

**IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI PERGERAKAN ROBOT
PARALEL DELTA 3-DOF PADA LINTASAN LURUS**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan

Oleh

Rafi Tsaqif Athooyaa

221341038



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Implementasi Sistem Kendali Pergerakan Robot Paralel Delta 3-
DoF pada Lintasan Lurus**

Oleh:

Rafi Tsaqif Athooyaa

221341038

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 15 Juli, 2025

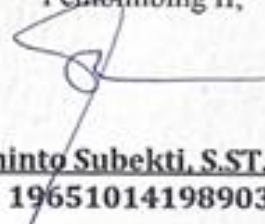
Disetujui,

Pembimbing I,



Nur Jamiludin Ramadhan S.Tr.,
M.T
NIP. 199402272020121005

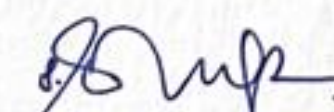
Pembimbing II,



Ruminto Subekti, S.ST., M.T.
NIP. 196510141989031002

Disahkan,

Penguji I,



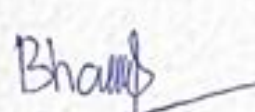
Dr. Susetvo Bagas
Bhaskoro, S.ST., M.T.
198706222015041002

Penguji II,



Dr. Setyawan Aje
Sukarno, S.ST., M.T.
198004282008102001

Penguji III,



Sandy Bhawana Mulia,
S.Pd., M.T.
198611052019031009

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafi Tsaqif Athooyaa
NIM : 221341038
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Implementasi Sistem Kendali Pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF pada Lintasan Lurus

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 15 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

(Rafi Tsaqif Athooyaa)
NIM 221341038

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafi Tsaqif Athooyaa
NIM : 221341038
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Implementasi Sistem Kendali Pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF pada Lintasan Lurus

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 15 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

(Rafi Tsaqif Athooyaa)
NIM 221341038

MOTO PRIBADI

“Scio me nihil scire”- Socrates

Aku tahu bahwa aku tidak mengetahui apa-apa

Dengan pena sebagai lentera dan data sebagai kompas, karya tulis ini adalah upaya menyibak kabut tebal ketidaktahuan, bukan untuk mengklaim telah menemukan seluruh kebenaran, melainkan untuk sekadar memetakan satu jalur setapak yang lebih terang bagi penjelajah berikutnya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul: “Implementasi Sistem Kendali Pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF pada Lintasan Lurus”. Penulisan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Mekanika, Politeknik Manufaktur Bandung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menghaturkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekanika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekanika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
4. Orang Tua tercinta, atas doa yang tiada henti, serta dukungan moril dan materil yang tak ternilai.
5. Bapak Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., M.T., selaku Pembimbing I, atas segala waktu, arahan, dan masukan yang sangat berharga.
6. Bapak Ruminto Subekti, S.ST., M.T., selaku Pembimbing II, atas bimbingan danawasannya yang telah membantu mengarahkan pengerjaan tugas akhir ini.
7. Segenap jajaran Dosen Penguji tugas akhir, Bapak Dr. Susetyo Bagas Bhaskoro, S.ST., M.T., Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.T., Bapak Sandy Bhawana Mulia, S.Pd., M.T. atas kesediaan, waktu, serta saran dan kritik yang membangun selama proses sidang tugas akhir.
8. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng., Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., dan Bapak Rizqi Aji Pratama, S.Pd., M.Pd.

9. Rekan-rekan seperjuangan, atas segala semangat, diskusi, dan kebersamaan yang telah menemani selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, 15 Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

Robot paralel Delta 3-DoF banyak digunakan dalam industri perakitan dan pengemasan karena kecepatan dan presisinya. Tantangan utama robot ini adalah menjaga kestabilan lintasan, khususnya dalam mengoordinasikan tiga aktuator yang saling terhubung, karena ketidaktepatan gerak dapat memengaruhi akurasi dan keterulangan posisi *end-effector*. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali pergerakan lintasan lurus pada robot paralel Delta 3-DoF menggunakan kontrol point-to-point dengan interpolasi linear yang didukung perhitungan kinematika maju, inverse kinematics, dan inverse Jacobian. Evaluasi sistem dilakukan melalui pengujian pose accuracy, *path accuracy*, dan repeatability. Hasil pengujian menunjukkan akurasi posisi sebesar 99,89% untuk sumbu X, 99,56% untuk sumbu Y, dan 97,53% untuk sumbu Z. Pada *path accuracy*, sistem mempertahankan akurasi rata-rata 99,13% khusus pada sumbu X. Repeatability menunjukkan deviasi maksimum sebesar 0,1 mm hingga 0,23 mm di setiap sumbu. Dengan hasil tersebut, sistem kendali yang dirancang terbukti mampu menjaga kestabilan lintasan lurus dan menghasilkan pergerakan dengan tingkat akurasi serta keterulangan yang baik, sehingga layak diterapkan pada aplikasi industri dengan toleransi posisi di bawah 2 mm.

Kata kunci: Robot Delta, *Trajectory Planning*, Kinematika robot, *inverse jacobians*, Interpolasi Linear

ABSTRACT

The 3-DoF Delta Parallel Robot is widely used in industrial assembly and packaging due to its speed and precision. The main challenge of this robot is maintaining trajectory stability, especially in coordinating three interconnected actuators, as motion inaccuracies can affect the accuracy and repeatability of the end-effector's position. This study aims to design and implement a control system for linear trajectory motion on a 3-DoF Delta Parallel Robot using point-to-point control with linear interpolation, supported by forward kinematics, inverse kinematics, and inverse Jacobian calculations. System performance was evaluated through pose accuracy, path accuracy, and repeatability tests. The results show position accuracy of 99.89% on the X-axis, 99.56% on the Y-axis, and 97.53% on the Z-axis. For path accuracy, the system maintained an average accuracy of 99.13% specifically on the X-axis. Repeatability tests indicated a maximum deviation of 0.1 mm to 0.23 mm on each axis. These results confirm that the designed control system is capable of maintaining stable linear trajectories while delivering reliable accuracy and repeatability performance, making it suitable for industrial applications with position tolerance requirements below 2 mm.

Keywords: *Delta Robot, Trajectory Planning, Kinematics Robot, Inverse Jacobian, Linear Interpolation*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
I. BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 Robot Paralel Delta	II-1
II.1.2 Analisis Kinematik.....	II-2
II.1.3 <i>Inverse Jacobians</i>	II-5
II.1.4 Trajectory Planning.....	II-6
II.2 Tinjauan Alat.....	II-7
II.2.1 PLC Haiwell.....	II-7
II.2.2 Motor Stepper Nema 23	II-7
II.2.3 Driver TB 6600	II-8
II.2.4 Limit Switch.....	II-9
II.2.5 Visual Studio Code	II-10
II.3 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-11
III. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Perancangan Sistem (<i>System Design</i>)	III-3
III.1.1 <i>Overall Function (Blackbox)</i>	III-3

III.1.2	<i>Subfunctions (Glassbox)</i>	III-4
III.2	<i>Domain Spesific Design</i>	III-5
III.2.1	Perancangan Sistem Mekanik	III-5
III.2.2	Perancangan Sistem Elektrik.....	III-8
III.2.3	Perancangan Sistem Informatik	III-11
III.2.4	Perancangan Sistem Kendali.....	III-13
III.3	<i>Modelling and Model Analysis</i>	III-13
III.3.1	Pemodelan Area Kerja	III-13
III.4	<i>System Integration</i>	III-15
III.5	<i>Lab-scale Prototype</i>	III-16
IV.	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Implementasi Perancangan	IV-1
IV.1.1	Implementasi Perancangan Mekanik	IV-1
IV.1.2	Implementasi Perancangan Elektrik.....	IV-4
IV.1.3	Implementasi Perancangan Informatik	IV-4
IV.2	Hasil Pemodelan Area Kerja.....	IV-5
IV.3	Hasil Pengujian Kendali Pergerakan Robot.....	IV-6
IV.3.1	Pengujian Torsi Motor Stepper	IV-6
IV.3.2	Hasil Pengujian Akurasi Posisi End Effector.....	IV-14
V.	BAB V PENUTUP	v
V.1	Kesimpulan	v
V.2	Saran.....	vi
	DAFTAR PUSTAKA	vii
	LAMPIRAN	vi

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Studi Penelitian Terdahulu	II-11
Tabel IV. 1 Pengujian <i>Path Accuracy</i> pada sumbu X.....	IV-15
Tabel IV. 2 Pengujian <i>Path Accuracy</i> pada sumbu Y.....	IV-16
Tabel IV. 3 Pengujian <i>Path Accuracy</i> pada sumbu Z	IV-17
Tabel IV. 4 Pengujian <i>Path Accuracy</i> pada sumbu XY.....	IV-18
Tabel IV. 5 Pengujian <i>Path Accuracy</i> pada sumbu XZ	IV-19
Tabel IV. 6 Pengujian <i>Path Accuracy</i> pada sumbu YZ	IV-20
Tabel IV. 7 Pengujian <i>Pose Accuracy</i> pada sumbu X, Y, Z	IV-21

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Konstruksi Dasar Robot Delta [22]	II-1
Gambar II. 2 Proyeksi robot delta pada bidang YZ[24].....	II-3
Gambar II. 3 Titik potong ketiga bidang.....	II-5
Gambar II. 4 PLC Haiwell AH16S0T [29]	II-7
Gambar II. 5 Motor Stepper Nema 23 (Source : holrymotor.com).....	II-8
Gambar II. 6 Driver Motor TB6600 (Sumber : Aliexpress.com)	II-9
Gambar II. 7 Limit Switch[33].....	II-10
Gambar II. 8 Visual Studio Code [34]	II-10
Gambar III. 1 Struktur VDI 2206[36].....	III-2
Gambar III. 2 <i>Overall Function</i>	III-3
Gambar III. 3 <i>Subfunctions</i>	III-4
Gambar III. 4 Gambaran Umum Sistem	III-5
Gambar III. 5 Perancangan Purwarupa Robot Paralel Delta.....	III-6
Gambar III. 6 Perancangan <i>Bracket</i> dan <i>Gearbox Cycloidal</i>	III-7
Gambar III. 7 Perancangan Spesimen Media Uji.....	III-8
Gambar III. 8 Skema <i>Wiring</i> Komunikasi Sistem	III-9
Gambar III. 9 Skema <i>Wiring</i> Daya dan Kontrol Sistem	III-9
Gambar III. 10 Diagram Alir Sistem.....	III-11
Gambar III. 11 Perancangan <i>GUI</i> Robot Paralel Delta.....	III-12
Gambar III. 12 Diagram Blok Sistem Kendali <i>Open Loop</i>	III-13
Gambar III. 13 Simulasi Area Kerja	III-14
Gambar IV. 1 Implementasi Purwarupa Robot Paralel Delta	IV-2
Gambar IV. 2 Implementasi <i>Bracket</i> dan <i>Gearbox Cycloidal</i>	IV-3
Gambar IV. 3 Implementasi Spesimen Media Uji	IV-3
Gambar IV. 4 Panel Kontrol	IV-4
Gambar IV. 5 Layar Pembuka	IV-4
Gambar IV. 6 Layar Utama.....	IV-5
Gambar IV. 7 Hasil Simulasi Area Kerja.....	IV-6
Gambar IV. 8 Pengujian <i>Detent Torque</i> Jarak Poros 50 mm dan 100 mm tanpa <i>gearbox</i>	IV-7
Gambar IV. 9 Pengujian <i>Detent Torque</i> Jarak Poros 150 mm dan 200 mm tanpa <i>gearbox</i>	IV-8
Gambar IV. 10 Pengujian <i>Detent Torque</i> Jarak Poros 250 mm dan 300 mm tanpa <i>gearbox</i>	IV-8
Gambar IV. 11 Pengujian <i>Detent Torque</i> Jarak Poros 50 mm dan 100 mm dengan <i>gearbox</i>	IV-9
Gambar IV. 12 Pengujian <i>Detent Torque</i> Jarak Poros 150 mm dan 200 mm dengan <i>gearbox</i>	IV-9
Gambar IV. 13 Pengujian <i>Detent Torque</i> Jarak Poros 250 mm dan 300 mm dengan <i>gearbox</i>	IV-10
Gambar IV. 14 Pengujian <i> Holding Torque</i> Jarak Poros 50 mm dan 100 mm tanpa <i>gearbox</i>	IV-11
Gambar IV. 15 Pengujian <i> Holding Torque</i> Jarak Poros 150 mm dan 200 mm tanpa <i>gearbox</i>	IV-11
Gambar IV. 16 Pengujian <i> Holding Torque</i> Jarak Poros 250 mm dan 300 mm tanpa <i>gearbox</i>	IV-12

Gambar IV. 17 Pengujian <i> Holding Torque </i> Jarak Poros 50 mm dan 100 mm dengan <i> gearbox </i>	IV-12
Gambar IV. 18 Pengujian <i> Holding Torque </i> Jarak Poros 150 mm dan 200 mm dengan <i> gearbox </i>	IV-13
Gambar IV. 19 Pengujian <i> Holding Torque </i> Jarak Poros 250 mm dan 300 mm dengan <i> gearbox </i>	IV-13
Gambar IV. 20 Sebaran Data <i> Repeatability </i> Sumbu X.....	IV-22
Gambar IV. 21 Sebaran Data <i> Repeatability </i> Sumbu Y.....	IV-23
Gambar IV. 22 Sebaran Data <i> Repeatability </i> Sumbu Z.....	IV-24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Tuntutan.....	vi
Lampiran 2 <i>Drawing</i> Purwarupa Robot Paralel Delta (Sudut Minimum)	ix
Lampiran 3 <i>Drawing</i> Purwarupa Robot Paralel Delta (Sudut Maksimum)	x
Lampiran 4 <i>Drawing</i> Spesimen Media Uji	xi
Lampiran 5 Pengujian Torsi Motor	xii
Lampiran 6 Pengujian Akurasi Posisi	xii

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

DoF	= <i>Degree of Freedom</i>
PLC	= <i>Programmable Logic Controller</i>
CNC	= <i>Computer Numerical Control</i>
VDI	= <i>Verein Deutscher Ingenieure</i>
DoE	= <i>Design of Experiment</i>
Nm	= Newton meter
mm	= Milimeter
Kg	= Kilogram
g	= Gram

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kemampuan robot industri dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas produk telah mendorong peningkatan signifikan dalam implementasinya di berbagai sektor. Data tahun 2023 menunjukkan pemasangan sebanyak 541.302 unit[1] kebutuhan industri akan efisiensi operasional dan pengurangan kesalahan manusia telah mendorong adopsi robot industri secara global. Kinerja optimal dari robot-robot ini sangat bergantung pada sistem kendali pergerakannya, yang merupakan elemen krusial untuk menjamin akurasi dan efisiensi dalam menjalankan berbagai aplikasi otomasi yang kompleks. [2], [3], seperti perakitan otomatis, pengemasan[4], dan pengelasan[5]. Berbagai jenis robot, seperti robot seri dan paralel, memiliki karakteristik khusus yang disesuaikan dengan kebutuhan tertentu. Salah satu prioritas utama di industri adalah tugas pick and place, yang menuntut kecepatan, ketelitian, dan presisi tinggi dalam memanipulasi objek. [6], [7]. Robot paralel memiliki keunggulan dalam kecepatan, kekakuan, dan akurasi, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi pick and place yang membutuhkan gerakan berulang dengan stabilitas tinggi dalam waktu singkat. Namun, kinerjanya bergantung pada sistem kendali yang mampu mengatasi dinamika kompleks akibat koordinasi antaraktuator. Tantangan utama yang dihadapi adalah menjaga stabilitas lintasan, khususnya pada kondisi dinamis atau variasi beban. Hal ini menjadi penting dalam aplikasi industri, seperti perakitan dan pengemasan, sehingga pengembangan sistem kendali yang efektif untuk meningkatkan kestabilan lintasan lurus pada robot paralel Delta menjadi relevan untuk diteliti.

Pengendalian posisi dan kecepatan aktuator sangat bergantung pada parameter kendali yang digunakan. Tantangan utamanya adalah penyesuaian parameter dinamik, terutama saat sistem mengalami gangguan eksternal yang memengaruhi kinerja. [8]. Dalam konteks ini, pengembangan metode kontrol yang efektif menjadi sangat penting, terutama untuk aplikasi robotik seperti robot delta. Berbagai metode kontrol telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja robot delta, seperti penerapan perhitungan kontrol berbasis algoritma optimasi dan metode adaptif.

Studi terkini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma optimasi yang sebagian besar focus pada Gerakan berbentuk kurva atau *non-linear*, seperti *Forward and Inverse Kinematics*[9], [10], [11], [12], [13], [14], *Improved Butterfly Optimization Algorithm (IBOA)*[15], *Interpolation Linear*[16], [17], *Linear Active Disturbance Rejection Control (LADRC)*[18]. Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan adanya kekurangan dalam pengembangan kontrol yang efektif terhadap kestabilan gerak[19], [20]. Perhitungan yang dihasilkan dari berbagai macam pendekatan penelitian terdahulu sudah cukup baik dan terukur, namun penerapannya secara perangkat keras belum dilaksanakan sepenuhnya.

Pengerjaan Tugas Akhir ini berkontribusi pada pengembangan dan implementasi sistem kendali lintasan lurus yang efektif pada Robot Paralel Delta 3-DoF. Untuk menjawab tantangan ketidakstabilan gerak, dirancanglah sebuah sistem kendali presisi yang mengintegrasikan model inverse kinematics dengan perhitungan kecepatan berbasis inverse jacobian. Pendekatan ini diimplementasikan dalam kerangka gerak *Point-to-Point* (PTP) terinterpolasi, di mana lintasan lurus dipecah menjadi serangkaian segmen-segmen kecil yang dieksekusi secara sekuensial.

Metode ini bertujuan mengatasi kelemahan kendali konvensional, khususnya kesalahan posisi dan simpangan lintasan. Dengan memecah gerakan menjadi segmen kecil yang dieksekusi presisi, sistem dirancang untuk menghasilkan lintasan lurus yang stabil dan *repeatability* tinggi, sehingga robot dapat kembali ke posisi yang sama secara konsisten. Implementasi ini diharapkan meningkatkan presisi dan keandalan gerakan lurus pada Robot Paralel Delta 3-DoF.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Bagaimana rancangan sistem kendali yang dapat memastikan kestabilan lintasan lurus pada pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF?
2. Bagaimana sistem kendali dapat mengatasi instabilitas gerak yang memengaruhi gerakan lurus Robot Paralel Delta 3-DoF?
3. Bagaimana akurasi dan *repeatability* pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF pada lintasan lurus?

I.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas dan ruang lingkup pengerjaan tugas akhir dapat lebih terfokus, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yaitu:

1. Konstruksi mekanik robot Delta dibatasi pada penggunaan bahan profil aluminium dan komponen 3D print, serta menggunakan motor stepper tipe NEMA 23 sebagai aktuator utama.
2. Dimensi spesimen media uji dibatasi pada bidang dengan panjang 300 mm, lebar 220 mm, dan tinggi struktur 200 mm.
3. Pengujian torsi difokuskan pada validasi kemampuan sistem untuk menahan beban statis maksimum 14.7 N·m.
4. Pengendalian *end-effector* pada lintasan lurus menggunakan metode interpolasi linear
5. Aspek pengendalian yang dibahas hanya mencakup posisi dan kecepatan *end-effector*
6. Penerapan sistem kendali ini dilakukan pada tingkat implementasi awal pada Robot Paralel Delta 3-DoF

I.4 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diberikan, berikut adalah tujuan pengerjaan tugas akhir yang dapat dirumuskan:

1. Mengembangkan sistem kendali pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF yang efektif pada lintasan lurus
2. Merancang sistem kendali dan algoritma perhitungan yang dapat memastikan kestabilan lintasan lurus pada pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF
3. Memvalidasi akurasi dan repeatability pergerakan Robot Paralel Delta 3-DoF pada lintasan lurus melalui pengujian eksperimental untuk membuktikan kinerja sistem kendali yang diimplementasikan.

Adapun manfaat pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi yang memerlukan penggunaan Robot Paralel Delta. Pengerjaan tugas akhir ini diharapkan dapat menghasilkan sistem kendali Robot

delta yang lebih efektif dan *robust* pada lintasan lurus. Selain itu, hasil pengerjaan tugas akhir ini diharapkan menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut, baik dalam pengendalian robotik maupun otomatisasi industri, guna meningkatkan kinerja sistem dan tingkat akurasi. Hal ini dapat bermanfaat bagi peneliti dan akademisi di bidang robotika.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi realisasi dan pemaparan hasil pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran pengembangan dari tugas akhir untuk pengerjaan tugas akhir selanjutnya.