

SKRIPSI
SISTEM KENDALI *STEERING* PADA *SERVICE*
ROBOT* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC
CONTROLLER TYPE-2



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

Oleh :

ICHLASUL AKMALI RIZKY

0304182025006

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

*'SISTEM KENDALI STEERING PADA SERVICE ROBOT
MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC CONTROLLER TYPE-2*



SKRIPSI

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

Oleh

ICHLASUL AKMALI RIZKY

NIM: 03041182025006

Palembang, 17 Juli 2024

Menyetujui

Dosen Pembimbing

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T. M.Eng. Ph.D., IPU

NIP. 197198141999031005

Ir. Rendyansyah, S.Kom., M.T.

NIP. 198809222022031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ichlasul Akmali Rizky
NIM : 03041182025006
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 5%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Sistem Kendali *Steering* Pada *Service Robot* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Controller Type-2*” 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.

Indralaya, 15 Juli 2024

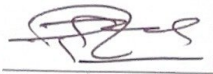


Ichlasul Akmali Rizky

NIM. 03041182025006

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencakupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 
Pembimbing Utama : Ir. Rendyansyah, S.Kom., M.T.
Tanggal : 15/Juli/2024

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ichlasul Akmali Rizky
NIM : 03041182025006
Jurusan : 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 *STEERING* PADA *SERVICE ROBOT* MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROLLER TYPE-2*

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 sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya

Pada tanggal : 15 Juli 2024



Ichlasul Akmali Rizky

NIM. 03041182025006

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. serta shalawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Atas berkat dan rahmat serta ridho Allah SWT. penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Kendali *Steering* Pada *Service Robot* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Controller Type-2*”.

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 Mulyadi Hamid dan Ibu Mustariah selaku kedua orang tua serta keluarga yang sudah memberikan dukungan fisik/materil dan mental sehingga mampu berjuang menyelesaikan skripsi dan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Rendyansyah, S.Kom., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi serta memberikan arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
3. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM, Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM, Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc., Bapak Irmawan, S.Si., dan Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., sebagai dosen Teknik Kendali dan Robotika yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan serta selaku pencetus, pengembang ide, dan memberikan arahan pada tugas akhir ini.
4. Bapak M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada saya sejak mahasiswa baru, memberikan saran, masukan, dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama saya berkuliah di Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.

7. Ahmad Karim A I, Muhammad Fahreza Alrizki, Arif Ariwikri, Ahmad Septyanto, dan Syauqi Zalfa Daffa sebagai teman satu tim dalam pengerjaan tugas akhir *Service Robot* ini.
8. Teman-teman satu angkatan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya Angkatan 2020, terkhususnya konsentrasi Teknik Kendali dan Robotika 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 penulis sebutkan satu persatu.

ABSTRAK

SISTEM KENDALI *STEERING* PADA *SERVICE ROBOT* MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROLLER TYPE-2*

(Ichlasul Akmali Rizky, 03041182025006, 2024, 60 halaman)

Perkembangan teknologi di bidang robotika terus berkembang dan semakin canggih. Salah satu bukti kecanggihan tersebut adalah robot yang dibuat untuk memiliki kemampuan layaknya manusia. Kemampuan robot untuk memiliki kemampuan layaknya manusia ini sering kali digunakan untuk membantu dan melayani kebutuhan manusia dan bisa disebut sebagai *service robot*. Pada penelitian ini *service robot* yang dirancang menggunakan sistem beroda untuk berpindah posisi. Untuk mampu berpindah posisi tersebut, *service robot* tentunya membutuhkan sistem kendali yang dapat mengontrol dan mempertahankan *steering/kemudi* dalam bermanuver dari satu tempat ke tempat lainnya. Namun, kendala yang umum dijumpai dalam proses pengendalian *service robot* ini adalah kurangnya keakuratan dari sistem kendali dalam mengendalikan *steering* robot. Maka dari itu, pada penelitian ini akan digunakan metode *Fuzzy Logic Controller Type-2 (FLC Type-2)* dalam mengendalikan *steering/kemudi* robot. *Fuzzy Logic Controller Type-2* pada penelitian ini memiliki 2 *input*, yaitu nilai *error* dari hasil selisih *setpoint* yang dikeluarkan sensor *LIDAR* dan pembacaan *encoder steering* dan nilai *derror* (*error* sekarang - *error* sebelumnya). Adapun hasil simulasi yang didapatkan pada penelitian menunjukkan bahwa *FLC Type-2* dengan 7 member keanggotaan mampu memberikan hasil terbaik dibandingkan member keanggotaan lainnya dan *FLC Type-1*, dengan nilai *steady state error* 0.0118. Sedangkan pada pengujian secara *real time*, *FLC Type-2* pun memberikan hasil yang terbaik, dengan hasil *steady state error* sebesar 3.6 pada pengujian *setpoint* 90°. Juga pada pengujian menggunakan rute dengan *obstacle* untuk mencapai titik yang dituju dengan waktu penyelesaian tercepat, yaitu 32.49 detik. Maka, hal ini dapat menunjukkan bahwa metode *FLC Type-2* mampu memberikan performa yang baik.

Kata Kunci : *Service Robot, Steering, FLC Type-2, FLC Type-1, Encoder Steering, Power Window.*

ABSTRACT

STEERING CONTROL SYSTEM ON SERVICE ROBOT USING TYPE-2 FUZZY LOGIC CONTROLLER METHOD

(Ichlasul Akmali Rizky, 03041182025006, 2024, 60 Pages)

The advancement of technology in the field of robotics continues to progress and become increasingly sophisticated. One proof of this sophistication is robots that are designed to have human-like abilities. These human-like abilities are often utilized to assist and serve human needs, and such robots are referred to as service robots. In this research, the designed service robot uses a wheeled system for repositioning. To move effectively, the service robot requires a control system that can manage and maintain its steering while maneuvering from one place to another. However, a common challenge in controlling service robots is the lack of accuracy in the control system in managing the robot's steering. Therefore, this study employs the Type-2 Fuzzy Logic Controller (FLC Type-2) method to control the robot's steering. In this research, the Type-2 FLC has two inputs: the error value from the difference between the setpoint provided by the lidar sensor and the steering encoder reading, and the derror value (current error - previous error). The simulation results show that the Type-2 FLC with seven membership functions provides the best results compared to other membership functions and Type-1 FLC, with a steady-state error value of 0.0118. In real-time testing, the Type-2 FLC also delivers the best results, with a steady-state error of 3.6 at a 90° setpoint test. Additionally, in route testing with obstacles to reach the target point, it achieved the fastest completion time of 32.49 seconds. Therefore, this demonstrates that the Type-2 FLC method can deliver good performance.

Keyword : *Service Robot, Steering, FLC Type-2, FLC Type-1, Encoder Steering, Power Window.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. State of The Art.....	6
2.2. Autonomous Robot	14
2.3. Humanoid Robot.....	14
2.4. Sistem Kendali <i>FLC Type-2</i>	14
2.4.1. Struktur Sistem Kendali <i>FLC Type-2</i>	17
2.4.2. Sistem Kendali <i>Fuzzy</i> Bertipe 2 Metode Sugeno	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Studi Literatur	22
3.2. Perancangan Sistem Kendali <i>Steering Service Robot</i>	22
3.2.1. Perancangan Sistem <i>Hardware</i>	22
3.2.2. Perancangan Sistem <i>Software</i>	25
3.3. Pengujian Sistem.....	35
3.4. Analisa dan Kesimpulan	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Hasil Perancangan Alat.....	37
4.2. Hasil Simulasi Sistem Kendali <i>FLC Type-2</i>	38
4.2.1. Hasil Perbandingan Simulasi Fungsi Keanggotaan <i>FLC Type-2</i>	38
4.2.2. Hasil Perbandingan Simulasi Fungsi Keanggotaan <i>FLC Type-1</i>	41
4.2.3. Hasil Perbandingan Simulasi <i>FLC Type-2 dan FLC Type-1</i>	43
4.3. Pengujian Sistem Kendali <i>Steering Service Robot</i>	46
4.3.1. Pengujian Sistem Kendali <i>FLC Type-2</i> Secara Real Time	47
4.3.2. Pengujian Kendali <i>Steering</i> Secara <i>Real Time</i> Pada Rute	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah Hadap Pembacaan Robot [12].....	6
Gambar 2.2 Pengujian Mobile Robot Secara Langsung dan Simulasi [12].....	7
Gambar 2.3 Hasil Pengujian Control Signal Distance (CSD) [13].....	8
Gambar 2.4 Gambaran Umum Proses Reinforcement Learning [14].....	9
Gambar 2.5 Hasil Pengujian Algoritma Reinforcement Learning [14].....	9
Gambar 2.6 Membership Function FL dan FLC Type-2 Tanpa Obstacle [15]	11
Gambar 2.7 Membership Function FL dan FLC Type-2 Dengan Obstacle [15]..	11
Gambar 2.8 Grafik Uji Coba FL dan Fuzzy Type-2 Tanpa Obstacle [15]	12
Gambar 2.9 Grafik Uji Coba FL dan Fuzzy Type-2 Dengan Obstacle [15].....	12
Gambar 2.10 Hasil Pengujian Fuzzy Logic Pada Obstacle Avoiding [16].....	13
Gambar 2.11 Fungsi Keanggotaan Upper MF dan Lower MF [21]	16
Gambar 2.12 Diagram Sistem Kendali Logika FLC Type-2 [17]	17
Gambar 2.13 Upper MF dan Lower MF Pada Inferensi	18
Gambar 2.14 Proses Inferensi Pada FLC Type-2.....	18
Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian	21
Gambar 3.2 Desain Kaki dan Full Body Service Robot	22
Gambar 3.3 Perancangan Desain Hardware.....	23
Gambar 3.4 Motor Power Window	24
Gambar 3.5 Rotary Encoder.....	24
Gambar 3.6 Arduino Mega	25
Gambar 3.7 Blok Diagram Sistem Kendali	26
Gambar 3.8 Grafik Fungsi Keanggotaan Input Error.....	27
Gambar 3.9 Grafik Fungsi Keanggotaan Input Derror	30
Gambar 3.10 Flowchart Algoritma dan Pemrograman	35
Gambar 4.1 Tampak Depan & Belakang Full Body Service Robot	37
Gambar 4.2 Tampak Depan & Belakang Mekanik Steering Service Robot.....	37
Gambar 4.3 Hasil Pembuatan Model Simulink.....	38
Gambar 4.4 Hasil Simulasi FLC Type-2 7 member	39
Gambar 4.5 Hasil Simulasi FLC Type-2 5 member	39
Gambar 4.6 Hasil Simulasi FLC Type-2 3 member	39
Gambar 4.7 Hasil Perbandingan Fungsi Keanggotaan Simulasi FLC Type-2.....	40

Gambar 4.8 Hasil Simulasi FLC Type-1 7 member	41
Gambar 4.9 Hasil Simulasi FLC Type-1 5 member	41
Gambar 4.10 Hasil Simulasi FLC Type-1 3 member	42
Gambar 4.11 Hasil Perbandingan Fungsi Keanggotaan Simulasi FLC Type-1 ...	42
Gambar 4.12 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1 7 member.....	43
Gambar 4.13 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1 5 member.....	44
Gambar 4.14 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1 3 member.....	45
Gambar 4.15 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1	45
Gambar 4.16 Hasil Steering 90° 7 member	47
Gambar 4.17 Hasil Steering 90° 5 member	48
Gambar 4.18 Hasil Steering 90° 3 member	48
Gambar 4.19 Hasil Steering 180° 7 member	49
Gambar 4.20 Hasil Steering 180° 5 member	50
Gambar 4.21 Hasil Steering 180° 3 member	50
Gambar 4.22 Hasil Pengujian 7 member Rute Tanpa Obstacle.....	55
Gambar 4.23 Hasil Pengujian 7 member Rute Dengan Obstacle	55
Gambar 4.24 Hasil Pengujian 7 member Rute Dengan Obstacle Bergerak.....	55
Gambar 4.25 Hasil Pengujian 5 member Rute Tanpa Obstacle.....	56
Gambar 4.26 Hasil Pengujian 5 member Rute Dengan Obstacle	56
Gambar 4.27 Hasil Pengujian 5 member Rute Dengan Obstacle Bergerak.....	56
Gambar 4.28 Hasil Pengujian 3 member Rute Tanpa Obstacle.....	57
Gambar 4.29 Hasil Pengujian 3 member Rute Dengan Obstacle	57
Gambar 4.30 Hasil Pengujian 3 member Rute Dengan Obstacle Bergerak.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Laptop.....	24
Tabel 3.2 Membership Function Input Error	27
Tabel 3.3 Membership Function Input Derror	30
Tabel 3.4 Membership Function Output	32
Tabel 3.5 Rules FLC Type-2.....	33
Tabel 4.1 Hasil Simulasi FLC Type-2	40
Tabel 4.2 Hasil Simulasi FLC Type-1	42
Tabel 4.3 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1 7 member.....	44
Tabel 4.4 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1 5 member.....	44
Tabel 4.5 Hasil Simulasi FLC Type-2 dan FLC Type-1 3 member.....	45
Tabel 4.6 Hasil Steering Setpoint 90°	48
Tabel 4.7 Hasil Steering Setpoint 180°	50
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Realtime Steering Pada Rute	52
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Performa Steering Realtime	58

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang robotika terus berkembang dengan cepat. Penggunaan alat-alat berbasis teknologi seperti mesin yang sudah semakin canggih, sudah semakin umum untuk digunakan [1]. Mesin-mesin canggih yang digunakan sendiri tidak lepas dari pengaruh berkembangnya teknologi terkhususnya di bidang robotika [2]. Hal ini dapat dilihat dari semakin beragamnya jenis robot yang diciptakan, mulai dari robot dengan fungsi dan proses pembuatannya yang sederhana hingga robot dengan fungsi dan proses pembuatan yang jauh lebih kompleks, seperti robot dengan fungsi dan kemampuan yang bahkan mampu mendekati kemampuan dari makhluk hidup itu sendiri [3]. Salah satu robot tersebut dibuat untuk memiliki kemampuan layaknya manusia yang disebut *humanoid robot*. Robot ini tidak hanya dibentuk mirip secara fisik dengan manusia, tetapi juga pada fungsi dan kemampuannya [4]. Robot ini memiliki kemampuan untuk bergerak, berpikir, dan melakukan interaksi lainnya serta fisik layaknya seperti manusia [5]. Kemampuan robot untuk melakukan hal tersebut sering kali digunakan untuk membantu dan melayani kebutuhan manusia dan bisa disebut sebagai *service robot*. Pada penelitian ini *service robot* yang dirancang menggunakan sistem beroda untuk berpindah posisi. Penggunaan sistem beroda ini menjadikan bagian kaki *service robot* termasuk dalam klasifikasi *mobile robot*. Dikatakan sebagai *mobile robot*, hal ini karena *mobile robot* memiliki ciri berupa penggerak yang menggunakan roda untuk sistem pergerakan robot [6].

Untuk melakukan aktivitas-aktivitas yang kompleks, seperti bermanuver dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cepat [7], *service robot* tentunya membutuhkan sistem kendali yang dapat mengontrol dan mempertahankan *steering/kemudi*nya dalam bermanuver dari satu tempat ke tempat lainnya. Hal ini bertujuan agar robot dapat menyesuaikan kecepatan dan *steering* saat bermanuver menuju posisi yang dituju. Ada beberapa metode sistem kendali yang telah banyak digunakan, antara lain *fuzzy logic* [8], *proportional-integral-derivative* (PID) [9], *genetic algorithm* [10], dan lainnya. Adapun kendala yang umum dijumpai dalam

proses pengendalian *humanoid robot* ini adalah kurangnya keakuratan dari sistem kendali [11]. Sistem kendali yang digunakan umum mengalami ketidakakuratan dalam mengendalikan *steering* robot, sehingga hasil yang didapatkan kurang maksimal.

Terkait kendala yang umum terjadi dalam pengendalian kecepatan dan *steering* robot. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian Eduardo Avelar dkk membahas tentang kontroler *fuzzy logic* dengan menggunakan *robot operating system* (ROS) pada navigasi *autonomous mobile robot* [12]. Namun, penelitian tersebut belum mencoba implementasi metode yang dilakukan pada area yang jauh lebih kompleks untuk *obstacle avoiding* (penghindaran rintangan). Penelitian Muhammad Razmi Razali dkk dengan pembahasan tentang metode pengendali *hybrid* dengan optimisasi *genetic algorithm* untuk pengukuran sudut *steering* dan posisi gerakan pada *mobile robot* [13]. Akan tetapi, studi tersebut hanya dilakukan melalui simulasi saja. Selanjutnya, Farias G dkk dengan penelitiannya yang menggunakan *reinforcement learning* (RL) untuk kendali *steering* pada *mobile robot* [14]. Namun penelitian ini membutuhkan PC dengan performansi yang tinggi. Hal ini dikarenakan penggunaan metode RL membutuhkan jutaan iterasi untuk mencapai hasil yang bagus. Selain itu, pada saat *training* membutuhkan waktu yang lama. Kemudian, pada penelitian Boucetta Kasmi dkk dengan pembahasan perbandingan antara metode *fuzzy logic* (FL) dan *fuzzy type-2* (*FL Type-2*) dalam kontrol posisi *mobile robot* [15], dimana performa FL tidak jauh lebih baik daripada *FL Type-2* dalam mengatasi *obstacle avoiding*. Dan penelitian Ngangbam Herojit Singh dkk mengenai navigasi *mobile robot* menggunakan metode *fuzzy logic* pada lingkungan statis [16], sehingga metode ini tidak efektif jika terdapat hambatan yang bergerak atau perubahan dinamis dalam lingkungan.

Untuk mengatasi permasalahan dari penelitian-penelitian sebelumnya, pada penelitian ini akan digunakan metode *FLC Type-2* yang merupakan perluasan dari sistem *fuzzy logic* biasa. Pada *fuzzy tipe 2* ini, ada penambahan fungsi yang terdiri dari 2 derajat keanggotaan, yaitu derajat keanggotaan primer dan sekunder [17]. Adapun hal yang mendasari penggunaan metode *FLC Type-2* ini, dikarenakan metode *FLC Type-2* yang mampu mengatasi ketidakpastian parameter dan

ketahanan terhadap *noise* dengan jauh lebih baik dibandingkan *fuzzy logic* biasa [18]. Keunggulan lainnya dari sistem kendali *FLC Type-2* yang tidak membutuhkan pemodelan matematis. Hal ini dikarenakan perhitungan matematis akan dilakukan berdasarkan pengetahuan manusia, yang akan direpresentasikan melalui *rules* yang ada dalam *fuzzy logic controller*. Selain itu, *FLC Type-2* mampu mengatasi ketidakpastian dalam data atau informasi yang tidak dapat diukur secara eksak [19].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, *service robot* harus memiliki kemampuan untuk dapat mempertahankan kemudi/*steering*-nya dalam bermanuver sesuai dengan *setpoint* yang diberikan. Tetapi, kurangnya akurasi dan stabilitas yang ada pada penelitian sebelumnya masih menjadi kekurangan yang harus diatasi.

1.3. Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *FLC Type-2* sebagai sistem kendali *steering* pada *service robot*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menghasilkan kendali *steering service robot* dengan tingkat akurasi dan stabilitas yang baik.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak keluar dari pembahasan, maka penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

- a. Sistem kendali yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Controller Type-2* metode sugeno.
- b. Pembuatan *service robot* hanya terfokus pada bagian kaki robot.
- c. Nilai masukan yang diterima oleh sistem kendali berupa sudut *steering*.
- d. Proses sistem kendali yang dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++.
- e. Proses pengujian dilakukan pada lingkungan Lab. PDSK, Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
- f. Aktuator yang digunakan pada *service robot* menggunakan motor *Power Window*.

1.5. Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan ini memiliki beberapa kesamaan pada beberapa karakteristik seperti tema dan kajian. Hal tersebut mengenai sistem kendali perpindahan posisi robot secara otomatis. Diantara penelitian tersebut adalah penelitian Eduardo Avelar dkk yang membahas tentang kontroler *fuzzy logic* dengan *robot operating system* (ROS) pada navigasi *autonomous mobile robot* [12]. Pada penelitian ini digunakan metode *fuzzy logic* dengan *input* berupa jarak yang didapat dari sensor LIDAR dan *output* berupa kecepatan sudut untuk mengarahkan robot tanpa menabrak dinding. Namun, metode yang digunakan belum teruji pada area yang jauh lebih kompleks untuk *obstacle avoiding* (penghindaran rintangan).

Kemudian pada penelitian Muhammad Razmi Razali dkk yang membahas metode pengendali *hybrid* dengan optimisasi *genetic algorithm* untuk pengukuran sudut dan posisi gerakan pada *mobile robot* [13]. Penelitian ini menggunakan pengendali *hybrid* berbasiskan *fuzzy-PID controller* yang nilai parameternya akan dioptimalkan oleh *genetic algorithm*. Namun, penelitian ini juga masih belum teruji dalam melakukan percobaan secara langsung untuk pengujian metode dalam keadaan nyata, melainkan hanya melalui simulasi saja.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Farias G dkk yang menggunakan metode *reinforcement learning* (RL) untuk kendali posisi pada *mobile robot* [14]. Penggunaan *reinforcement learning* dalam metode pengendalian posisi robot dinilai terlalu berat dikarenakan dibutuhkannya sebuah PC dengan performansi yang tinggi. Hal ini dikarenakan iterasi yang akan dilakukan dalam metode RL dapat mencapai jutaan iterasi untuk mencapai hasil yang bagus. Selain itu proses *training* membutuhkan waktu yang lama untuk selesai.

Lalu pada penelitian yang dilakukan Boucetta Kasmi dkk dengan pembahasan perbandingan antara metode *fuzzy logic* (FL) dan *fuzzy type-2* (*FLC Type-2*) dalam kontrol posisi *mobile robot* [15]. Pada penelitiannya, *input* dari masing-masing tipe *fuzzy* berupa jarak dan sudut antara robot dengan *obstacle*. Dengan *output* yang masing-masingnya berupa kecepatan linier dan kecepatan sudut. Untuk metode ini sendiri, didapatkan hasil antara perbandingan kedua metode yang menyatakan

performa daripada FL tidak jauh lebih baik daripada *FLC Type-2* dalam mengatasi *obstacle avoiding*.

Adapun penelitian lain oleh Ngangbam Herojit Singh dkk mengenai navigasi *mobile robot* menggunakan metode *fuzzy logic* pada lingkungan statis [16]. Pada penelitiannya, penggunaan metode *fuzzy logic* hanya dilakukan pada kondisi lingkungan yang statis saja. Hal ini memungkinkan tidak terujinya metode untuk diimplementasikan pada kondisi lingkungan yang dinamis, dimana hambatan berupa *obstacle* yang tidak dalam keadaan diam/bergerak.

Berdasarkan kelemahan yang masih didapatkan pada penelitian terdahulu, maka penelitian kali ini akan mencoba penggunaan metode *FLC Type-2* sebagai sistem kendali *steering* pada pergerakan *humanoid robot*, dengan bantuan *input* dari sensor LIDAR, dan *rotary encoder*. Penggunaan metode *FLC Type-2* diharapkan dapat memberikan keluaran yang akurat dan presisi, serta kendali yang stabil dalam pergerakan *humanoid robot*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hendri, D. Meisak, and S. Rianti, "Workshop Dampak Perkembangan Teknologi Informasi Dalam Masa Pandemic Covid 19 Di Indonesia," *J. Pengabd. Masy. UNAMA*, vol. 1, no. 2, pp. 83–92, 2022, doi: 10.33998/jpmu.2022.1.2.75.
- [2] S. Soim, B. Joni, J. Junaidi, and F. Damsi, "Perancangan Robot Humanoid Berbasis Mikrokontroler Atmega 32," *J. Ampere*, vol. 1, no. 2, p. 22, 2017, doi: 10.31851/ampere.v1i2.898.
- [3] W. Nurasih, "Social Humanoid Robot Dan Pengembangan Karakter Sosial Qurani Manusia," *J. Ilm. Mhs. Raushan Fikr*, vol. 8, no. 2, pp. 217–234, 2019, doi: 10.24090/jimrf.v8i2.3063.
- [4] J. F. Hoorn, "Theory of Robot Communication: II. Befriending a Robot over Time," *Int. J. Humanoid Robot.*, vol. 17, no. 6, pp. 1–25, 2020, doi: 10.1142/S0219843620500279.
- [5] M. A. Fahd, D. Purwanto, and M. H. Fatoni, "Rancang Bangun Robot Penari Humanoid dengan," vol. 7, no. 2, pp. 2301–9271, 2018.
- [6] R. D. W. I. Pratama, "Rancang Bangun Sistem Kendali Robot Mobil Untuk Parkir Otomatis Dan Dapat Mendeteksi Obstacle Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560," 2017.
- [7] A. Liaqat *et al.*, "Autonomous mobile robots in manufacturing: Highway Code development, simulation, and testing," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 104, no. 9–12, pp. 4617–4628, 2019, doi: 10.1007/s00170-019-04257-1.
- [8] S. Kwak and B.-J. Choi, "Design of Fuzzy Logic Control System for Segway Type Mobile Robots," *Int. J. Fuzzy Log. Intell. Syst.*, vol. 15, no. 2, pp. 126–131, 2015, doi: 10.5391/ijfis.2015.15.2.126.
- [9] A. N. Albab, E. Rahmawati, M. Yantidewi, I. Suchahyo, Dzulkih, and R. R. Firmansyah, "Control Position of Mobile Robot Based on Odometry Method and PID Controller," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1491, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1491/1/012039.
- [10] C. Lamini, S. Benhlama, and A. Elbekri, "Genetic algorithm based

- approach for autonomous mobile robot path planning,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 127, pp. 180–189, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.01.113.
- [11] M. A. D. T. T. Taufik Abdullah and H. Hikmarika, “Sistem Kendali pada Pergerakan Posisi Humanoid Robot Beroda Menggunakan PID,” *J. Rekayasa Elektro Sriwij.*, vol. 3, no. 2, pp. 228–234, 2022, doi: 10.36706/jres.v3i2.55.
- [12] E. Avelar, O. Castillo, and J. Soria, “Fuzzy logic controller with fuzzylab python library and the robot operating system for autonomous mobile robot navigation,” *J. Autom. Mob. Robot. Intell. Syst.*, vol. 14, no. 1, pp. 48–54, 2020, doi: 10.14313/JAMRIS/1-2020/6.
- [13] M. R. Razali, A. A. Mohd Faudzi, A. U. Shamsudin, and S. Mohamaddan, “A hybrid controller method with genetic algorithm optimization to measure position and angular for mobile robot motion control,” *Front. Robot. AI*, vol. 9, no. January, pp. 1–14, 2023, doi: 10.3389/frobt.2022.1087371.
- [14] G. Farias, G. Garcia, G. Montenegro, E. Fabregas, S. Dormido-Canto, and S. Dormido, “Position control of a mobile robot using reinforcement learning,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 17393–17398, 2020, doi: 10.1016/j.ifacol.2020.12.2093.
- [15] B. Kasmi and A. Hassam, “Comparative Study between Fuzzy Logic and Interval Type-2 Fuzzy Logic Controllers for the Trajectory Planning of a Mobile Robot,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 7011–7017, 2021, doi: 10.48084/etasr.4031.
- [16] N. H. Singh and K. Thongam, “Mobile Robot Navigation Using Fuzzy Logic in Static Environments,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 125, pp. 11–17, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2017.12.004.
- [17] M. F. Saifuddin, “Implementasi algoritma Fuzzy type-2 untuk menentukan perilaku NPC dalam game Virtual Reality Survival Shooter,” pp. 1–100, 2018, [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/11023>
- [18] A. Rafi Al Tahtawi Jurusan Teknik Elektro, P. Negeri Bandung Jl Gegerkalong Hilir, K. Bandung Barat, and J. Barat, “Kendali Posisi Motor

- DC Menggunakan Logika Fuzzy Interval Tipe 2 The Position Controlling of DC Motor Using Interval Type-2 Fuzzy Logic,” *Telka*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [19] H.-H. Yoo and B.-J. Choi, “Design of Simple-structured Fuzzy Logic Systems for Quad-Copter,” *J. Korean Inst. Intell. Syst.*, vol. 25, no. 6, pp. 600–606, 2015, doi: 10.5391/jkiis.2015.25.6.600.
- [20] C. Setianingsih, K. Mutijarsa, and M. A. Murti, “Simulasi Sistem Kendali Berbasis Perilaku Pada Autonomous Mobile Robot Dengan Metoda Q-Learning,” *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 4, no. 2, p. 54, 2020, doi: 10.25124/tektrika.v4i2.2879.
- [21] S. K. Dirjen, P. Riset, D. Pengembangan, R. Dikti, G. F. Fitriana, and R. Adhitama, “Terakreditasi SINTA Peringkat 2 Performansi Navigasi Robot Leader-Follower menggunakan Algoritma Logika Fuzzy Interval Tipe 2,” *J. Resti*, vol. 1, no. 3, pp. 371–376, 2017.
- [22] P. Press, “DC Motors, Speed Controls, Servo Systems: An Engineering Handbook,” 1977.