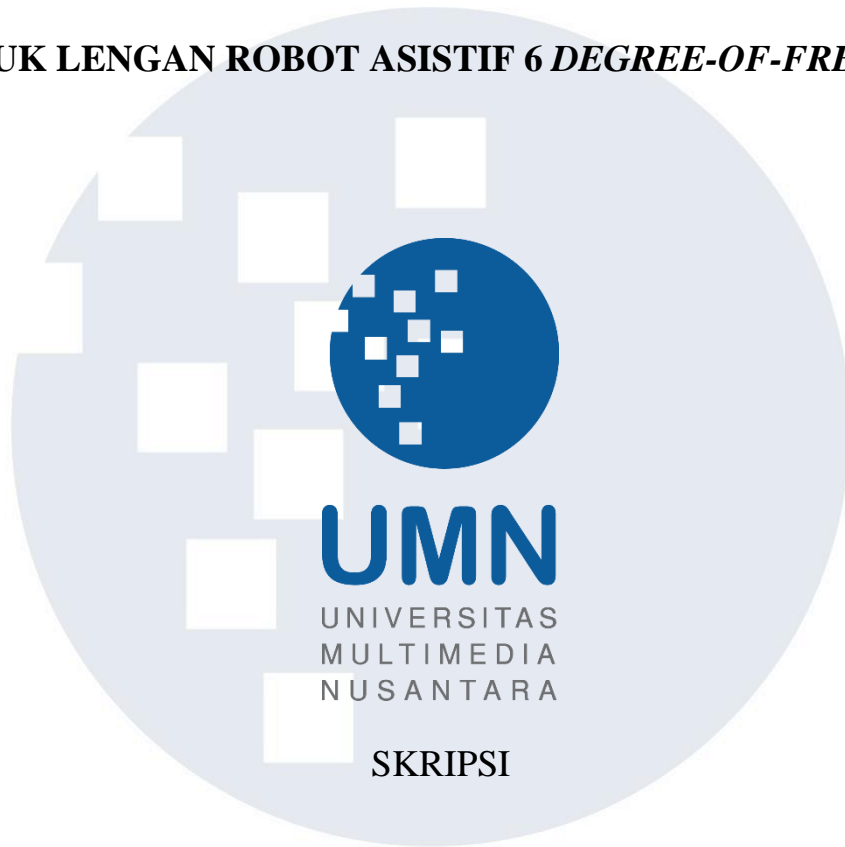


**PEMODELAN PERSAMAAN KINEMATIK DAN DINAMIK
UNTUK LENGAN ROBOT ASISTIF 6 *DEGREE-OF-FREEDOM***



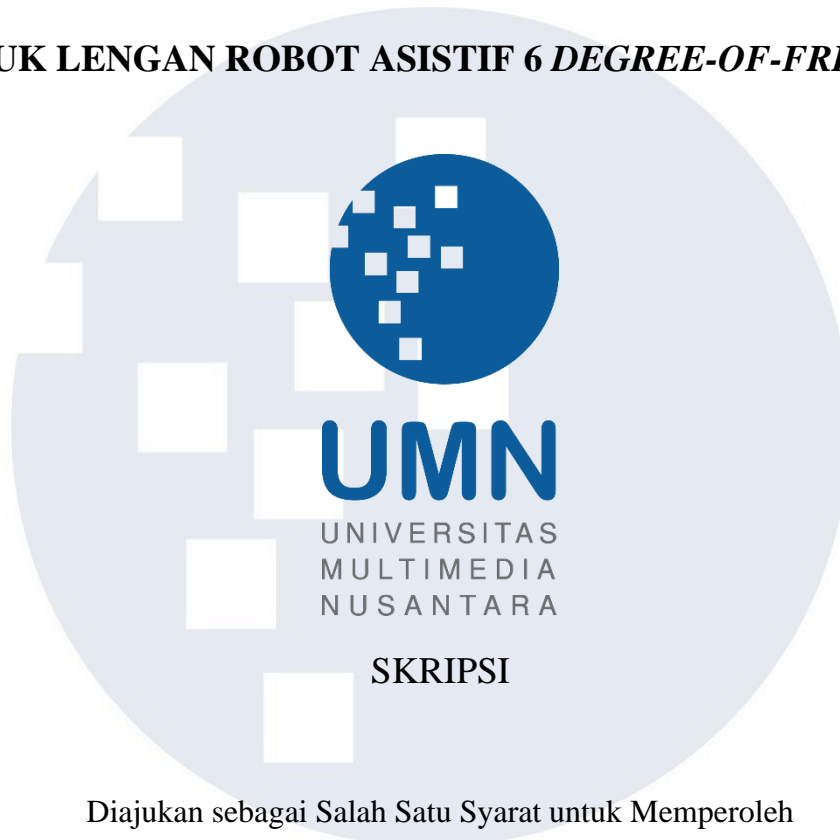
Edbert Gunawan

00000044385

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2024

**PEMODELAN PERSAMAAN KINEMATIK DAN DINAMIK
UNTUK LENGAN ROBOT ASISTIF 6 *DEGREE-OF-FREEDOM***



SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro

Edbert Gunawan

00000044385

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA**

TANGERANG

2024

i

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Edbert Gunawan

Nomor Induk Mahasiswa : **00000044385**

Program studi : Teknik Elektro

Skripsi dengan judul:

PEMODELAN PERSAMAAN KINEMATIK DAN DINAMIK UNTUK LENGAN ROBOT ASISTIF 6 DEGREE-OF-FREEDOM

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 13 Juni 2024



(Edbert Gunawan)

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul
PENERAPAN *INVERSE KINEMATIC* MELALUI PENDEKATAN
GEOMETRI UNTUK KONTROL POSISI LENGAN ROBOT
KOLABORATIF 6-DOF

Oleh

Nama : Edbert Gunawan
NIM : 00000044385
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah disetujui untuk diajukan pada
Sidang Ujian Skripsi Universitas Multimedia Nusantara

Tangerang, 13 Mei 2024

Pembimbing



Megantara Pura, S.T., M.T.
075103

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

PEMODELAN PERSAMAAN KINEMATIK DAN DINAMIK UNTUK
LENGAN ROBOT ASISTIF 6 DEGREE-OF-FREEDOM

Oleh

Nama : Edbert Gunawan
NIM : 00000044385
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Kamis, 30 Mei 2024

Pukul 09.00 s.d 13.00 dan dinyatakan

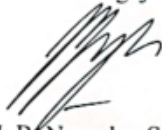
LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang


Dr. Ir. Prianggada Indra Tanaya, MME
078748

Penguji


M. B. Nugraha, S.T., M.T.
063831

Pembimbing


Megantara Pura, S.T., M.T.
075103

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Ahmad Syahril Muharom, S.Pd, M.T.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Edbert Gunawan
Nomor Induk Mahasiswa : 00000044385
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : Pemodelan Persamaan Kinematik dan Dinamik
untuk Lengan Robot Asistif 6 Degree-Of-Freedom

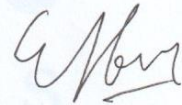
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia:

Memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya di repositori Knowledge Center, sehingga dapat diakses oleh Civitas Akademika/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial dan saya juga tidak akan mencabut kembali izin yang telah saya berikan dengan alasan apapun.

Saya tidak bersedia, dikarenakan:

Dalam proses pengajuan untuk diterbitkan ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*)*.

Tangerang, 30 Mei 2024



(Edbert Gunawan)


* Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI selama 6 bulan kedepan, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk diunggah ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas selesainya penulisan skripsi dengan judul: “Pemodelan Persamaan Kinematik dan Dinamik untuk Lengan Robot Asistif 6 *Degree-Of-Freedom*” dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ninok Leksono, M.A., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
 2. Dr. Eng Niki Prastono, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
 3. Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
 4. Megantara Pura, S.T., M.T., sebagai Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
 5. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
 6. Teman-teman dari program studi Teknik Elektro Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan inspirasi untuk mengerjakan tugas akhir.
- Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi para pembaca, baik sebagai informasi maupun sebagai sumber inspirasi.

Tangerang, 13 Juni 2024



(Edbert Gunawan)

PEMODELAN PERSAMAAN KINEMATIK DAN DINAMIK UNTUK LENGAN ROBOT ASISTIF 6 *DEGREE-OF-FREEDOM*

Edbert Gunawan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang lengan robot asistif yang digunakan dalam pengangkutan barang. Dalam menggunakan lengan robot, persamaan *inverse kinematics* perlu untuk dicari. Oleh karena itu, dalam penelitian ini robot kolaboratif diimplementasikan dengan menggunakan lengan robot. Persamaan *inverse kinematics* dari lengan robot dicari melalui pendekatan geometri. Setelah mengimplementasikan persamaan *inverse kinematics*, didapatkan hasil akurasi pergerakan lengan robot sebesar 84.01%. Hasil implementasi pengiriman data secara nirkabel dan integrasinya dengan *gripper* lengan robot telah berhasil dengan baik walaupun masih terdapat *delay* antara pengguna dengan lengan robot sebesar 1.05 detik. Lengan robot yang digunakan pada penelitian ini dapat menahan beban hingga 500 gram.

Kata kunci: Robot kolaboratif, inverse kinematics, lengan robot

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

KINEMATIC AND DYNAMIC MODELLING OF ASSISTIVE 6 DEGREES-OF-FREEDOM ROBOTIC ARM

Edbert Gunawan

ABSTRACT (English)

This research is done to make a design of assistive robot arm which used in transporting goods. When using a robot arm, the inverse kinematics equation needs to be found. Therefore, in this research collaborative robot is implemented using robot arm. The inverse kinematics equation of the robot arm is found using geometric approach. After implementing the inverse kinematics equation, the robot arm movement has accuracy of 84.01%. Implementation of wireless data transmission and its integration with the robot arm gripper have been successful although there is still delay time between the user and the robot arm for 1.05 second. Robot arm used in this project can hold weight up to 500 grams.

Keywords: *collaborative robots, inverse kinematics, robot arm*

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT (English)</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Konsep Sistem.....	3
1.4 Batasan Sistem.....	3
1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem	4
BAB II KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM	5
2.1 Konsep Desain Sistem	5
2.2 Spesifikasi Sistem	6
2.2.1 Subsystem Lengan Robot.....	6
2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi.....	6
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....	8
3.1 Tinjauan Desain Sistem	8
3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan.....	8
3.1.2 Desain Subsystem Lengan Robot	9
3.1.3 Desain Lengan Robot Ideal.....	10
3.1.4 Persamaan <i>Inverse Kinematics</i> Lengan Robot Ideal.....	14
3.1.5 Persamaan Dinamik Lengan Robot Ideal.....	16
3.1.6 Diagram Subsystem Lengan Robot.....	19
3.2 Implementasi Sistem	20
3.2.1 Hasil Implementasi	20

3.2.2	Hambatan dan Solusi Implementasi yang Diterapkan.....	24
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM.....	25
4.1	Hasil dan Analisis Pengujian Akurasi Subsystem Lengan Robot	25
4.2	Hasil dan Analisis Pengujian Pengiriman Data secara Nirkabel	40
4.3	Hasil dan Analisis Pengujian Integrasi Sistem Komunikasi Nirkabel dengan <i>Gripper</i> Lengan Robot	47
4.4	Analisis Hasil Pengujian Beban Lengan Robot.....	49
4.5	Analisis Dinamik Lengan Robot Hasil Implementasi dengan Dinamik Lengan Robot Ideal	50
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1	Simpulan	52
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	58

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penjelasan Input/Output Sistem Keseluruhan.....	8
Tabel 3.2 Penjelasan Input/Output Subsystem Lengan Robot	10
Tabel 3.3 Nilai Parameter DH Lengan Robot Ideal.....	11
Tabel 4.1 Hasil pengukuran dan perhitungan nilai akurasi lengan robot.....	26
Tabel 4.2 Hasil pengukuran dan perhitungan akurasi posisi end-effector lengan robot setelah penyesuaian persamaan inverse kinematics	37
Tabel 4.3 – Tabel Hasil Pengujian Akurasi Pengiriman Data	42
Tabel 4.4 Tabel Hasil Pengujian Kecepatan Pengiriman Data	44
Tabel 4.5 Data pengukuran kecepatan pengiriman dan penerimaan data.....	45
Tabel 4.6 Hasil pengujian integrasi sistem komunikasi nirkabel dengan gripper	48
Tabel 4.7 Hasil pengujian beban lengan robot.....	50
el 3.1 Penjelasan Input/Output Sistem Keseluruhan.....	8
Tabel 3.2 Penjelasan Input/Output Subsystem Lengan Robot	10
Tabel 3.3 Nilai Parameter DH Lengan Robot Ideal.....	11
Tabel 4.1 Hasil pengukuran dan perhitungan nilai akurasi lengan robot.....	26
Tabel 4.2 Hasil pengukuran dan perhitungan akurasi posisi end-effector lengan robot setelah penyesuaian persamaan inverse kinematics	37
Tabel 4.3 – Tabel Hasil Pengujian Akurasi Pengiriman Data	42
Tabel 4.4 Tabel Hasil Pengujian Kecepatan Pengiriman Data	44
Tabel 4.5 Data pengukuran kecepatan pengiriman dan penerimaan data.....	45
Tabel 4.6 Hasil pengujian integrasi sistem komunikasi nirkabel dengan gripper	48
Tabel 4.7 Hasil pengujian beban lengan robot.....	50

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Contoh Pengaplikasian Lengan Robot untuk Membantu Mengangkat Barang	3
Gambar 2.1 Hubungan Antara Subsistem Elbow Sleeve dan Subsistem Lengan Robot.....	5
Gambar 3.1 DFD EMG <i>Controlled Assistive Robotic Arm</i>	8
Gambar 3.2 Desain subsistem lengan robot.....	9
Gambar 3.3 DFD subsistem lengan robot.....	10
Gambar 3.4 Diagram kinematik Lengan Robot Ideal yang Ingin Diimplementasikan	11
Gambar 3.5 Posisi <i>End-Effector</i> Setelah Dirotasi oleh <i>Joint 1</i> (Titik P) dan Sebelum Rotasi (Titik P') dilihat dari bidang xy.	14
Gambar 3.6 Posisi <i>End-Effector</i> Sebelum Dirotasi oleh <i>Joint 1</i> (Titik P') Dilihat dari Bidang XZ.	15
Gambar 3.7 Posisi Pusat Massa dari <i>Link-1</i>	17
Gambar 3.7 <i>Wiring Diagram</i> Lengan Robot	19
Gambar 3.8 Lengan Robot 6 DOF	20
Gambar 3.9 <i>Wiring Diagram</i> Lengan Robot	21
Gambar 3.10 Posisi Lengan Robot sebelum Dirotasi oleh J1, Dilihat Pada Bidang X-Y	22
Gambar 4.1 Area pengujian akurasi dan presisi lengan robot	25
Gambar 4.2 Contoh Pengukuran Posisi <i>End-Effector</i> Lengan Robot.....	26
Gambar 4.3 Contoh Pengukuran Ketinggian <i>End-Effector</i> Lengan Robot.....	26
Gambar 4.4 Contoh hasil simulasi GeoGebra 3D Calculator	29
Gambar 4.5 Contoh hasil percobaan pada koordinat input (20, -20, -10).....	29
Gambar 4.6 Posisi motor servo untuk joint 2 hingga joint 4 untuk posisi akhir $z \geq -1$ cm	31
Gambar 4.7 Posisi motor servo untuk joint 2 hingga joint 4 untuk posisi akhir $z < -1$ cm.....	32
Gambar 4.8 Kondisi 1 untuk perhitungan nilai θ_1	33
Gambar 4.9 Kondisi 2 untuk perhitungan nilai θ_1	34
Gambar 4.10 Kondisi 3 untuk perhitungan nilai θ_1	35
Gambar 4.11 Kondisi 4 untuk perhitungan nilai θ_1	36
Gambar 4.12 Kondisi 5 untuk perhitungan nilai θ_1	36

Gambar 4.13 Posisi lengan robot setelah dilakukan penyesuaian persamaan inverse kinematic pada koordinat (20, -20, -10).....	39
Gambar 4.14 Rangkaian pengirim data (Arduino Nano).....	40
Gambar 4.15 Rangkaian penerima data (Arduino Mega 2560).....	41
Gambar 4.16 Contoh tampilan serial monitor penerima (kiri) dan pengirim (kanan)	41
Gambar 4.17 Pengujian integrasi sistem komunikasi nirkabel dengan gripper lengan robot	47
Gambar 4.18 Pengujian beban lengan robot	49

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Program pengujian <i>inverse kinematics</i>	58
Lampiran B: Program <i>sender</i> pengiriman data secara nirkabel	65
Lampiran C: Program receiver pengiriman data secara nirkabel	67
Lampiran D: Program <i>sender</i> integrasi komunikasi nirkabel dengan <i>gripper</i> lengan robot	69
Lampiran E: Program <i>receiver</i> integrasi komunikasi nirkabel dengan <i>gripper</i> lengan robot	71
Lampiran F: Formulir konsultasi skripsi	73
Lampiran G: Hasil turnitin	74
Lampiran H: Ukuran dan berat masing-masing <i>link</i> pada lengan robot ideal	75
Lampiran I: Perhitungan persamaan energi kinetik dan potensial pada persamaan Lagrange-Euler	77

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA