



**RANCANG BANGUN DAN ANALISIS KINERJA ROBOT
LENGAN MENGGUNAKAN *INVERSE KINEMATICS* DAN PID
*TUNING***

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANDYKA NAYATTAMA
41421010022**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**



**RANCANG BANGUN DAN ANALISIS KINERJA ROBOT
LENGAN MENGGUNAKAN *INVERSE KINEMATICS* DAN PID
*TUNING***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

NAMA : ANDYKA NAYATTAMA
NIM : 41421010022
PEMBIMBING : TRIE MAYA KADARINA ST, MT

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andyka Nayattama
NIM : 41421010022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun dan Analisis Kinerja Robot Lengan
Menggunakan *Inverse Kinematics* dan *Tuning PID*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

		Tanda Tangan
Pembimbing	TRIE MAYA KADARINA S.T, M.T	
NUPTK	: 7235757658230143	
Ketua Penguji	FREDDY ARTADIMA SILABAN S.Kom, M.T	
NUPTK	: 0460769670130323	
Anggota Penguji	MUHAMMAD HAFIZD IBNU HAJAR S.T, M.Sc	
NUPTK	: 1356769670130283	

Jakarta, 18 Agustus 2025

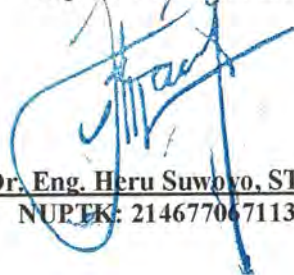
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NUPTK: 6639750651230132

Kaprodi S1 Teknik Elektro



Dr. Eng. Heru Suwono, ST. M.Sc
NUPTK: 21467706711304032

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : Andyka Nayattama
NIM : 41421010022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : Rancang Bangun Dan Analisis Kinerja Robot Lengan Menggunakan Inverse Kinematics Dan Tuning PID

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada Sabtu, 16 Agustus 2025 dengan hasil presentase sebesar 10 % dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 16 Agustus 2025

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andyka Nayattama
N.I.M : 41421010022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun dan Analisis Kinerja Robot Lengan menggunakan Inverse kinematics dan *Tuning* PID

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 05-08-2025

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Andyka Nayattama

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembuatan sebuah sistem robot lengan otomatis 3 derajat kebebasan (DOF) dengan gripper yang mampu melakukan penyortiran objek secara mandiri berdasarkan hasil pengenalan karakter. Sistem ini dirancang untuk menggabungkan metode *Inverse Kinematics* (IK) dan kendali *Proportional–Integral–Derivative* (PID) guna mengatur pergerakan servo secara presisi, serta diintegrasikan dengan *Optical Character Recognition* (OCR) agar robot dapat menentukan lokasi penyortiran secara otomatis. Perangkat keras utama yang digunakan meliputi Raspberry Pi sebagai unit pengolah OCR, Arduino Uno sebagai pengendali aktuator, kamera *webcam* untuk akuisisi citra, dan tiga motor servo sebagai penggerak lengan robot beserta gripper.

Metode penelitian meliputi perancangan sistem dengan Raspberry Pi sebagai pengolah OCR dan Arduino Uno sebagai pengendali servo berbasis IK dan PID. Kamera digunakan untuk menangkap citra objek, kemudian OCR mengenali karakter pada objek tersebut. Hasil pengenalan dikirim ke Arduino untuk dihitung sudut gerakannya menggunakan IK, sedangkan PID mengatur pergerakan servo agar stabil dan akurat. Pengujian dilakukan terhadap akurasi IK, penyetelan PID, error steady state (ESS), konsistensi, dan integrasi OCR–robot lengan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode IK mampu menghasilkan perhitungan sudut servo dengan deviasi 0° pada seluruh titik uji, *Error Steady State* (ESS) rata-rata berkisar antara 0° – $0,16^\circ$, serta tingkat konsistensi gerak yang sangat tinggi. Parameter PID dengan nilai $K_p = 50$ – 70 dan $K_d = 0,5$ – $1,2$ terbukti memberikan kompromi terbaik antara kecepatan respon dan kestabilan gerak, dengan *overshoot* yang 0% hingga $<1\%$. Integrasi OCR menghasilkan tingkat keberhasilan 100% pada label dengan kualitas cetak jelas, namun menurun signifikan hingga 0% pada label dengan kualitas rendah, menunjukkan bahwa kinerja keseluruhan sistem sangat dipengaruhi oleh akurasi OCR. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi IK, PID, dan OCR mampu mewujudkan sistem robot lengan otomatis 3 DOF yang presisi, stabil, dan adaptif, meskipun peningkatan akurasi OCR dan optimasi parameter PID masih diperlukan untuk performa yang lebih andal pada kondisi lapangan yang bervariasi.

Kata kunci: Robot Lengan, *Inverse Kinematics*, PID, OCR, Penyortiran Otomatis

ABSTRACT

This research focuses on the design and development of a 3-degree-of-freedom (DOF) automatic robotic arm system equipped with a gripper, capable of independently sorting objects based on character recognition results. The system is designed to integrate the Inverse Kinematics (IK) method and Proportional–Integral–Derivative (PID) control to precisely regulate servo movements, and is combined with Optical Character Recognition (OCR) to enable the robot to automatically determine the sorting location. The main hardware components include a Raspberry Pi as the OCR processing unit, an Arduino Uno as the actuator controller, a webcam for image acquisition, and three servo motors to drive the robotic arm and gripper.

The research methodology includes system design with a Raspberry Pi serving as the OCR processor and an Arduino Uno controlling the servos using IK and PID. A camera captures images of the objects, which are then processed by the OCR system to recognize their characters. The recognition results are transmitted to the Arduino, where servo joint angles are computed using IK, while PID ensures stable and accurate servo movements. The system was tested for IK accuracy, PID tuning, Error Steady State (ESS), motion consistency, and OCR–robot integration.

Experimental results demonstrate that the IK method can compute servo joint angles with a deviation of 0° at all tested points, while the ESS averaged between 0° and 0.16° , and the motion consistency was highly reliable. PID parameters with Kp values of 50–70 and Kd values of 0.5–1.2 provided the best compromise between response speed and motion stability, with overshoot 0% until $<1\%$. OCR integration achieved a 100% success rate on clearly printed labels but dropped significantly to 0% for low-quality labels, indicating that the overall system performance is highly dependent on OCR accuracy. This study confirms that the integration of IK, PID, and OCR can realize a 3-DOF automatic robotic arm system that is precise, stable, and adaptive, although improvements in OCR accuracy and PID parameter optimization are still required for more reliable performance under varied real-world conditions.

Keywords: *Robotic Arm, Inverse Kinematics, PID, OCR, Automatic Sorting*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan penulis kemudahan untuk menyelesaikan penyusunan penelitian ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa'atnya di akhirat nanti. Atas adanya rahmat yang telah diberikan Allah SWT sehingga penulis bisa dapat menyusun Penelitian dengan judul “RANCANG BANGUN DAN ANALISIS KINERJA ROBOT LENGAN MENGGUNAKAN *INVERSE KINEMATICS* DAN *PID TUNING*”

Keberhasilan penulisan penelitian ini tentu tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat akademis bagi setiap mahasiswa/mahasiswi Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan sehingga pembaca mungkin merasa kurang puas dengan apa yang telah penulis sampaikan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar pada penyusunan selanjutnya dapat menghasilkan karya tulis yang lebih sempurna. Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang telah diberikan, dengan harapan ilmu yang disampaikan dalam penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca, khususnya bagi penulis sendiri.

Jakarta, Agustus 2025

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN <i>SIMILARITY</i>.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Arm Robot.....	10
2.3 Mikrokontroler	11
2.3.1 Arduino	13
2.3.2 Raspberry Pi	14
2.4 Motor Servo	15
2.5 <i>Inverse Kinematics</i>	17
2.6 P.I.D	18

BAB III.....	19
PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM	19
3.1 Diagram Blok.....	19
3.2 Perancangan Mekanik	20
3.3 Perancangan Elektrikal.....	22
3.4 Perancangan Perangkat Lunak	23
3.5 Integrasi Sistem.....	25
3.6 <i>Flowchart</i>	27
BAB IV	30
HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Implementasi Sistem.....	30
4.1.1 Perangkat Keras	30
4.1.2 Realisasi Sistem	31
4.2 Hasil Pengujian	32
4.2.1 Pengujian Inverse Kinematik	32
4.2.2 Pengujian <i>Tuning</i> PID	33
4.2.3 Pengujian ESS.....	40
4.2.4 Pengujian Konsistensi	44
4.2.5 Pengujian Integrasi.....	46
BAB V.....	48
KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arm Robot.....	11
Gambar 2. 2 Sistem Mekanik Motor Servo	16
Gambar 3. 1 Diagram Blok	20
Gambar 3. 2 3d Desain.....	21
Gambar 3. 3 Perancangan Elektrikal.....	23
gambar 3. 4 Potongan Program Perintah Raspberry Kepada Arduino	24
Gambar 3. 5 Potongan Program Deklarasi Perintah IK dan PID.....	25
Gambar 3. 6 Hasil Integrasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	27
Gambar 3. 7 Flowchart Sistem.....	29



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya.....	7
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino.....	14
Tabel 2. 3 Spesifikasi Raspberry Pi 3b+	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat	19
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Inverse Kinematik.....	32
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tuning Pid Dengan $K_p=50$, $K_i=0$, $K_d=0.5$	34
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Tuning Pid Dengan $K_p=70$, $K_i=0$, $K_d=1.2$	35
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Tuning Pid Dengan $K_p=30$, $K_i=0$, $K_d=2$	36
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Tuning Pid Dengan $K_p=20$, $K_i=0$, $K_d=0.8$	37
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Tuning Pid Dengan $K_p=60$, $K_i=0$, $K_d=0$	38
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Ess Dengan Titik Sudut 75 Derajat	41
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Ess Dengan Titik Sudut 180 Derajat	42
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Ess Dengan Titik Sudut 0 Derajat	44
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Konsistensi.....	45
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Integrasi	46