

**PEMBANGKIT GERAKAN TRAYEKTORI  
BERBASIS POLINOMIAL PADA ROBOT  
HUMANOID**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Mencapai Derajat Sarjana**



**Oleh:**

**Vivy Fauziah  
1800022023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN  
YOGYAKARTA  
2023**

**SKRIPSI**

**PEMBANGKIT GERAKAN TRAYEKTORI BERBASIS POLINOMIAL  
PADA ROBOT HUMANOID**

Yang diajukan oleh :

Vivy Fauziah

1800022023

Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Ahmad Dahlan

Telah disetujui untuk diuji oleh :

Pembimbing,

  
Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng.

8 Maret 2023

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PEMBANGKIT GERAKAN TRAYEKTORI BERBASIS POLINOMIAL  
PADA ROBOT HUMANOID**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Vivy Fauziah

1800022023

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal 22 Maret 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng

Anggota : 1. Dr. Riky Dwi Puriyanto, S.T., M.Eng.

: 2. Haris Imam Karim Fathurrahman, S.Pd., M.Sc.

Dekan

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan

Supardi, S.T., M.T., Ph.D.

NIY 60010313



## PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vivy Fauziah  
NIM : 1800022023  
Email : vivy1800022023@webmail.uad.ac.id  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul tugas akhir : Pembangkit Gerakan Trayektori Berbasis Polinomial pada Robot Humanoid.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain. Kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan dan disetujui oleh pembimbing

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, Maret 2023



Vivy Fauziah

## PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vivy Fauziah  
NIM : 1800022023  
Email : vivy1800022023@webmail.uad.ac.id  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul tugas akhir : Pembangkit Gerakan Trayektori Berbasis Polinomial pada Robot Humanoid.

Dengan ini saya menyatakan hak *Sepenuhnya* kepada Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengolahan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak):

- Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi *Repository* Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, Maret 2023


Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng.

Penulis



Vivy Fauziah

## **PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Vivy Fauziah  
NIM : 1800022023  
Email : vivy1800022023@webmail.uad.ac.id  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi/tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri; bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi/tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, Maret 2023

Yang Membuat Pernyataan



Vivy Fauziah

**MOTTO**

*Do or die, I gotta try*

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Diri Saya Sendiri, Kedua Orang Tua

Serta Tim Robot Humanoid R-SCUAD



## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

“Dan orang-orang yang berjihad untuk (mencari keridhaan) Kami, benar-benar akan Kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan Kami. Dan sesungguhnya Allah benar-benar beserta orang-orang yang berbuat baik” (QS. Al-Ankabut : 69).

Setelah melalui masa perkuliahan selama 9 semester, dan lebih dari 1 tahun proses pengerjaan, *Alhamdulillah* penulis akhirnya bisa menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pembangkit Gerakan Trayektori Berbasis Polinomial pada Robot Humanoid”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tulus kepada semua pihak yang telah meluangkan waktu untuk membantu, memberikan dukungan dan afirmasi positif sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih kepada :

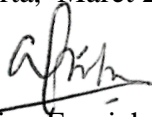
1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran selama proses pengerjaan skripsi.
2. Bapak Ony dan Ibu Mardia selaku orang tua yang selalu memberikan doa, serta dukungan sejak awal perkuliahan hingga saat pengerjaan tugas akhir.
3. Teman-teman *Galvano Control* (Andri, Rizki, Ajun, Ulud dan Ibeng).
4. Seluruh rekan dan Alumni dari tim R-SCUAD yang telah belajar dan berjuang bersama dalam tim. Miftahul Alim, terimakasih telah beradaptasi dan berkembang bersama.
5. Bapak Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan pengarahan dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Bapak Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tim robot humanoid R-SCUAD.

7. Seluruh jajaran staff dan pengajar Fakultas Teknologi Industri, khususnya Dosen Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan yang telah membagikan ilmu, serta mendidik penulis selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu, kritik dan saran bersifat membangun dari semua pihak diharapkan dapat membantu pada penulisan berikutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

*Wassalamualaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, Maret 2023



Vivy Fauziah

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xx</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Kajian Hasil Penelitian Terdahulu .....	6

2.2	Kerangka Teori.....	14
2.2.1	Kontes Robot Sepak Bola Indonesia – Humanoid (KRSBI-H) .....	14
2.2.2	Spesifikasi Ukuran Robot.....	15
2.2.2	<i>Framework</i> DARwIn-Op .....	17
2.3	Sistem Kendali Robot.....	19
2.3.1	ODROID XU-4 .....	19
2.3.2	Open CM9.04 .....	21
2.3.3	Servo.....	22
2.3.4	Catu Daya .....	24
2.4	Sistem Gerak Robot.....	24
2.4.1	Derajat Kebebasan.....	24
2.4.2	Metode <i>Record and play</i> .....	26
2.4.3	Metode <i>Inverse Kinematics</i> .....	27
2.4.4	Metode Trayektori berbasis polinomial .....	28
<b>BAB 3 METOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>31</b>
3.1	Bahan Penelitian.....	31
3.2	Alat Penelitian .....	31
3.3	Perancangan Sistem.....	32
3.3.1	Robot yang digunakan.....	32
3.3.2	Kerangka Robot.....	33
3.3.3	Spesifikasi Ukuran Robot.....	33
3.3.4	Konfigurasi Robot .....	35
3.4	Sistem Kendali Robot.....	37

3.4.1	Diagram Blok Sistem Robot.....	37
3.4.2	Diagram Alir Sistem.....	38
3.5	Pengujian Sistem .....	39
3.5.1	Penentuan <i>End-effector</i> dan Trayektori Gerakan .....	39
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>45</b>
4.1	Pengujian Sistem .....	45
4.2	Menentukan End-effector dan Trayektori Gerakan.....	45
4.3	Pengujian kecepatan pemanggilan gerakan.....	69
4.4	Perbandingan dengan metode sebelumnya.....	71
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>73</b>
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>78</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Ukuran Robot .....	15
<b>Gambar 2.2</b> Diagram <i>Framework</i> Ahmad .....	18
<b>Gambar 2.3</b> Diagram <i>Framework Motion</i> .....	18
<b>Gambar 2.4</b> ODROID XU-4.....	19
<b>Gambar 2.5</b> OpenCM9.04 .....	21
<b>Gambar 2.6</b> Expansion 485 .....	22
<b>Gambar 2.7</b> Motor Servo MX-28 (kiri) dan MX-64AR (kanan).....	23
<b>Gambar 2.8</b> Baterai LiPo 3S1P 3300 mAh.....	24
<b>Gambar 2.9</b> Ilustrasi DoF .....	25
<b>Gambar 2.10</b> Tampilan <i>Software Roboplus Motion</i> .....	27
<b>Gambar 3.1</b> Bentuk Robot.....	32
<b>Gambar 3.2</b> Kerangka Badan Robot.....	33
<b>Gambar 3.3</b> Design dan Penempatan Komponen.....	36
<b>Gambar 3.4</b> Diagram Blok Sistem Robot.....	38
<b>Gambar 3.5</b> Diagram Alir Proses Menendang.....	38
<b>Gambar 3.6</b> Titik Rotasi pada Kaki Robot .....	40
<b>Gambar 4.1</b> Posisi Sendi, <i>Links</i> dan Rotasi .....	46
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Polinomial Tkiri .....	51
<b>Gambar 4.3</b> Grafik TKiri – <i>Hip Yaw</i> .....	53
<b>Gambar 4.4</b> Grafik TKiri – <i>Hip Roll</i> .....	53
<b>Gambar 4.5</b> Grafik TKiri – <i>Knee Pitch</i> .....	53
<b>Gambar 4.6</b> Grafik TKiri – <i>Ankle Pitch</i> .....	54

<b>Gambar 4.7</b> Grafik TKiri – <i>Ankle Yaw</i> .....	54
<b>Gambar 4.8</b> Grafik TKiri – <i>Ankle Roll</i> .....	54
<b>Gambar 4.9</b> Ilustrasi Tampak Depan Robot Tkiri .....	55
<b>Gambar 4.10</b> Ilustrasi Tampak Samping Robot Tkiri .....	55
<b>Gambar 4.11</b> Robot Bersiap .....	55
<b>Gambar 4.12</b> Robot Memiringkan Badan .....	56
<b>Gambar 4.13</b> Robot Mengangkat Kaki.....	56
<b>Gambar 4.14</b> Robot Menendang.....	56
<b>Gambar 4.15</b> Robot Menarik Kaki .....	57
<b>Gambar 4.16</b> Robot Kembali ke Posisi Semula .....	57
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Polinomial Pendangan Kanan .....	58
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Tkanan – <i>Hip Yaw</i> .....	59
<b>Gambar 4.19</b> Grafik Tkanan – <i>Hip Roll</i> .....	59
<b>Gambar 4.20</b> Grafik Tkanan – <i>Knee Pitch</i> .....	59
<b>Gambar 4.21</b> Grafik Tkanan – <i>Ankle Pitch</i> .....	60
<b>Gambar 4.22</b> Grafik Tkanan – <i>Ankle Yaw</i> .....	60
<b>Gambar 4.23</b> Grafik Tkanan – <i>Ankle Roll</i> .....	60
<b>Gambar 4.24</b> Ilustrasi Tampak Depan Robot Tkanan .....	61
<b>Gambar 4.25</b> Ilustrasi Tampak Samping Robot Tkanan .....	61
<b>Gambar 4.26</b> Robot Bersiap .....	61
<b>Gambar 4.27</b> Robot Memiringkan Badan .....	62
<b>Gambar 4.28</b> Robot Mengayunkan Kaki.....	62
<b>Gambar 4.29</b> Robot Menendang.....	62

<b>Gambar 4.30</b> Robot Menarik Kaki .....	63
<b>Gambar 4.31</b> Robot Kembali ke Posisi Awal.....	63
<b>Gambar 4.32</b> Grafik Polinomial TSamping.....	64
<b>Gambar 4.33</b> Grafik Tsamping – <i>Hip Yaw</i> .....	65
<b>Gambar 4.34</b> Grafik Tsamping – <i>Hip Roll</i> .....	65
<b>Gambar 4.35</b> Grafik Tsamping – <i>Knee Pitch</i> .....	65
<b>Gambar 4.36</b> Grafik Tsamping – <i>Ankle Pitch</i> .....	66
<b>Gambar 4.37</b> Grafik Tsamping – <i>Ankle Yaw</i> .....	66
<b>Gambar 4.38</b> Grafik Tsamping – <i>Ankle Roll</i> .....	66
<b>Gambar 4.39</b> Ilustrasi Tampak Depan Robot Tsamping .....	67
<b>Gambar 4.40</b> Ilustrasi Tampak Samping Robot Tsamping .....	67
<b>Gambar 4.41</b> Robot Bersiap .....	67
<b>Gambar 4.42</b> Robot Mengangkat Kaki.....	67
<b>Gambar 4.43</b> Robot Mengayunkan Kaki.....	68
<b>Gambar 4.44</b> Robot Menendang Bola .....	68
<b>Gambar 4.45</b> Robot Menarik Kaki .....	68
<b>Gambar 4.46</b> Robot Kembali ke Posisi Awal.....	68
<b>Gambar 4.47</b> Grafik Perbandingan Kecepatan .....	70
<b>Gambar 4.48</b> Grafik Perbandingan Kecepatan .....	72



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis .....	11
<b>Tabel 2.2</b> Ukuran Robot .....	15
<b>Tabel 2.3</b> Ukuran Lapangan Pertandingan .....	16
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi ODROID XU-4 (Robotis).....	19
<b>Tabel 2.5</b> Spesifikasi OpenCM9.04 (Robotis) .....	22
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Ukuran Robot yang Digunakan Dalam Penelitian.....	33
<b>Tabel 3.2</b> Keterangan <i>Kinematics Class</i> .....	35
<b>Tabel 3.3</b> Penomoran serta Letak ID Servo .....	36
<b>Tabel 3.4</b> Sendi dan Batas Gerak .....	40
<b>Tabel 4.1</b> Tabel Denavit Hartenberg dan Matriks Transformasi.....	45
<b>Tabel 4.2</b> Nilai TKiri Menggunakan Polinomial Derajat Keempat .....	50
<b>Tabel 4.3</b> Nilai <i>Pose In</i> TKiri Menggunakan <i>Record and play</i> .....	52
<b>Tabel 4.4</b> Nilai TKanan Menggunakan Polinomial Derajat keempat .....	57
<b>Tabel 4.5</b> Nilai <i>Pose In</i> TKanan Menggunakan <i>Record and play</i> .....	58
<b>Tabel 4.6</b> Nilai TSamping Menggunakan Polinomial Derajat Keempat.....	63
<b>Tabel 4.7</b> Nilai <i>Pose In</i> TSamping Menggunakan <i>Record and play</i> .....	64
<b>Tabel 4.8</b> Kecepatan Pemanggilan Gerakan.....	69
<b>Tabel 4.9</b> Kecepatan Pemanggilan Gerakan.....	71

## DAFTAR LISTING

<i>Listing 2.1</i> Contoh Pemangilan Gerakan.....	27
<i>Listing 3.1</i> Program Kinematics Robot .....	34
<i>Listing 4.1</i> Menentukan Koefisien Tiap Sendi .....	48
<i>Listing 4.2</i> Fungsi Polinomial Derajat Keempat .....	49
<i>Listing 4.3</i> Invers Kinematik Kaki Robot.....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> <i>Listing</i> Program Utama.....	78
<b>Lampiran 2.</b> <i>Listing</i> Program Trayektori.....	141

## **Pembangkit Gerakan Trayektori Berbasis Polinomial pada Robot Humanoid**

Vivy Fauziah

1800022023

### **ABSTRAK**

Robot humanoid R-SCUAD adalah tim robot dari Universitas Ahmad Dahlan yang berlaga pada Kontes Robot Indonesia divisi Humanoid. Sebuah kompetisi Robotika yang fokus pada pengembangan robot humanoid dalam permainan sepak bola. Setiap robot dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan teknologi pendukung lainnya agar bisa mengenali lapangan pertandingan, mengidentifikasi bola, melakukan gerakan dasar seperti berjalan, menendang, bangun saat terjatuh, berkomunikasi dengan rekan satu tim, serta mengambil keputusan dalam permainan. Salah satu masalah yang dihadapi dalam pengembangan robot, yaitu pembangkitan gerakan. Metode yang saat ini digunakan, masih dibuat secara manual dengan mengandalkan intuisi dari operator robot. Robot seringkali gagal membangkitkan gerakan karena gerakan yang sudah direkam, tidak dimainkan dengan runtut.

Metode Trayektori berbasis polinomial adalah sebuah metode yang digunakan untuk membangkitkan gerakan robot yang lebih halus dan berkelanjutan karena bisa memberikan lebih banyak kendali atas bentuk lintasan. Metode ini dikembangkan menggunakan fungsi polinomial derajat ke empat untuk menentukan posisi awal hingga akhir gerakan robot. Trayektori memudahkan operator robot untuk memberi perintah kepada robot, bagaimana harus bergerak untuk mencapai posisi dan orientasi tertentu dan membiarkan trayektori untuk menentukan pergerakan robot agar bisa mencapai posisi tersebut.

Fokus utama dari penelitian ini adalah robot mampu untuk membangkitkan gerakan menendang dengan metode trayektori berbasis polinomial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot mampu membangkitkan gerakan tendangan kiri, tendangan kanan, dan tendangan samping. Robot mampu menggerakkan sendinya sesuai dengan lintasan dari initial hingga final position. Dari 10 kali uji coba, rata-rata waktu yang dibutuhkan robot untuk membangkitkan satu gerakan penuh adalah 5.334 detik untuk tendangan kiri, 6.099 detik untuk tendangan kanan dan 3.88 detik untuk tendangan samping.

Kata kunci : Robot Humanoid, Sepakbola robot, Trayektori, Polinomial

## **MOTION TRAJECTORY GENERATION BASED ON POLYNOMIAL METHOD FOR HUMANOID ROBOTS**

Vivy Fauziah

1800022023

### **ABSTRACT**

*Humanoid Robot is a robot whose shape and appearance resembles the human body and is equipped with technology so that it can carry out basic functions like humans in general. Robot Soccer Universitas Ahmad Dahlan (R-SCUAD) is one of Robotic Teams that competes on Indonesian Humanoid Robotic Soccer Competition. The focus of the competition is on developing humanoid robots that can play soccer, and each robot is equipped with sensors, actuators, and other supporting technologies to recognize the playing field, identify the ball, perform basic movements such as walking, kicking, standing up, communicating with teammates, and making decisions during the game.*

*One of the challenges in robot development is generating smooth and continuous movements. The currently used method of manual movement generation by the robot operator is often unsuccessful due to a lack of precision and consistency. Robots often fail to generate movements because the movements that have been recorded are not played coherently.*

*To address this issue, this research propose a trajectory generation method based on fourth-degree polynomial functions that allows for more precise control over the movement path. The operator can simply provide the robot with a target position and orientation, and the trajectory generates the necessary movement to reach the target. The main focus is on the robot's ability to generate kicking movements using this trajectory generation method. Results show that the robot successfully generated left, right, and side kicks, with an average time of 5.334 seconds for left kicks, 6.099 seconds for right kicks, and 3.88 seconds for side kicks, based on ten trials.*

*Keywords: Humanoid Robot, Robot Soccer, Trajectory, Polynomial*