

TUGAS AKHIR

ANALISA INVERSE KINEMATICS PADA PROTOTYPE 3-DOF ARM ROBOT DENGAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

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



Disusun Oleh:

Nama : Indra Sulaeman
N.I.M. : 41419110020
Pembimbing : Akhmad Wahyu Dani, ST., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA INVERSE KINEMATICS PADA PROTOTYPE 3-DOF ARM ROBOT DENGAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)



Disusun Oleh:

Nama : Indra Sulaeman

N.I.M. : 41419110020

Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Akhmad Wahyu Dani, S.T., M.T.)

Kaprodi Teknik Elektro

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

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafid Ibnu Hajar, S.T., M.Sc)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Indra Sulaeman
NIM : 41419110020
Jurusan : Teknik Elektro
Judul : *Analisa Inverse Kinematics* pada Prototype 3-DOF Arm Robot dengan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

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

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,

UNIVERSI
MERCU BUANA



(Indra Sulaeman)

NIM. 41419110020

KATA PENGANTAR

Pertama saya mengucapkan terima kasih kepada Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan karunia-nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa *Inverse Kinematics* pada Prototype 3-DOF *Arm Robot* dengan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*”. Skripsi ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan akibat keterbatasan pengetahuan serta pengalaman. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan puji syukur atas berkat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang telah mencurahkan karunianya serta ingin berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Bapak Akhmad Wahyu Dani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dan meluangkan waktu untuk masukan dan bimbingan.
2. Bapak Dr. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T. selaku dosen mata kuliah tugas akhir yang telah memberikan kesempatan dan petunjuk dalam penyusunan serta analisa penelitian ini.
3. Kepada orang tua tercinta yang telah memberi semangat, do'a dan dukungan moral yang tiada henti-hentinya kepada penulis serta nasehat yang membangun.
4. Kepada istriku tercinta, Ikbar Ar-rumaisha yang telah memberikan semangat dan do'a serta dukungan yang tiada henti.
5. Sahabat seperjuangan yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini terutama SONDY MARSUBEDI WISYUDHA yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam penyusunan tugas akhir ini agar dapat menyelesaikan tepat pada waktunya.
6. Dan semua teman-teman angkatan 35 Universitas Mercu Buana yg telah berjuang bersama-sama. -

Dalam penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu kritik dan saran sangat membangun penulis untuk penyempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga laporan ini berguna bagi pengembangan teknologi di masa depan.

Jakarta, 28 Januari 2021

Penulis,

(Indra Sulaeman)

NIM. 41419110020



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang sudah semakin maju memberi dampak pada perkembangan sistem kendali lengan robot. Sistem kendali lengan robot yang digunakan bermacam-macam. Beberapa teknik yang umum digunakan adalah metode *forward kinematics* dan *inverse kinematics*. Namun, metode *inverse kinematics* memiliki kompleksitas yang tinggi karena diperlukan perhitungan fungsi turunan dari *forward kinematics*.

Metode terbaru yang saat ini dapat digunakan yaitu metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Pada umumnya ANFIS dilakukan untuk memprediksi data keluaran berdasarkan pelatihan hubungan data masukan dan data keluaran yang dimuat dalam *dataset*. Penerapan metode ANFIS yang dilakukan pada penelitian ini sebagai solusi *inverse kinematics* untuk mengurangi kompleksitas dari metode tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan bahwa RMSE pada *inverse kinematics* bernilai 25.36137736 sedangkan RMSE pada metode ANFIS bernilai 42.18690271. Meskipun nilai *error* yang dihasilkan dari metode ANFIS cukup besar akibat beberapa faktor *error* yang mempengaruhinya, metode ANFIS ini terbukti dapat digunakan untuk kontrol lengan robot 3-DOF.

Kata kunci: lengan robot 3-DOF, *inverse kinematics*, ANFIS



ABSTRACT

Increasingly advanced technology has an impact on the development of the robot arm control system. Various robotic arm control systems are used. Some of the techniques commonly used are the forward kinematics and inverse kinematics methods. However, the inverse kinematics method has high complexity because it requires calculating the derived function of the forward kinematics.

The newest method currently available is the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) method. In general, ANFIS is carried out to predict the output data based on training on the relationship between input data and output data contained in the dataset. The ANFIS method applied in this study can be a solution to inverse kinematics to reduce the complexity of the method.

Based on the results of tests conducted, the RMSE in the inverse kinematics is 25.36137736 while the RMSE in the ANFIS method is 42.18690271. Although the error value generated from the ANFIS method is quite large due to several error factors that influence it, this ANFIS method is proven to be used for 3-DOF robot arm control.

Keywords: *3-DOF robot arm, inverse kinematics, ANFIS*



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS).....	8
2.3. Lengan Robot	12
2.3.1. Lengan Robot 3-DOF	12
2.4. Denavit-Hartenberg Parameter	13
2.4.1 <i>Link</i> Perantara dalam Deretan.....	13
2.4.2 <i>Link</i> Pertama dan Terakhir dalam Deretan	13
2.5. Raspberry Pi	14
2.6. <i>Stepping Motor</i>	17
2.6.1 Permanent Magnet Stepper Motor.....	18
BAB III PERANCANGAN ALAT	20
3.1. Perancangan Mekanika Robot 3-DOF	20
3.2. Pemodelan Struktur Robot 3-DOF dengan DH Parameter	21

3.3. Perancangan Sistem.....	26
3.3.1. Perancangan Struktur ANFIS	27
3.4. <i>Flowchart</i>	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil Perancangan Mekanik Robot 3-DOF	30
4.2. Pengujian Sistem	30
4.2.1. Pengujian Metode <i>Inverse Kinematics</i>	31
4.2.2. Pengujian Metode ANFIS.....	33
4.3. Analisa Pengujian.....	36
BAB V PENUTUP.....	38
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur ANFIS	9
Gambar 2.2 Lengan Robot 3-DOF	12
Gambar 2.3 <i>Frame Link</i> .	14
Gambar 2.4 Raspberry Pi <i>Pinout</i>	17
Gambar 2.5 <i>Permanen Magnet Stepper Motor</i>	18
Gambar 3.1 Alur Perancangan Mekanika Robot	20
Gambar 3.2 Rancangan 3D Mekanika Robot 3-DOF Menggunakan Software SolidWorks	21
Gambar 3.3 Pemodelan Robot 3-DOF berdasarkan Parameter Denavit-Hartenberg	22
Gambar 3.4 Skema Perancangan Sistem Kontrol	27
Gambar 3.5 <i>Membership Function</i> pada ANFIS untuk <i>Input X, Y, dan Z</i>	27
Gambar 3.6 Rancangan Struktur ANFIS	28
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Sistem	29
Gambar 4.1 <i>Prototype</i> Robot 3-DOF	30
Gambar 4.2 Pengukuran Posisi <i>End-effector</i>	31
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan <i>Input</i> dan <i>Output</i> pada Sumbu X dengan Metode <i>Inverse Kinematics</i>	32
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan <i>Input</i> dan <i>Output</i> pada Sumbu Y dengan Metode <i>Inverse Kinematics</i>	33
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan <i>Input</i> dan <i>Output</i> pada Sumbu Z dengan Metode <i>Inverse Kinematics</i>	33
Gambar 4.6 <i>Membership Function Fuzzy</i> pada ANFIS	34
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan <i>Input dan Output</i> pada Sumbu X dengan Metode ANFIS	35
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan <i>Input dan Output</i> pada Sumbu Y dengan Metode ANFIS	35

Gambar 4.9 Grafik Perbandingan *Input dan Output* pada Sumbu Z dengan Metode ANFIS

35



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi Alternatif GPIO pada Raspberry Pi 4	16
Tabel 3.1 Parameter Denavit pada Robot 3-DOF	22
Tabel 3.2 Penjelasan Penyederhanaan Notasi Trigonometri	23
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Metode <i>Inverse Kinematics</i> pada Robot 3-DOF	32
Tabel 4.2 Hasil Pengujian ANFIS pada Robot 3-DOF	34

