

SKRIPSI
SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN *HUMANOID ROBOT*
BERODA MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:
AHMAD RIZKY AMIRULSYAH
03041281823051

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN HUMANOID ROBOT
BERODA MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

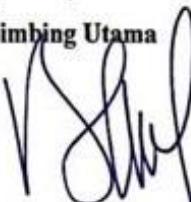
AHMAD RIZKY AMIRULSYAH
03041281823051

Inderalaya, 25 April 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Mengetahui,
Pembimbing Utama


Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T., IPM
NIP : 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Rizky Amirulsyah
NIM : 03041281823051
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 3%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Sistem Kendali Posisi Pada Pergerakan *Humanoid Robot* Beroda Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Inderalaya, 21 Juni 2022



Ahmad Rizky Amirulsyah

NIM. 03041281823051

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T.

Tanggal : 21 / Juni / 2022

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Rizky Amirulsyah

NIM : 03041281823051

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN HUMANOID ROBOT
BERODA MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada Tanggal 25 April 2021

Yang menyatakan,



Ahmad Rizky Amirulsyah

NIM. 03041281823051

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT . serta shalawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah SWT. penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Kendali Posisi Pada Pergerakan *Humanoid Robot* Beroda Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*”.

Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T., Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., dan Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc selaku pencetus, pengembang ide dan memberikan arahan serta bimbingan pada tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing akademik, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua, saudara, keluarga, dan teman-teman yang selalu memberikan semangat dan memberi dukungan baik secara mental, fisik, maupun finansial.
7. Aldaffo Tumago, Muhammad Iqbal, Sandi Darma, Reinaldy Akbar, Mutekyara, dan Muhammad Najan selaku rekan kerja yang selalu bersemangat dalam pembuatan *Humanoid Robot* pada tugas akhir ini.

8. Teman-teman satu angkatan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya 2018, khususnya konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini khususnya
9. Teman – teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu dan menyemangati
10. Dan pihak-pihak yang sangat membantu didalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Didalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penyusun, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi dan berguna untuk penyusun dimasa yang akan datang.

Inderalaya, 25 April 2022



Ahmad Rizky Amirul Syah

NIM. 03041281823051

ABSTRAK

SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN *HUMANOID ROBOT* BERODA MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*

(Ahmad Rizky Amirulsyah, 03041281823051, 2022, 114 Halaman)

Teknologi di bidang robotika telah mengalami perkembangan selama beberapa dekade terakhir. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya robot yang telah diciptakan, diantaranya adalah *humanoid robot* yang memiliki kemampuan untuk bergerak, berpikir, mengambil keputusan, ataupun melakukan interaksi dengan manusia. Pada penelitian ini, *humanoid robot* dirancang untuk dapat melakukan perpindahan posisi dari suatu tempat ke tempat lainnya, layaknya seorang manusia. Oleh karena itu, *humanoid robot* membutuhkan suatu sistem kendali atau *control system* yang bertugas untuk mengendalikan, dan mengatur keadaan dari suatu sistem secara otomatis. Sistem kendali *fuzzy logic* merupakan sebuah sistem kendali yang melakukan perhitungan matematis berdasarkan pada basis pengetahuan manusia sebagai pengendali, sehingga tidak membutuhkan model matematis dari proses yang dikendalikan. Pergerakan *humanoid robot* pada penelitian yang dilakukan, menggunakan *swerve drive* sebagai roda penggerak bertipe *holonomic* yang mampu bergerak ke segala arah dengan bebas. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah kemampuan dari *humanoid robot* dalam melakukan perpindahan posisi dengan akurat, berdasarkan respon dari *rules* yang diberikan. Pada penelitian ini penggunaan 7 *membership function* mendapatkan nilai akurasi terbaik dengan hasil rata-rata *error* 4.125 cm, sehingga semakin banyak *membership function* yang digunakan maka hasil yang didapat semakin stabil dan akurat.

Kata Kunci : *Humanoid Robot, Swerve Drive, Fuzzy Logic, Sistem Kendali, Posisi.*

ABSTRACT

CONTROL POSITION SYSTEM OF AN WHEELED HUMANOID ROBOT MOVEMENT USING FUZZY LOGIC METHOD

(Ahmad Rizky Amirulsyah, 03041281823051, 2022, 114 Pages)

Technology in the field of robotics has evolved over the last few decades. This can be seen from the number of robots that have been created, for example, humanoid robots that have the ability to move, think, make decisions, or interact with humans. In this study, humanoid robot is designed to be able to move from one place to another, just like a human. Therefore, humanoid robot requires a control system which job is to control, and regulate the state of a system automatically. Fuzzy logic control system is a control system capable of performing mathematical calculations based on human knowledge as a controller, so it does not require a mathematical model of a controlled process. The movement of the humanoid robot in this study uses a swerve drive as a holonomic type drive wheel that has the ability to move freely in all directions. The results obtained from this study are the ability of the humanoid robot to move positions accurately, based on the response by the given rules. In this study, the use of 7 membership function got the best accuracy with an average error of 4.125 cm, so the more membership functions used, the more stable and accurate the results will be.

Keywords: ***Humanoid Robot, Swerve Drive, Fuzzy Logic, Control System, Position.***

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR TABEL	ii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Keaslian Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>State Of the Art</i>	6
2.2. <i>Autonomous Robot</i>	10
2.3. <i>Humanoid Robot</i>	10
2.4. <i>Swerve Drive</i>	11
2.5. Kimematika	11
2.5.1. <i>Forward Kinematic</i>	12
2.5.2. <i>Inverse Kinematic</i>	13
2.6. Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i>	14
2.6.1. Struktur Dasar Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i>	15
2.6.2. Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> Metode Sugeno	16
BAB III. METODE PENELITIAN	18
3.1. Alur Penelitian	18
3.2. Tahap Studi Literatur	19
3.3. Tahap Perancangan Sistem	19
3.3.1. Perancangan <i>Hardware System</i>	19
3.3.2. Perancangan <i>Software System</i>	23
3.4. Tahap Pengujian Sistem	26
3.5. Tahap Analisa dan Kesimpulan	27
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Perancangan Alat	28
4.2. Pengujian Nilai Sensor Terhadap Nilai Sebenarnya	29
4.2.1. Pengujian perhitungan <i>rotary encoder</i>	29
4.2.2. Pengujian perhitungan sensor <i>gyroscope</i> MPU-6050	30
4.3. Pengujian Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> pada MATLAB	31
4.3.1. Perancangan sistem kendali <i>fuzzy logic</i>	31
4.3.2. Simulasi Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> <i>fuzzy logic</i> pada MATLAB	38
4.3.3. Pengujian Pergerakan pada Koordinat X Menggunakan MATLAB ...	39

4.3.4. Pengujian Pergerakan pada Koordinat X Menggunakan MATLAB ...	41
4.3.5. Pengujian Pergerakan Memutar Menggunakan MATLAB	43
4.4. Pengujian Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> pada kemudi <i>swerve drive</i>	45
4.5. Pengujian Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> pada <i>Humanoid Robot</i>	49
4.5.1. Pengujian pada Pergerakan Memutar	49
4.5.2. Pengujian pada Pergerakan ke Arah Kanan	52
4.5.3. Pengujian pada Pergerakan ke Arah Depan	56
4.5.3. Pengujian pada Pergerakan ke Arah Kanan-Depan.....	60
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
4.1. Kesimpulan	66
4.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Error</i> yang terhitung selama proses <i>backpropagation</i>	7
Gambar 2.2. (a). Fluktuasi data sensor pada <i>PID controller</i>	8
Gambar 2.2. (b). Fluktuasi data sensor pada <i>on-off algorithm</i>	8
Gambar 2.2. (c). Kecepatan motor pada <i>PID controller</i>	8
Gambar 2.2. (d). Kecepatan motor pada <i>on-off algorithm</i>	8
Gambar 2.3. (a). Hasil pengujian <i>mobile robot</i> pada bidang X	9
Gambar 2.3. (b). Hasil pengujian <i>mobile robot</i> pada bidang Y	9
Gambar 2.3. (c). Hasil pengujian <i>mobile robot</i> pada bidang X-Y	9
Gambar 2.4. Pergerakan robot menggunakan metode PDD ²	10
Gambar 2.5. Contoh <i>humanoid robot</i>	11
Gambar 2.6. Contoh <i>swerve drive</i>	11
Gambar 2.7. <i>Block diagram</i> kinematika	12
Gambar 2.8. Kinematika <i>swerve drive</i>	14
Gambar 2.9. Blok Diagram sistem kendali <i>fuzzy logic</i>	15
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> alur penelitian	18
Gambar 3.2. (a). Desain <i>swerve drive</i> tampak atas	19
Gambar 3.2. (b). Desain <i>swerve drive</i> tampak depan	19
Gambar 3.3. <i>Motor DC PG45</i>	20
Gambar 3.4. <i>Rotary encoder</i>	20
Gambar 3.5. Sensor <i>gyroscope</i> MPU-6050	21
Gambar 3.6. <i>Arduino Mega 2560</i>	21
Gambar 3.7. Motor Driver BTN 7970	22
Gambar 3.8. Potensiometer.....	22
Gambar 3.9. Sharp GP2Y0A02YK0F	23
Gambar 3.10. Flowchart algoritma	24
Gambar 3.11. Blok Diagram Sistem Kendali	25
Gambar 4.1. (a). Roda Penggerak <i>Swerve Drive</i> Tampak Depan.....	28
Gambar 4.1. (b). Roda Penggerak <i>Swerve Drive</i> Bagian Roda Pemutar.....	28
Gambar 4.1. (c). Roda Penggerak <i>Swerve Drive</i> Tampak Atas.....	29
Gambar 4.1. (d). Roda Penggerak <i>Swerve Drive</i> Tampak Samping	29
Gambar 4.2. (a). Fungsi Keanggotaan <i>fuzzy</i> 3 member <i>Input Koordinat XY</i>	32
Gambar 4.2. (b). Fungsi Keanggotaan <i>fuzzy</i> 3 member <i>Input Heading</i>	32
Gambar 4.3. (a). Fungsi Keanggotaan <i>fuzzy</i> 5 member <i>Input Koordinat XY</i>	32
Gambar 4.3. (b). Fungsi Keanggotaan <i>fuzzy</i> 5 member <i>Input Heading</i>	33
Gambar 4.4. (a). Fungsi Keanggotaan <i>fuzzy</i> 7 member <i>Input Koordinat XY</i>	33
Gambar 4.4. (b). Fungsi Keanggotaan <i>fuzzy</i> 7 member <i>Input Heading</i>	33
Gambar 4.5. Model <i>Simulink</i>	38
Gambar 4.6. (a). Simulasi Pergerakan Koordinat X dengan 3 Member	39

Gambar 4.6. (b). Simulasi Pergerakan Koordinat X dengan 5 Member.....	40
Gambar 4.6. (c). Simulasi Pergerakan Koordinat X dengan 7 Member	40
Gambar 4.7. (a). Simulasi Pergerakan Koordinat Y dengan 3 Member	41
Gambar 4.7. (b). Simulasi Pergerakan Koordinat Y dengan 5 Member.....	42
Gambar 4.7. (c). Simulasi Pergerakan Koordinat Y dengan 7 Member	42
Gambar 4.8. (a). Simulasi Pergerakan Rotasi dengan 3 Member	43
Gambar 4.8. (b). Simulasi Pergerakan Rotasi dengan 5 Member.....	44
Gambar 4.8. (c). Simulasi Pergerakan Rotasi dengan 7 Member	44
Gambar 4.9. (a). Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input</i> Kemudi dengan 3 Member...	46
Gambar 4.9. (b). Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input</i> Kemudi dengan 5 Member ..	46
Gambar 4.9. (c). Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input</i> Kemudi dengan 7 Member...	46
Gambar 4.10. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Kemudi dengan 3 Member	47
Gambar 4.10. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Kemudi dengan 5 Member.....	47
Gambar 4.10. (c). Hasil Pengujian Pergerakan Kemudi dengan 7 Member	48
Gambar 4.11. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Rotasi dengan 3 Member.....	50
Gambar 4.11. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Rotasi dengan 5 Member	50
Gambar 4.11. (c). Hasil Pengujian Pergerakan Rotasi dengan 7 Member.....	51
Gambar 4.12. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan dengan 3 Member pada Koordinat X	52
Gambar 4.12. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan dengan 3 Member pada Koordinat Y	53
Gambar 4.13. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan dengan 5 Member pada Koordinat X	53
Gambar 4.13. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan dengan 5 Member pada Koordinat Y	54
Gambar 4.14. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan dengan 7 Member pada Koordinat X	54
Gambar 4.14. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan dengan 7 Member pada Koordinat Y	55
Gambar 4.15. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Depan dengan 3 Member pada Koordinat X	57
Gambar 4.15. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Depan dengan 3 Member pada Koordinat Y	57
Gambar 4.16. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Depan dengan 5 Member pada Koordinat X	58
Gambar 4.16. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Depan dengan 5 Member pada Koordinat Y	58
Gambar 4.17. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Depan dengan 7 Member pada Koordinat X	59
Gambar 4.17. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Depan dengan 7 Member pada Koordinat Y	59

Gambar 4.18. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan Depan dengan 3 Member pada Koordinat X	61
Gambar 4.18. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan Depan dengan 3 Member pada Koordinat Y	62
Gambar 4.19. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan Depan dengan 5 Member pada Koordinat X	62
Gambar 4.19. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan Depan dengan 5 Member pada Koordinat Y	63
Gambar 4.20. (a). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan Depan dengan 7 Member pada Koordinat X	63
Gambar 4.20. (b). Hasil Pengujian Pergerakan Ke Kanan Depan dengan 7 Member pada Koordinat Y	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil Pengujian keseluruhan pada kecepatan 200 rpm.....	6
Tabel 2.2. Hasil Pengujian Data Sensor.....	7
Tabel 4.1. Pengujian Perhitungan <i>Rotary Encoder</i>	30
Tabel 4.2. Pengujian Perhitungan Sensor <i>Gyroscope</i> MPU-6050	31
Tabel 4.3. <i>Rules</i> Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> dengan 3 Member	34
Tabel 4.4. <i>Rules</i> Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> dengan 5 Member	34
Tabel 4.5. <i>Rules</i> Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> dengan 7 Member	35
Tabel 4.6. Nilai Keluaran Sistem Kendali <i>fuzzy logic</i>	38
Tabel 4.7. Hasil Simulasi Pergerakan Koordinat X	41
Tabel 4.8. Hasil Simulasi Pergerakan Koordinat Y	43
Tabel 4.9. Hasil Simulasi Pergerakan Rotasi	45
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Pergerakan Kemudi	49
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Pergerakan Rotasi	51
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Pergerakan Ke Arah Kanan	56
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Pergerakan Ke Arah Depan	60
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Pergerakan Ke Arah Kanan Depan Koordinat X	65
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Pergerakan Ke Arah Kanan Depan Koordinat Y	6

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi di bidang robotika telah mengalami perkembangan selama beberapa dekade terakhir. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya robot yang telah diciptakan oleh manusia, mulai dari robot dengan bentuk dan fungsi yang sederhana, hingga robot yang memiliki bentuk dan fungsi yang lebih kompleks, yang bahkan mampu mendekati kemampuan makhluk hidup, seperti manusia. Sebuah robot yang memiliki bentuk anatomi tubuh yang mirip seperti manusia ini biasa disebut sebagai *humanoid robot*. *Humanoid robot* pada umumnya tidak hanya memiliki kemiripan dalam hal bentuk anatomi tubuhnya saja, melainkan juga memiliki kemampuan untuk bertingkah laku layaknya manusia, seperti bergerak, berpikir, mengambil keputusan, ataupun melakukan interaksi dengan manusia [1].

Pada penelitian ini, *humanoid robot* dirancang untuk dapat melakukan perpindahan posisi dari suatu tempat ke tempat lainnya. Oleh karena itu, untuk melakukan pergerakan yang stabil layaknya seorang manusia, *humanoid robot* membutuhkan suatu sistem kendali atau *control system* yang bertugas untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Adapun sistem kendali yang dimiliki oleh *humanoid robot* ini harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan nilai keluaran yang diberikan dari suatu variabel proses, berupa posisi dimana *humanoid robot* berada agar posisi tujuan dari *humanoid robot* sesuai dengan nilai yang diinginkan. Penelitian-penelitian berkaitan dengan sistem kendali posisi dan pergerakan yang menggunakan berbagai macam metode telah banyak dilakukan, antara lain *controller PID*, *fuzzy logic*, *artificial neural network*, dan lain sebagainya. Akan tetapi, permasalahan yang umum dihadapi dari pengendalian pergerakan dan posisi dari suatu robot adalah kurangnya stabilitas dan presisi pada pergerakan suatu robot untuk berpindah dari posisi awal ke posisi tujuan. Oleh karena itu, sistem kendali yang mampu memberikan nilai presisi dan stabilitas yang baik sangat dibutuhkan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan umum dalam pengendalian pergerakan dan posisi dari sebuah robot. Penelitian Arif Rahman Hakim dkk, membahas tentang kontrol posisi pada sistem pergerakan *mobile* robot roda mekanum menggunakan kontrol PID berbasis *inverse kinematic* [2]. Puspito Ady Syahputro dalam penelitiannya membahas tentang rancang bangun sistem kontrol robot intai menggunakan metode *artificial neural network* [3]. Kemudian, Gabor Horvath dalam penelitiannya menggunakan metode *cerebellar model articulation controller* (CMAC) untuk pengendalian pergerakan robot [4]. Selanjutnya, Qinghe Wu menggunakan *genetic algorithms* untuk pelacakan lintasan robot beroda berdasarkan pengendali PID [5]. Berikutnya Mohammed Abdul Kader mengenai pengendalian posisi robot menggunakan sistem kendali PID *controller* dengan memanfaatkan sensor garis [6]. Penelitian lain dilakukan oleh Wu Longjun yang membahas mengenai kendali pergerakan *Mirosot Soccer Robot* menggunakan metode *proportional differential coefficient* dan *second step differential coefficient* (PDD²) [7].

Penelitian-penelitian tersebut dinilai sudah memberikan hasil yang cukup baik dalam implementasinya. Namun, masih terdapat beberapa kekurangan yaitu rendahnya tingkat akurasi dan sulit untuk membuat pergerakan yang lebih halus dan stabil. Penelitian yang dilakukan Arif Rahman Hakim yang masih memiliki nilai *error* yang besar, baik pada jarak maupun arah hadap robot [2]. Penelitian yang dilakukan Gabor Horvath membutuhkan banyak memori untuk melakukan pelatihan data, meskipun demikian hasil yang dicapai tidak terlalu akurat [4]. Penelitian yang dilakukan Puspito Ady Syahputro hanya mempertahankan posisi robot pada lintasan yang tidak datar, dan tidak menjelaskan mengenai perpindahan posisi robot [3]. Penelitian yang dilakukan Mohammed Abdul Kader belum mendapatkan hasil pergerakan yang stabil, dan masih membutuhkan sebuah garis lintasan agar robot dapat bergerak [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Qinghe Wu yang tidak akurat dan masih terbatas mengikuti robot virtual yang disimulasikan [5]. Pada penelitian yang lain, hasil yang didapat Wu Longjun membutuhkan waktu untuk mencapai kestabilan, dan hasil yang didapat tidak terlalu akurat [7].

Berdasarkan kekurangan yang telah diuraikan dari penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini digunakan metode *fuzzy logic* untuk membuat sistem kendali

posisi pada pergerakan *humanoid robot* yang lebih stabil dan lebih presisi. Sistem kendali *fuzzy logic* merupakan sebuah sistem kendali yang melakukan perhitungan matematis berdasarkan pada basis pengetahuan manusia sebagai pengendali, sehingga tidak membutuhkan model matematis dari proses yang dikendalikan [8]. Keunggulan dari sistem kendali *fuzzy logic* dibandingkan dengan pengendali lainnya adalah fleksibilitas dan kemudahan perancangan sistem yang kompleks, serta memungkinkan untuk membuat perhitungan yang presisi dengan data masukan yang tidak akurat atau tidak lengkap. Dengan demikian, pada penelitian ini sistem kendali *fuzzy logic* diimplementasikan sebagai sistem kendali posisi pada pergerakan *humanoid robot*, agar mendapatkan hasil keluaran yang lebih stabil dan presisi. Hal ini bertujuan agar, *humanoid robot* mampu melakukan perpindahan posisi dari lokasi awal menuju lokasi tujuan secara otomatis dan akurat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, *humanoid robot* harus memiliki kemampuan untuk dapat melakukan navigasi dari satu tempat ke tempat lainnya, seperti layaknya manusia pada umumnya. Akan tetapi, kurangnya stabilitas dan akurasi pada pergerakan robot pada sistem kendali yang digunakan pada penelitian sebelumnya, masih menjadi permasalahan yang harus diselesaikan.

1.3. Tujuan

Adapun berdasarkan perumusan masalah diatas, tujuan dan dari penelitian ini adalah

- a. Mengimplementasikan sistem kendali *fuzzy logic* sebagai sistem kendali posisi pada pergerakan *humanoid robot*.
- b. Melakukan pengujian nilai akurasi pada pergerakan *humanoid robot* dalam melakukan perpindahan posisi
- c. Melakukan pengujian nilai stabilitas pada navigasi dan kecepatan pergerakan *humanoid robot*.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka unsur penelitian ini dibatasi pada:

- a. Sistem kendali yang digunakan pada sistem kendali posisi adalah sistem kendali *fuzzy logic* metode sugeno.
- b. Nilai masukan yang diterima oleh sistem kendali berupa posisi tujuan robot pada koordinat kartesius, dan arah hadap robot pada sumbu z (*yaw*).
- c. Proses sistem kendali yang dilakukan, akan menggunakan mikrokontroler Arduino dengan bahasa pemrograman Arduino.
- d. Sensor yang digunakan sebagai masukan adalah sensor jarak, sensor *gyroscope*, dan *rotary encoder*.
- e. Luaran yang didapatkan berupa kecepatan perpindahan posisi yang dilakukan oleh *humanoid robot*.
- f. Perpindahan posisi *humanoid robot* dilakukan dengan menggunakan roda sebagai aktuatornya.

1.5. Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa kesamaan karakteristik dalam hal tema dan kajian, yaitu sistem kendali pergerakan dan posisi robot otomatis, diantaranya adalah penelitian dari Arif Rahman Hakim yang membahas tentang kontrol posisi pada sistem pergerakan *mobile robot* roda *mecanum* menggunakan kontrol PID berbasis invers kinematik [2]. Penelitian ini menggunakan sistem kendali PID *controller*, dengan metode *tuning ziegler Nichols 2* untuk mencari nilai koefisiennya agar robot mampu bergerak menuju lokasi dengan arah hadap robot yang sesuai dengan tujuan. Akan tetapi, penelitian ini masih memiliki nilai *error* yang besar baik pada jarak maupun pada arah hadap robot.

Penelitian selanjutnya adalah penggunaan metode CMAC untuk mengendalikan gerakan robot yang dilakukan oleh Gabor Horvath [4]. Akan tetapi, pada penelitian ini hasil yang dicapai untuk metode CMAC tidak terlalu memadai.

Hal ini, disebabkan oleh parameter yang diatur tidak sesuai, dan banyaknya memori yang dibutuhkan untuk melakukan pelatihan data.

Kemudian penelitian dari Puspito Ady Syahputro mengenai rancang bangun sistem kontrol robot intai menggunakan metode *artificial neural network* (ANN) [3]. Sistem kontrol yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mempertahankan posisi robot pada lintasan yang tidak datar, melalui rotasi sumbu x (*roll*), rotasi sumbu y (*pitch*) dan rotasi sumbu z (*yaw*), namun tidak menjelaskan mengenai perpindahan posisi dari satu titik ke titik lainnya.

Selanjutnya penelitian mengenai *line following autonomous office assistant robot* menggunakan algoritma PID yang dilakukan oleh Mohammed Abdul Kader [6]. Penelitian tersebut membahas mengenai pengendalian posisi robot menggunakan sistem kendali PID *controller* dengan memanfaatkan sensor garis. Akan tetapi, hasil yang didapatkan belum stabil karena adanya fluktuasi dari pembacaan sensor dan kecepatan, serta dibutuhkannya sebuah garis sebagai lintasan, agar robot dapat bergerak.

Penelitian berikutnya mengenai algoritma kendali gerakan pada *mirosot soccer robot* yang menggunakan metode PDD² yang dilakukan oleh Wu Lonjun [7]. Metode yang digunakan pada penelitian ini diajukan dengan mempertimbangkan langkah kedua dari koefisien diferensial pada kesalahan (*error*) jarak dan kesalahan sudut pada robot sepakbola *mirosot*. Penelitian ini telah memberikan hasil yang cukup baik, meskipun tingkat kestabilan pergerakan memerlukan sedikit waktu, dan hasil yang tidak terlalu akurat.

Penelitian lainnya yang telah dilakukan adalah penggunaan *genetic algorithms* (GA) untuk pelacakan lintasan robot beroda berdasarkan pengendali PID yang dilakukan oleh Qinghe Wu [5]. Penelitian ini menyatakan penggunaan GA pada PID (GA-PID) memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan PID *controller* saja. Namun, masih terdapat *error* yang tidak dapat diabaikan pada metode GA-PID, dan pergerakan pada robot tidak sepenuhnya otomatis, karena masih terbatas pada robot virtual yang diikutinya.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan yang masih ditemukan pada penelitian-penelitian terdahulu, maka pada penelitian kali ini akan digunakan *fuzzy logic* sebagai sistem kendali posisi pada pergerakan *humanoid robot* dengan hasil yang

diharapkan berupa keluaran yang presisi dengan atau tanpa data yang akurat dan presisi. Sehingga, dari penelitian ini diharapkan *humanoid robot* yang digunakan mampu melakukan manuver dan navigasi untuk berpindah tempat layaknya manusia pada umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Soim, B. Joni, J. Junaidi, and F. Damsi, “Perancangan Robot Humanoid Berbasis Mikrokontroler Atmega 32,” *Prosiding SEMNASTEK Fakultas Teknik UMJ*, vol. 1, no. 2, July, 2016. [Online Serial]. Available : <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/419/385>. [Accessed Oct. 24, 2021].
- [2] A. R. Hakim, Sumardi, and M. A. Riyadi, “Kontrol Posisi Pada Sistem Pergerakan Mobile Robot Roda Mekanum Menggunakan Kontrol Pid Berbasis Invers Kinematic,” *Transient : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 3, November, 2015. [Online Serial]. Available : <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/9989>. [Accessed Oct. 23, 2021].
- [3] P. A. Syahputro, J. Saputra, and A. Sridaryono, “Pada Rancang Bangun Sistem Kontrol Robot Intai Menggunakan Metode Artificial Neural Network Menggunakan Metode Artificial Neural Network,” *Jurnal Elkasista*, vol.1, no.2, October, 2020. [Online Serial]. Available : <http://journal.poltekad.ac.id/index.php/elka/article/view/103>. [Accessed Oct. 23, 2021].
- [4] K. Gáti and G. Horváth, “Using CMAC for mobile robot motion control,” *International Conference on Adaptive and Natural Computing Algorithms (ICANNGA)*, vol. 6594, no. 2, April, 2011. [Online Serial]. Available : https://www.researchgate.net/publication/221157275_Using_CMAC_for_Mobile_Robot_Motion_Control. [Accessed Oct. 23, 2021].
- [5] A. Alouache and Q. Wu, “Genetic algorithms for trajectory tracking of mobile robot based on PID controller,” *IEEE 14th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*, vol. 14, no. 1, September, 2018. [Online Serial]. Available : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8516587>. [Accessed Oct. 23, 2021].
- [6] M. A. Kader, M. Z. Islam, J. Al Rafi, M. R. Islam, and F. S. Hossain, “Line Following Autonomous Office Assistant Robot with PID Algorithm,” *International Conference on Innovations in Science, Engineering and*

- Technology (ICISET)*, vol. 2, no. 1, October, 2018. [Online Serial]. Available : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8745606>. [Accessed Oct. 23, 2021].
- [7] W. Zhu, L. Wu, Z. Liu, and X. Deng, "Research on motion control algorithm for mirosof soccer robot," *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, vol. 1, no. 1, December, 2019. [Online Serial]. Available : <https://ieeexplore.ieee.org/document/5420686>. [Accessed Nov. 18, 2021].
- [8] E. Puspita, L. Yulianti, "Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy," *Jurnal Media Infotama*, vol. 12, no. 1, February 2016. [Online Serial]. Available : <https://media.neliti.com/media/publications/152186-ID-none.pdf>. [Accessed Nov. 20, 2021].
- [9] A. Hendrianto P, M. Sahnudin Z, and A. Satria P. "Model dan Teknik Kalibrasi Citra Robot untuk Sistem Autonomous," *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)*, vol. 1, no.1, May, 2009. [Online Serial]. Available : <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/semnasif/article/view/807> [Accessed Oct. 24, 2021].
- [10] D. Litalien *et al.*, "[Paper: 4 wheel independent drive & independent steering \("swerve"\)](https://www.chiefdelphi.com/t/paper-4-wheel-independent-drive-independent-steering-swerve/107383/1)," <https://www.chiefdelphi.com>, para. 1, Jan. 31, 2011. [Online]. Available : <https://www.chiefdelphi.com/t/paper-4-wheel-independent-drive-independent-steering-swerve/107383/1>. [Accessed Oct. 25, 2021].
- [11] B. Utomo and M. Munadi, "Analisa Forward Dan Inverse Kinematics Pada Simulator Arm Robot 5 Derajat Kebebasan," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1, no. 3, August, 2013. [Online Serial]. Available : <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/5566>. [Accessed Oct. 24, 2021].
- [12] N. Rafi'ah and W. Pambudi, "Implementasi Sistem Kendali Fuzzy Pada Arah Gerak Robot Finoid," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronika (Jire)*, vol. 3, no. 2, November, 2020. [Online Serial]. Available : <https://ejournal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/274>. [Accessed Oct. 23, 2021].
- [13] N. Nugroho and S. Agustina, "Analisa Motor DC (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik," *Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, January, 2015. [Online Serial]. Available : <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jmt/article/view>

- /2409. [Accessed Oct. 25, 2021].
- [14] L. Hakim, R. Dikairono, and T. Mujiono, "Implementasi perhitungan posisi robot dengan FPGA menggunakan rotary encoder," *Skripsi Jurusan Teknologi Industri ITS*, 2013. [Online Serial]. Available : <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-23036-2210105037-Paper.pdf>. [Accessed Oct. 24, 2021].
 - [15] A. Tinambunan, " Waterpass Digital Menggunakan Sensor Akselerasi dan Sensor Gyroscope Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328," *Project Akhir II Universitas Sumatera Utara*, 2019. [Online Serial]. Available : <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/21396>. [Accessed Oct. 26, 2021].
 - [16] Sumarsono and D. Saptaningtyas, "Pengembangan Mikrokontroler Sebagai Remote Control Berbasis Android," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 11, no. 1, April, 2018. [Online Serial]. Available : <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/ti/article/view/6293>. [Accessed Oct. 25, 2021].
 - [17] S. ANDRIANTO, "Sistem Pengendali Kecepatan Putaran Motor Dc Berdasarkan (Pulse-Width Modulation) Pwm Berbasis Arduino Mega," *Thesis Politek. NEGERI SRIWIJAYA*, 2016, [Online Serial]. Available: <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/3785>. [Accessed Oct. 27, 2021].
 - [18] P. F. A. Azis, "Implementasi Robot Beroda Menggunakan Driver L298N Melalui MPU-6050 Sebagai Kendali Gestur Tangan," *Tugas Akhir, Univ. Sumatera Utara*, 2020. [Online Serial]. Available : <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/27992>. [Accessed Oct. 27, 2021].
 - [19] Surtono, Arif, "Studi Pemanfaatan Apungan dan Potensiometer Sebagai Tranduser Ketinggian Air", *Jurnal MIPA FMIPA Universitas Lampung*, vol. 12, no. 1, April 2006. [Online Serial]. Available : <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/sains/article/view/138>. [Accessed Oct. 30, 2021].
 - [20] R. Yunardi, Winarno, Pujiyanto, "Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan Ultrasonik untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection," *Setrum : Sistem Kendali Tenaga Elektronika Telekomunikasi Komputer*, vol. 6, no. 1, June 2017. [Online Serial]. Available : <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jis/article/view/1583/2120>. [Accessed Oct. 30, 2021].

- [21] Muhammad Pauzan, *Bahasa Pemrograman Arduino*. Yogyakarta : K-Media, 2020. [Online] Available : <https://ft.unwir.ac.id/wp-content/uploads/2020/08/03-Bahasa-pemrograman-Arduino-Muh-Pauzan.pdf>.

