

TUGAS AKHIR

***SELF-LEARNING ROBOT DELTA DENGAN METODE
INVERSE KINEMATICS-ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (IK-ANN)***

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Imam Muthahhar

NIM : 41418110082

Pembimbing : Zendi Iklima, S.T., S.Kom., M.Sc.

**TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2020**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Imam Muthahhar
NIM : 41418110082
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Self-Learning Robot Delta dengan Metode Inverse Kinematics-
Artificial Neural Network (IK-ANN)

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tidak dalam paksaan.

Jakarta, Mei 2020

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Muhammad Imam Muthahhar

LEMBAR PENGESAHAN

*SELF-LEARNING ROBOT DELTA DENGAN METODE
INVERSE KINEMATICS-ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (IK-ANN)*




UNIVERSITAS
MERCU BUANA

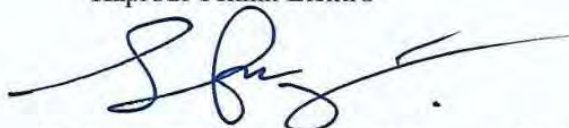
Disusun Oleh :

Nama : **Muhammad Imam Muthahhar**
NIM : 41418110082
Prodi : Teknik Elektro

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir


Zendi Iklima, S.T., S.Kom., M.Sc.

Kaprodi Teknik Elektro



Dr. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T.

Koordinator Tugas Akhir



Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, S.T., M.Sc.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah melimpahkan Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Self-Learning Robot Delta dengan Metode Inverse Kinematics-Artificial Neural Network (IK-ANN)”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Teknik Elektro di Universitas Mercu Buana.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan yang tiada terhingga baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih tersebut penulis tujukan kepada:

1. *Abi* dan *Ummi* atas jasa-jasanya, kesabaran, motivasi, dan do'a. Semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan, Karunia dan Keberkahan atas segala jasa yang telah diberikan kepada penulis.
2. Bapak *Zendi Iklima, ST, SKom, MSc.* selaku dosen pembimbing yang telah memberikan perhatian, bimbingan, dan meluangkan waktu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak *Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST, MSc.* selaku dosen TA on class yang telah memberikan petunjuk prosedural Tugas Akhir.
4. Ibu *Trie Maya Kadarina, ST, MT.* selaku dosen Metodologi Penelitian yang telah memberikan wawasan penelitian dan saran kepada penulis dalam pengajuan tugas akhir.
5. Bapak *Dr. Setiyo Budiyanto, ST, MT.* selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.

7. Hidayat Ramadhan Putra dan Irvan Ali Pratama, sahabat sekaligus rekan kerja yang selalu memberikan *support* dan *back-up* kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan.

Semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semua. Penulis sangat menyadari sepenuhnya bahwa laporan proyek akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala jenis kritik, saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat memberikan wawasan bagi pembaca dan yang paling utama penulis sendiri.

Jakarta, Mei 2020

Muhammad Imam Muthahhar



ABSTRAK

Robot Delta atau lebih dikenal dengan istilah *Parallel-Link Robot* adalah robot lengan yang memiliki tiga lengan yang dipasang secara paralel dengan sambungan tengah (*Central Joint*) yang merupakan efektor berupa *gripper* yang berguna sebagai pemindah benda di area kerja robot. Mekanisme Robot Delta untuk melakukan perpindahan posisi *end-effector* pada sumbu X, Y, dan Z dengan cara memperhitungkan *inverse kinematics* yang terjadi pada tiap-tiap lengan robot yang berguna untuk mengkonversi perpindahan posisi *end-effector* menjadi putaran yang harus dilakukan oleh motor stepper sebagai aktuator. Metode Artificial Neural Network digunakan sebagai pengganti kalkulasi inverse kinematics berbasis dataset. Dataset untuk proses training ANN diambil dari kalkulasi inverse kinematics sebelumnya dan hasil training berupa nilai ketinggian slider pada sumbu-Z yang akan dikonversi menjadi putaran motor stepper sebagai aktuator robot. Posisi end-effector yang terprogram oleh ANN diuji dengan tingkat keakuratan posisi sumbu-XY 95,72% dan sumbu-Z 95,15%.

Kata Kunci : *Robot Delta, Inverse Kinematics, Artificial Neural Network, Arduino.*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

Delta Robot or known as Parallel-Link Robot is an arm robot that consist of three arms mounted in parallel with the central joint which is an effector in the form of a gripper that is useful as a moving object in the robot workspace. Delta Robot mechanism for moving the end-effector position on the X, Y, and Z axis by calculating inverse kinematics that occur on each robot arm that is useful for converting the displacement of the end-effector position into a rotation of stepper motors as an actuator. The Artificial Neural Network method is used instead of dataset-based inverse kinematics calculations. The dataset for the ANN training process is taken from the inverse kinematics calculation beforehand and the results of the training are the height of the slider on the Z-axis to be converted into a stepper motor rotation as a robot actuator. The end-effector position that programmed by ANN was tested with the accuracy of the XY-axis position of 95.72% and the Z-axis of 95.15%.

Keywords : *Delta Robot, Inverse Kinematics, Artificial Neural Network, Arduino.*



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR ISTILAH	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Penelitian Terkait	4
2.2 Neural Network	5
2.2.1 Proses Kerja Neural Network pada Otak Manusia.....	6
2.2.2 Struktur Neural Network	7
2.3 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	9
2.4 A4988 Stepper Motor Driver	10
2.5 Motor Stepper	11
2.6 Rod End Bearing	12
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM	13
3.1 Diagram Blok	13
3.2 Diagram Alir (Flowchart)	14
3.3 Perancangan Mekanik	15
3.3.1 Perancangan Torsi Motor Stepper.....	17
3.3.2 Perancangan Perpindahan Posisi Slider	18
3.3.3 Analisa <i>Inverse Kinematics</i>	19

3.4 Perancangan Elektronik	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Pengambilan Data Dimensi Nyata Robot	23
4.1.1 Data Dimensi Panjang Lengan (L).....	24
4.1.2 Data Dimensi Radius Kecil (r).....	25
4.1.3 Data Dimensi Radius Besar (R)	26
4.2 Pemrograman	27
4.2.1 Pemrograman dengan Inverse Kinematics	28
4.2.2 Pemrograman dengan Artificial Neural Network	33
4.3 Pengujian Keakuratan Posisi End-Effector.....	36
BAB V PENUTUP	41
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	44
Lampiran 1 : Tabel Dataset untuk ANN.....	44
Lampiran 2 : Source Code Main Program Arduino IK-ANN.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Delta Robot dengan kontrol Arduino	5
Gambar 2.2. Ilustrasi neuron dengan model matematisnya.....	6
Gambar 2.3. Struktur Neuron pada Otak Manusia.....	7
Gambar 2.4. Gambar 2.3 Struktur ANN.....	8
Gambar 2.5. Bentuk fisik Arduino Mega2560.....	9
Gambar 2.6. Pin Out dari A4988	10
Gambar 2.7. Prinsip Kerja Motor Stepper.....	11
Gambar 2.8. Bentuk fisik motor stepper NEMA 17	11
Gambar 2.9. Bentuk Rod End Bearing	12
Gambar 3.1. Diagram Blok Perencanaan	13
Gambar 3.2. Flowchart pemrograman.....	14
Gambar 3.3. Desain bentuk fisik Delta Robot.....	15
Gambar 3.4. Objek Linear Aktuator/Slider	15
Gambar 3.5. Objek Motor Stepper	16
Gambar 3.6. Representasi visual kinematika robot Delta	19
Gambar 3.7. Visual pandangan atas dari platform robot.....	20
Gambar 3.8. Ilustrasi visual pada end effector	20
Gambar 3.9. Skema Rangkaian Elektronik.....	22
Gambar 4.1 Pandangan Isometri	23
Gambar 4.2 Pandangan Depan.....	23
Gambar 4.3 Lengan Imaginer	24
Gambar 4.4 Titik Imaginer F	25
Gambar 4.5 Titik Imaginer E.....	26
Gambar 4.6 Sketsa Workspace Robot.....	34
Gambar 4.7 Rekapitulasi Dataset pada Excel.....	35
Gambar 4.8 Dataset pada Program App Server.....	35
Gambar 4.9 Parameter ANN.....	35
Gambar 4.10 Output Training terhadap Dataset.....	36
Gambar 4.11 Pengujian dengan Jarum.....	37
Gambar 4.12 Pengukuran Posisi-Z Slider	38

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian Posisi End-Effector.....	37
Tabel 4.2 Pengujian Posisi End-Effector pada Sumbu-Z.....	38



DAFTAR ISTILAH

- SCARA Robot : Selective Compliance Assembly Robot Arm, digunakan di industri untuk Material Handling (Packaging, Assembly, dan Pick and Place). Struktur robot SCARA terdiri dari tiga lengan yang terdiri dari gerak rotasi dan translasi.
- Cartesian Robot : Robot industri yang memiliki tiga sumbu kendali utamanya berjenis linier (yaitu bergerak dalam garis lurus) dan berada pada sudut yang tetap satu sama lain.
- Articulated Robot : Robot dengan pergerakan bebas yang memiliki sendi putar untuk sector industry.
- Inersia : Kecenderungan semua benda fisik untuk menolak perubahan terhadap keadaan geraknya. Secara numerik, ini diwakili oleh massa benda tersebut. Prinsip inersia adalah salah satu dasar dari fisika klasik yang digunakan untuk memerikan gerakan benda dan pengaruh gaya yang dikenakan terhadap benda itu.
- Arduino : Pengendali mikro single-board yang bersifat sumber terbuka, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang.
- Actuator : Elemen yang mengkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lainnya misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat elektromagnetik yang menghasilkan daya gerakan sehingga dapat menghasilkan gerakan pada robot.
- End-effector : Pad piranti yang dipasang pada lengan robot yang terdiri dari dua jenis yaitu Pencengkram (griper) yang digunakan untuk memegang dan menahan obyek, peralatan (tool) yang

digunakan untuk melakukan operasi tertentu pada suatu obyek.

Forward Kinematics : Suatu fungsi yang memetakan posisi terhadap sudut. Pengendalian ini menggunakan beberapa parameter, yaitu di antaranya dengan posisi dan orientasi. Parameter posisi menentukan koordinat posisi robot, sedangkan orientasi menentukan frame (dimensi yang digunakan robot) pada masing-masing joint (titik sendi) pada robot.

Inverse Kinematics : Suatu fungsi yang memetakan sudut terhadap posisi. Fungsi kebalikan dari forward kinematics.

