematik, Lengan Tangan, Prototipe, Rehabilitasi, Stroke

# **DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN ARM PHYSIOTHERAPY PROTOTYPE WITH KINEMATIC ANALYSIS TO ENHANCE REHABILITATION EFFECTIVENESS**

**Angga Wijaya Taufik**

## **ABSTRACT**

*The arm is a vital part of the body that play a crucial role in everyday activities. Injuries or functional impairments to the arms can significantly restrict an individual's ability to perform daily tasks. Physiotherapy has been proven to be effective in restoring arm function, particularly for stroke patients who often experience weakness or paralysis on one side of the body. However, the availability of appropriate physiotherapy equipment in Indonesia remains limited, and the lack of ergonomic designs hinders the effectiveness of therapy. This research aims to design an ergonomic and effective arm physiotherapy prototype by integrating kinematic principles. The prototype was designed using Autodesk Inventor software and ergonomically analyzed using the RULA method. The results demonstrate that the designed prototype can follow the natural movements of the arms and hands with joint angles derived from inverse kinematics calculations within the safe range of motion (ROM) for elbow and shoulder joints. Testing indicates improved rehabilitation effectiveness with adequate accuracy, making this prototype a promising tool for stroke patient rehabilitation exercises. Therefore, this prototype is expected to enhance the efficiency and effectiveness of the rehabilitation process, support the restoration of arm function, and improve patients' quality of life.*

**Keywords:** *Arm, Kinematics, Physiotherapy, Prototype, Rehabilitation, Stroke*



## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT atas kelimpahan rahmat-Nya, yang telah memandu penulis dalam menyusun skripsi tugas akhir ini hingga tuntas. Skripsi ini disusun sebagai langkah menuju pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Penulisan ini tak lepas dari dukungan dan bantuan berharga dari berbagai pihak, baik dalam bentuk materi, spiritual, maupun informasi. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Sang Maha Pencipta yang senantiasa melimpahkan rahmat, petunjuk, dan kelancaran dalam setiap perjalanan langkah penulis. Tanpa karunia-Nya, penulis tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Chosot Novi Taufik, S.E dan Ibu Sumiati, yang selalu melimpahkan doa, kasih sayang, dan dukungan tanpa henti kepada penulis. Doa dan dukungan kedua orang tualah yang menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang dan meraih cita-cita.
3. Kakak penulis yaitu Rosita dan Anggih Saputro Taufik yang selalu memberikan dukungan, baik secara moral maupun material, yang sangat berarti bagi penulis.
4. Keponakan penulis yaitu Abdul dan Fitri yang selalu memberikan kebahagiaan dan keceriaan, sehingga memberikan semangat tambahan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T, selaku Kepala Program Studi Sarjana Teknik Mesin di UPN “Veteran” Jakarta, atas bimbingan dan dukungannya.
6. Bapak Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan panduan dan arahan berharga dalam penyusunan skripsi ini.

7. Bapak Sigit Pradana, S.T., M.T, sebagai dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Para dosen di Program Studi Teknik Mesin atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama proses perkuliahan.
9. Teman-teman satu angkatan Teknik Mesin 2020 yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan positif kepada penulis. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya selama ini.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini dan selama perkuliahan, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini tidak hanya menjadi bagian dari tugas akhir, namun juga memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, Juni 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Fisioterapi .....	8
2.3 Stroke Lengan Tangan.....	9
2.4 Pelatihan ROM ( <i>Range of Motion</i> ) .....	10
2.5 <i>Degree of Freedom</i> dalam Konteks Mekanika.....	11
2.5.1 Penerapan DOF pada Robot Manipulator .....	12
2.5.2 DOF pada Sistem Planar .....	12
2.6 Analisis Kinematika dengan Metode <i>Inverse Kinematics</i> .....	13
2.7 Alat Robotik untuk Rehabilitasi Pasien Stroke .....	16
2.8 Perancangan Desain Alat Fisioterapi Lengan Tangan.....	17

<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Diagram Alir.....	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	20
3.4 Teknik Penelitian.....	21
3.4.1 Studi Literatur .....	21
3.4.2 Penelitian Lapangan .....	22
3.5 Perancangan Mekanik .....	22
3.5.1 Desain <i>Exoskeleton</i> Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	24
3.5.2 Desain Meja Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	25
3.5.3 Desain Kursi Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	25
3.6 Perancangan Elektronik.....	27
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Hasil Perancangan Mekanik .....	28
4.2 Hasil Analisis Ergonomis Desain Prototipe Lengan Tangan Menggunakan Metode RULA ( <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> ) .....	30
4.3 Hasil Perhitungan Kinematika dengan Metode <i>Inverse Kinematics</i> .....	31
4.4 Gerakan dan Hasil Simulasi Skenario Penggunaan Prototipe.....	35
4.4.1 Gerakan Skenario Penggunaan Prototipe.....	35
4.4.1.1 Gerakan Skenario Arah Kiri.....	35
4.4.1.2 Gerakan Skenario Arah Kanan .....	36
4.4.1.3 Gerakan Skenario Arah Maju .....	37
4.4.1.4 Gerakan Skenario Arah Mundur .....	38
4.4.2 Hasil Simulasi Skenario Gerakan Penggunaan Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	38
4.4.2.1 Hasil Simulasi Gerakan Skenario 1 Prototipe .....	39
4.4.2.2 Hasil Simulasi Gerakan Skenario 2 Prototipe .....	40
4.4.2.3 Hasil Simulasi Gerakan Skenario 3 Prototipe .....	41
4.4.2.4 Hasil Simulasi Gerakan Skenario 4 Prototipe .....	43
4.5 Hasil Perancangan Elektronik .....	44
4.6 Hasil Perubahan Sudut Potensiometer terhadap Waktu dengan Pencatatan <i>Datalogger</i> .....	46

4.6.1	Perubahan Sudut Potensiometer terhadap Waktu dalam Gerakan Arah Kiri .....	47
4.6.2	Perubahan Sudut Potensiometer terhadap Waktu dalam Gerakan Arah Kanan .....	50
4.6.3	Perubahan Sudut Potensiometer terhadap Waktu dalam Gerakan Arah Maju .....	53
4.6.4	Perubahan Sudut Potensiometer terhadap Waktu dalam Gerakan Arah Mundur .....	56
4.7	Analisis RULA dari Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	59
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>62</b>
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>RIWAYAT HIDUP</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Manipulator Robot Planar RR 2- <i>Link</i> .....	14
<b>Gambar 2. 2</b> Robotik Fourier M2 .....	16
<b>Gambar 2. 3</b> Robot Rehabilitasi Armeo .....	17
<b>Gambar 2. 4</b> Robot <i>Eksoskeleton</i> dengan Penggunaanya.....	18
<b>Gambar 2. 5</b> (a) Bagian Penopang Rotasi Internal/Eksternal Sendi Bahu (Tanpa Motor Siku); (b) Cup Lengan Atas Tidak Terpasang; (c) Mekanisme Aktuasi Rotasi Internal/Eksternal Sendi Bahu; (d) Bagian Penopang Gerakan Siku .....	18
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	19
<b>Gambar 3. 2</b> Desain 3D Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	23
<b>Gambar 3. 3</b> Desain 3D Prototipe <i>Exoskeleton</i> Fisioterapi Lengan Tangan ..	25
<b>Gambar 3. 4</b> Desain 3D Meja Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	25
<b>Gambar 3. 5</b> Desain 3D Kursi Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	26
<b>Gambar 3. 6</b> <i>Wiring</i> Diagram Perancangan Elektronik untuk Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	27
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Perancangan Mekanik Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	28
<b>Gambar 4. 2</b> Hasil Analisis RULA pada Desain Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	31
<b>Gambar 4. 3</b> Gerakan Skenario Penggunaan Prototipe Arah Kiri.....	36
<b>Gambar 4. 4</b> Gerakan Skenario Penggunaan Prototipe Arah Kanan.....	37
<b>Gambar 4. 5</b> Gerakan Skenario Penggunaan Prototipe Arah Maju.....	37
<b>Gambar 4. 6</b> Gerakan Skenario Penggunaan Prototipe Arah Mundur .....	38
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Hasil Simulasi Skenario 1 .....	40
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik Hasil Simulasi Skenario 2 .....	41
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Hasil Simulasi Skenario 3 .....	43
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Hasil Simulasi Skenario 4 .....	44
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil Perancangan Elektronik Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	45
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik Sudut Potensiometer Arah Kiri terhadap Waktu.....	47
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik Sudut Potensiometer Arah Kanan terhadap Waktu.....	50

<b>Gambar 4. 14</b>	Grafik Sudut Potensiometer Arah Maju terhadap Waktu.....	53
<b>Gambar 4. 15</b>	Grafik Sudut Potensiometer Arah Mundur terhadap Waktu ...	56
<b>Gambar 4. 16</b>	Demonstrasi Penggunaan Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan dari Berbagai Arah. (a) Depan; (b) Samping Kiri; (c) Miring Tiga Perempat.....	59
<b>Gambar 4. 17</b>	Hasil Pengukuran Sudut Siku dan Bahu pada Penggunaan Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan di Berbagai Posisi. (a) Posisi Awal; (b) Kiri; (c) Kanan; (d) Maju; (e) Mundur....	60
<b>Gambar 4. 18</b>	Hasil Analisis RULA Penggunaan Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan .....	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Rentang Gerak (ROM) Normal Sendi Siku dan Sendi Bahu pada Manusia .....	11
<b>Tabel 3. 1</b> Alat yang Dibutuhkan .....	20
<b>Tabel 3. 2</b> Bahan yang Dibutuhkan .....	20
<b>Tabel 3. 3</b> Antropometri Dimensi Kursi Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	26
<b>Tabel 4. 1</b> Deskripsi Bagian – Bagian Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan	29
<b>Tabel 4. 2</b> Parameter Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan 2 DOF .....	32
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Perhitungan Sudut Sendi $\theta_1$ dan $\theta_2$ untuk Setiap Arah.....	33
<b>Tabel 4. 4</b> Fungsi Komponen Elektronik dalam Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan.....	45
<b>Tabel 4. 5</b> Sudut Potensiometer Arah Kiri terhadap Waktu .....	47
<b>Tabel 4. 6</b> Sudut Potensiometer Arah Kanan terhadap Waktu .....	50
<b>Tabel 4. 7</b> Sudut Potensiometer Arah Maju terhadap Waktu .....	53
<b>Tabel 4. 8</b> Sudut Potensiometer Arah Mundur terhadap Waktu .....	56



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Gambar Teknik Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan
- Lampiran 2** Gambar Teknik Kursi Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan
- Lampiran 3** Gambar Teknik *Exoskeleton* Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan
- Lampiran 4** Gambar Teknik Meja Prototipe Fisioterapi Lengan Tangan
- Lampiran 5** Kode/Skrip Perhitungan *Inverse Kinematics* menggunakan Perangkat Lunak MATLAB
- Lampiran 6** Kode/Skrip Grafik Simulasi Arah Target (Kiri, Kanan, Maju, Mundur) menggunakan Perangkat Lunak MATLAB
- Lampiran 7** Kode/Skrip Perangkat Lunak Arduino Uno untuk Pencatatan *Datalogger*