

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI LENGAN *SERVICE ROBOT 5*
DEGREE OF FREEDOM (DOF) MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC TYPE 2***



OLEH:

ARIF ARIWIKRI

03041382025106

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

SKRIPSI
IMPLEMENTASI LENGAN *SERVICE ROBOT 5 DEGREE OF FREEDOM*
(DOF) MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC TYPE 2*



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

Oleh :
ARIF ARIWIKRI
03041382025106

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN
IMPLEMENTASI LINGKUP *SERVICE ROBOT 5 DEGREE OF FREEDOM*
(DOF) MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC TYPE 2*



SKRIPSI

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

Oleh:

ARIF ARIWIKRI

NIM. 03041382025106

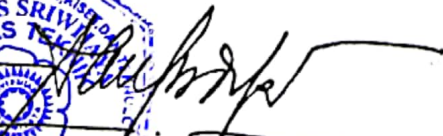
Palembang, 15 Juli 2024


Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui

Dosen Pembimbing


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


Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM.
NIP. 198407302008122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arif Ariwikri
NIM : 03041382025106
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 8%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Implementasi Lengan *Service Robot 5 Degree Of Freedom (DOF)* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic 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.

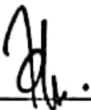
Palembang, 15 Juli 2024



NIM. 03041382025106

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 : Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti. S.T., M.S., IPM.
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 : Arif Ariwikri
NIM : 03041382025106
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:

**IMPLEMENTASI LENGAN *SERVICE ROBOT 5 DEGREE OF FREEDOM*
(DOF) MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC 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 : Palembang

Pada tanggal : 15 Juli 2024



Arif Ariwikri

NIM. 03041382025106

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. Shalawat dan salam dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah SWT. penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Lengan *Service Robot 5 Degree of Freedom (DOF)* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic 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. Untuk kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa, motivasi, nasihat, dan dukungan moral serta finansial.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan ilmu selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., Bapak Irmawan, S.Si., M.T., Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T., dan Baginda Oloan Siregar, S.T.,M.T. sebagai dosen Teknik Kendali dan Komputer yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan serta memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing akademik, Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T. yang telah memberi arahan serta bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Teman satu tim *service robot* dan satu Angkatan 2020 serta pihak lain yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas ahir ini.

8. Teman – teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu serta pihak-pihak yang sangat membantu didalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi dan berguna dimasa yang akan datang.

Palembang, 8 Juli 2024



Arif Ariwikri

NIM. 03041382025106

ABSTRAK

IMPLEMENTASI LENGAN *SERVICE ROBOT 5 DEGREE OF FREEDOM* (DOF) MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC TYPE 2*

(Arif Ariwikri, 030413282025106, 2024, 95 Halaman)

Teknologi di bidang robotika ini semakin terus berkembang dengan didukung oleh teknologi di bidang elektronika dan sistem kendali. Sehingga, robot mulai banyak digunakan untuk melayani kebutuhan manusia atau yang disebut *service robot*. Salah satu komponen penting dalam pergerakan robot ini adalah lengan yang merupakan pengontrol robot. Namun, metode yang ada penelitian-penelitian sebelumnya belum optimal untuk kendali lengan robot, terutama untuk memindahkan objek serta belum diimplementasikan secara *real-time*. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan sistem lengan robot untuk *service robot 5 DOF* dengan metode *fuzzy logic type 2* yang dirancang untuk melakukan tugas, seperti menggenggam dan memindahkan objek secara otomatis. Pada penelitian ini, *fuzzy type-2* menggunakan dua input, yaitu koordinat *Y bounding box* dari hasil deteksi objek dan *depth estimation*, serta keluaran berupa pergerakan lengan robot. Hasil penelitian secara simulasi menunjukkan bahwa *fuzzy type 2* dengan *7 member* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan *fuzzy type 1*, dimana nilai *steady state error* yang didapat sebesar 0.1341. Pada pengujian secara *real-time*, lengan *service robot* dengan menggunakan pengendali *fuzzy type-2 7 member* dapat menggenggam dan memindahkan botol kosong dalam 45 detik dan botol berisi dalam 48 detik. Selain itu, lengan *service robot* memiliki kemampuan untuk bersalaman secara *real-time* dengan manusia dalam waktu rata-rata 30 detik. Hal ini menunjukkan bahwa metode *fuzzy logic type-2* berhasil.

Kata Kunci : *Service Robot, Fuzzy Logic, Fuzzy Logic Type-2, HS805-MG, Lengan Robot 5 DOF.*

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF 5 DEGREE OF FREEDOM (DOF) SERVICE ROBOT ARM USING TYPE-2 FUZZY LOGIC METHOD

(Arif Ariwikri, 030413282025106, 2024, 95 Pages)

The technology in the field of robotics is continuously advancing, supported by developments in electronics and control systems. As a result, robots are increasingly being used to serve human needs, known as service robots. One of the critical components in a robot's movement is the arm, which acts as the robot's controller. However, previous research methods have not been optimal for controlling robot arms, especially for moving objects and implementing real-time control. Therefore, this study developed a robotic arm system for a 5 DOF service robot using the fuzzy logic Type 2 method, designed to perform tasks such as gripping and moving objects automatically. In this study, fuzzy type-2 uses two inputs: The Y coordinate of the bounding box from object detection and depth estimation, with the output being the movement of the robot arm. Simulation results show that fuzzy type 2 with 7 members performs better than fuzzy type 1, with a steady-state error of 0.1341. In real-time testing, the service robot arm using the fuzzy type-2 7-member controller can grip and move an empty bottle in 45 seconds and a filled bottle in 48 seconds. Additionally, the service robot arm can shake hands with a human in real-time, with an average time of 30 seconds. These findings demonstrate the success of the fuzzy logic type-2 method.

Keyword: *Service Robot, Fuzzy Logic, Fuzzy Logic Type-2, HS805-MG, Arm Robot 5 DOF.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 <i>State of The Art</i>	8
2.2 <i>Service Robot</i>	19
2.3 Lengan Robot (<i>Arm Robot</i>)	19
2.3.1 Lengan Robot 4 <i>Degree of Freedom</i> (DOF)	19
2.3.2 Lengan Robot 5 <i>Degree of Freedom</i> (DOF)	20
2.3.3 Lengan Robot 6 <i>Degree of Freedom</i> (DOF)	20
2.4 Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic Type 2</i>	21
2.4.1 Fungsi Keanggotaan <i>Upper</i> dan <i>Low</i>	22
2.4.2 Inferensi Sistem Logika <i>Fuzzy</i> Bertipe 2 Interval.....	23
2.4.3 Reduksi Tipe dan Defuzzifikasi.....	23
2.4.4 <i>Fuzzy Type 2</i> Sugeno.....	24
2.5 <i>Robot Operating System</i> (ROS)	24
BAB III METODE PENELITIAN	26

3.1 Tahap Studi Literatur	26
3.2 Tahap Perancangan Sistem	27
3.2.1 Perancangan <i>Hardware System</i>	28
3.2.1 Perancangan Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic Type 2</i> Metode Sugeno Orde Nol.....	32
3.3 Pengujian Sistem.....	34
3.3.1 Pengujian Simulatif.....	34
3.3.2 Pengujian <i>Realtime</i>	35
3.2.2.5 Pengujian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Hasil Perancangan Lengan <i>Service Robot</i>	38
4.2 Perancangan Sistem <i>Fuzzy Logic Type 2</i>	38
4.2.1 Variabel <i>Fuzzy</i>	39
4.2.2 <i>Fuzzifikasi</i>	44
4.2.3 Proses <i>Inferensi</i>	45
4.2.4 Reduksi Tipe (<i>Type Reduction</i>).....	46
4.2.5 <i>Defuzzifikasi</i>	47
4.3 Pengujian Simulasi.....	47
4.3.1 Pengujian Simulasi <i>Fuzzy Type-2</i> dan <i>Fuzzy Type-1</i> dengan 7 Member	49
4.3.2 Pengujian Simulasi <i>Fuzzy Type-2</i> dan <i>Fuzzy Type-1</i> dengan 5 Member	51
4.3.3 Pengujian Simulasi <i>Fuzzy Type-2</i> dan <i>Fuzzy Type-1</i> dengan 3 Member	52
4.4 Pengujian <i>Realtime</i>	54
4.4.1 Pengujian Lengan <i>Service Robot</i> Memindahkan Botol Kosong.....	55
4.4.2 Pengujian Lengan <i>Service Robot</i> Memindahkan Botol Berisi.....	62
4.4.3 Pengujian Lengan <i>Service Robot</i> Memindahkan Cangkir Kosong .	70
4.4.4 Pengujian Lengan <i>Service Robot</i> Memindahkan Cangkir Berisi	79
4.4.5 Pengujian Lengan <i>Service Robot</i> Memindahkan Solder.....	87
4.4.6 Pengujian Lengan <i>Service Robot</i> Bersalaman dengan Manusia	88
4.5 Perbandingan Pengujian <i>Realtime Fuzzy Logic Type-2</i>	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95

5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur dari metode yang diusulkan [21].....	9
Gambar 2.2 Perbandingan sinyal metode ANFIS konvensional [21]	10
Gambar 2.3 Perbandingan sinyal ketika robot kehilangan setengah beban [21] ..	10
Gambar 2.4 Arm robot 5 DOF [12]	11
Gambar 2.5 Struktur deep neural network [13]	12
Gambar 2.6 Alur kerja arm robot [14]	13
Gambar 2.7 Manipulator robot [16]	15
Gambar 2.8 Dual arm manipulator [17]	16
Gambar 2.9 Skematik diagram [18]	16
Gambar 2.10 Konfigurasi dari lengan robot [20].....	18
Gambar 2.11 Service robot [22].....	19
Gambar 2.12 Lengan robot 4 DOF [19].....	20
Gambar 2.13 Lengan robot 5 DOF [9].....	20
Gambar 2.14 Lengan robot 6 DOF [14].....	21
Gambar 2.15 Sistem logika fuzzy tipe 2	22
Gambar 2.16 Fungsi keanggotaan interval tipe 2.....	22
Gambar 3.1 Flowchart langkah penelitian	26
Gambar 3.2 Flowchart sistem kerja lengan service robot	27
Gambar 3.3 Desain lengan service robot DOF 1 dan DOF 3.....	29
Gambar 3.4 Desain lengan service robot DOF 2 dan DOF 4.....	29
Gambar 3.5 Worm gear DC motor.....	30
Gambar 3.6 Dynamixel AX-18	30
Gambar 3.7 HS-805MG servo motor.....	31
Gambar 3.8 Mikrokontroler Arduino MEGA 2560	31
Gambar 3.9 Sensor sharp	32
Gambar 3.10 Flowchart lengan service robot berjabat tangan dengan manusia...	36
Gambar 4.1 Tampilan tampak depan lengan service robot.....	38
Gambar 4.2 Tampilan tampak samping lengan service robot.....	38
Gambar 4.3 Grafik input variabel dari YOLO dengan 7 member	39

Gambar 4.4 Pembacaan jarak (depth estimation)	42
Gambar 4.5 Grafik input variabel jarak (depth estimation) 7 member	42
Gambar 4.6 Reduction type pada software Visual Studio Code.....	47
Gambar 4.7 Model simulink pada software MATLAB	48
Gambar 4.8 Hasil pengujian Simulasi Fuzzy Type-2 dan Fuzzy Type-1 dengan 7 Member	49
Gambar 4.9 Hasil pengujian simulasi Fuzzy Type-2 dan Fuzzy Type-1 dengan 5 Member	51
Gambar 4.10 Hasil pengujian Simulasi Fuzzy Type-2 dan Fuzzy Type-1 dengan 3 Member	52
Gambar 4.11 Perbandingan keseluruhan pengujian secara simulasi menggunakan 7, 5, dan 3 member untuk fuzzy type 1 dan fuzzy type 2	53
Gambar 4.12 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan botol kosong 7 member	57
Gambar 4.13 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan botol kosong 7 member	57
Gambar 4.14 Grafik sudut jari lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan botol kosong 7 member.....	58
Gambar 4.15 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan botol kosong 7 member	61
Gambar 4.16 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan botol kosong 7 member	61
Gambar 4.17 Grafik sudut jari lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan botol kosong 7 member.....	62
Gambar 4.18 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan botol berisi 7 member	64
Gambar 4.19 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan botol berisi 7 member	65
Gambar 4.20 Grafik sudut jari lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan botol berisi 7 member.....	66

Gambar 4.21 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan botol berisi 7 member	68
Gambar 4.22 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan botol berisi 7 member	69
Gambar 4.23 Grafik sudut jari lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan botol berisi 7 member.....	70
Gambar 4.24 Gelas kaca pengujian.....	71
Gambar 4.25 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan cangkir kosong 7 member	73
Gambar 4.26 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan cangkir kosong 7 member.....	74
Gambar 4.27 Grafik sudut jari lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan cangkir kosong 7 member	75
Gambar 4.28 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan cangkir kosong 7 member	77
Gambar 4.29 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan cangkir kosong 7 member	78
Gambar 4.30 Grafik sudut jari lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan cangkir kosong 7 member	79
Gambar 4.31 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan cangkir berisi 7 member	81
Gambar 4.32 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan cangkir berisi 7 member	82
Gambar 4.33 Grafik sudut jari lengan kanan saat menggenggam dan memindahkan cangkir berisi 7 member.....	83
Gambar 4.34 Grafik DOF 1 dan DOF 2 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan cangkir berisi 7 member	85
Gambar 4.35 Grafik DOF 3, DOF 4, dan DOF 5 lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan cangkir berisi 7 member	86
Gambar 4.36 Grafik sudut jari lengan kiri saat menggenggam dan memindahkan cangkir berisi 7 member.....	87

Gambar 4.37 Solder pengujian.....	88
Gambar 4.38 Grafik DOF 1 dan DOF 2 saat bersalaman 7 member	90
Gambar 4.39 Grafik DOF 3, DOF 4 dan DOF 5 saat bersalaman 7 member	91
Gambar 4.40 Grafik sudut jari saat bersalaman 7 member	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi dari sistem [21]	9
Tabel 2.2 Hasil robotic arm grasping [13]	12
Tabel 2.3 Rata-rata hasil ujicoba [15]	14
Tabel 2.4 Ruled based of 4 DOF robot [19].....	17
Tabel 3.1 Fungsi keanggotaan untuk input bounding box koordinat Y.....	32
Tabel 3.2 Fungsi keanggotaan untuk <i>input depth information</i>	33
Tabel 3.3 Membership function output lengan service robot	34
Tabel 4.1 Rulebase Fuzzy Type 2 dengan 7 member	45
Tabel 4.2 Parameter dan nilai DC servo motor.....	48
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Fuzzy Type-1 dan Fuzzy Type-2 dengan 7 Member. 50	
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Fuzzy Type-1 dan Fuzzy Type-2 dengan 5 Member.. 52	
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Fuzzy Type-1 dan Fuzzy Type-2 dengan 3 Member.. 53	
Tabel 4.6 Perbandingan keseluruhan pengujian secara simulasi menggunakan 7, 5, dan 3 member untuk fuzzy type 1 dan fuzzy type 2	54
Tabel 4.7 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan botol kosong dengan lengan kanan	55
Tabel 4.8 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan botol kosong dengan lengan kiri	59
Tabel 4.9 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan botol berisi dengan lengan kanan.....	63
Tabel 4.10 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan botol berisi dengan lengan kiri	67
Tabel 4.11 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan cangkir kosong dengan lengan kanan	72
Tabel 4.12 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan cangkir kosong dengan lengan kiri	76
Tabel 4.13 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan cangkir berisi dengan lengan kanan	80
Tabel 4.14 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member menggenggam dan memindahkan cangkir berisi dengan lengan kiri	84

Tabel 4.15 Hasil pengujian realtime fuzzy logic type-2 dengan 7 member bersalaman dengan manusia.....	88
Tabel 4.16 Akurasi pengujian Fuzzy Logic Type-2.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Revolusi industri 1.0 hingga 4.0 yang terjadi telah mengubah kehidupan manusia secara signifikan dan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu implementasi dari revolusi industri ini adalah teknologi robotika, yang telah ada sejak revolusi industri kedua [1]. Teknologi di bidang robotika ini semakin terus berkembang, terlebih lagi dengan didukung oleh teknologi di bidang elektronika dan sistem kendali. Sehingga, robot mulai banyak digunakan untuk melayani kebutuhan manusia, seperti untuk membantu petugas layanan kesehatan [2], [3], [4]. dan berperan pada aspek sosial dan perumahan [5].

Robot adalah mesin yang mampu melakukan operasi tertentu [6], seperti kemampuan berkomunikasi, bergerak, dan bahkan mengangkat serta memindahkan objek dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Robot sangat diperlukan untuk menyelesaikan tugas-tugas yang relatif sulit untuk dilakukan oleh manusia, seperti tugas dengan akurasi tinggi, tugas berisiko tinggi, tugas berulang atau beberapa tugas yang memerlukan sejumlah energi [7]. Dalam menjalankan tugas-tugas di lingkungan yang kompleks, robot harus dapat bergerak secara cepat dan stabil [8]. Salah satu komponen penting dalam pergerakan robot adalah lengan yang merupakan pengontrol robot. Lengan ini umumnya dapat diprogram dengan kapasitas yang sebanding dengan lengan manusia [9]. Robot lengan (*arm robot*), sering disebut robot industri (didefinisikan oleh ISO 8373), banyak digunakan di industri [7]. Saat ini, *arm robot* telah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, seperti pada *arm welder*, *arm gripper*, *punching robot*, *tools machine robot*, dan lain sebagainya [10]. Lengan robot tidak hanya penting pada robot-robot di industri, tetapi juga untuk *service robot*.

Pada interaksi antara manusia dan robot, lengan robot harus dapat mempelajari gerakan lengan manusia dan menggabungkan aturan gerakannya ke dalam perencanaan gerak lengan robot [11]. Dalam pergerakannya, lengan robot memerlukan suatu metode kendali yang memungkinkannya beroperasi secara otomatis, baik untuk mengatur pergerakan, mengangkat, dan meletakkan benda

atau objek. Pergerakan lengan robot juga dipengaruhi persepsi dari kemampuan robot untuk mengenali objek dan wajah. [12] dalam penelitiannya membahas sistem pengendalian lengan robot pemilah benda berdasarkan bentuk dengan menggunakan metode *inverse kinematics* dan teknologi *computer vision*. Namun, lengan robot yang dirancang memiliki torsi yang kecil dengan rentang nilai *error* yang cukup besar, yaitu 5,3 cm. [13] mengembangkan sistem lengan robot yang dapat mendeteksi objek secara *real time* serta mengambil objek tersebut. Akan tetapi, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini masih memiliki tingkat kegagalan yang tinggi dalam menggenggam objek, terutama jika hasil deteksi terlalu dini. Selanjutnya, penelitian [14] membahas tentang lengan robot 6 *degree of freedom* (DOF) yang menggunakan algoritma *you only look once* (YOLO) v5, Namun, metode yang dipakai masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk memastikan keefektifan dan keandalan metode tersebut.

Kemudian, [15] melakukan penelitian tentang rancangan lengan robot 4 DOF 3D untuk memisahkan objek dengan menggunakan kamera dan metode *inverse kinematics*. Namun, kesalahan masih terjadi yang disebabkan oleh ukuran pada basis servo, yaitu *arm servo* 1 dan 2 dengan rata-rata *error* ketiga servo sebesar 12,68%. Lalu, [16] melakukan penelitian tentang robot manipulator untuk menggenggam objek berbasis *vision* dengan menggunakan lengan 5 DOF namun pengujian yang dilakukan masih sangat terbatas. Selanjutnya, [17] Donghun Noh dkk. melakukan penelitian tentang *platform* robot manipulator lengan ganda dengan derajat kebebasan minimal dan koneksi sendi tubuh untuk berbagai kegiatan memasak menggunakan lengan 5 DOF yang serupa dengan 6 DOF.

Faktor penting lainnya untuk lengan robot adalah sistem kendali. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk kendali pada lengan robot, seperti *fuzzy logic control* yang digunakan sebagai kendali posisi robot lengan pada misi *pick and place* [18]. Meskipun demikian, pengujian yang dilakukan masih dalam bentuk simulasi *software* dan memiliki akurasi yang kurang baik. Kemudian, [19] membahas tentang perancangan pengendali *fuzzy*-PID pada lengan robot manipulator 4 DOF. Akan tetapi, penelitian tersebut masih dalam bentuk simulasi pergerakan robot dalam ruang kerjanya yang dilakukan dengan menggunakan

RSTX toolbox di SciLab. Selanjutnya, [20] membahas tentang aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk solusi *inverse kinematic* dari lengan robot 5 DOF, dimana *inverse kinematic* digunakan sebagai metode kinematika pergerakan servo.

Dari penelitian-penelitian tersebut dapat dilihat bahwa kemampuan deteksi objek secara *real-time* dan sistem kendali yang *robust* sangat diperlukan pada lengan *service robot*, Selain itu, penentuan jumlah derajat kebebasan juga mempengaruhi kinerja dari lengan robot. Jumlah DOF mengacu pada jumlah sendi atau persendian yang ada pada lengan manusia. Dalam konteks *arm robot*, jumlah DOF akan mempengaruhi kemampuan robot untuk melakukan berbagai gerakan dan tugas. 5 DOF adalah jumlah DOF yang umum digunakan dalam banyak aplikasi karena memberikan fleksibilitas yang cukup untuk banyak tugas manipulasi umum, seperti mengambil dan meletakkan objek dalam berbagai posisi dan orientasi. Derajat kebebasan tersebut juga digunakan dalam robot pemindah benda ringan atau dalam aplikasi pendidikan dan penelitian. Sehingga, pada penelitian ini dikembangkan sistem lengan robot untuk *service robot* 5 DOF dengan metode *fuzzy logic type 2* yang dirancang untuk melakukan tugas, seperti menggenggam, mengangkat, dan memindahkan objek secara otomatis. *Fuzzy logic* digunakan pada penelitian ini sebagai metode kendali didasarkan pada sifat matematis yang sederhana, kemampuannya dalam menghadapi ketidakpastian dalam data dan pendekatan berbasis penalaran yang serupa dengan cara berpikir manusia. Sistem kendali pada lengan tersebut menggunakan metode *fuzzy logic type 2*, dimana *fuzzy logic type 2* menawarkan kemampuan dan fleksibilitas lebih baik dibandingkan *fuzzy logic type 1*. *Fuzzy logic type 2* memungkinkan pemodelan sistem yang sangat non linier yang penting dalam pengendalian lengan robot dengan sambungan fleksibel. *Input* untuk sistem ini berupa koordinat objek yang diperoleh dari algoritma YOLO yang mengenali objek dan data dari sensor jarak yang digunakan untuk mengendalikan gerakan jari-jari *service robot*.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan lengan pada *service robot* masih belum optimal dan cenderung kurang responsif, terutama untuk melakukan aksi memindahkan barang berdasarkan hasil deteksi objek secara *real*

time. Selain itu, penelitian-penelitian sebelumnya kebanyakan masih dalam bentuk simulasi dan diimplementasikan pada robot manipulator. Oleh karena itu, pemilihan sistem kendali yang digunakan dalam pengendalian lengan *service robot* memiliki pengaruh yang besar terhadap kinerja robot dalam memindahkan objek secara *real-time*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengembangkan sistem kendali pada lengan *service robot* 5 DOF dengan berbasis *fuzzy logic* tipe 2. Selanjutnya, performansi dari sistem kendali tersebut juga diuji dengan mengevaluasi kemampuan lengan *service robot* dalam menggenggam dan memindahkan suatu objek berdasarkan pengenalan objek secara *real-time*.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini perlu dilakukan supaya penelitian lebih terarah, Adapun biasanya meliputi :

1. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Kendali dan Robotika Universitas Sriwijaya.
2. Menggunakan metode *fuzzy logic type 2* untuk mengendalikan setiap sudut lengan robot.
3. Menggunakan titik koordinat objek dari algoritma YOLO sebagai *input* lengan, dan sensor jarak sebagai *input* jari robot humanoid.
4. Menguji lengan robot untuk memindahkan objek berupa botol yang berisi dan kosong, cangkir berisi dan kosong, solder, dan telur.
5. Menguji lengan robot untuk melakukan bersalaman dengan manusia.
6. Menggunakan 5 DOF servo untuk pergerakan lengan robot.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang lengan robot telah dilakukan oleh H. Septyan dkk. yang membahas tentang pengendalian robot lengan pemilah benda berdasarkan bentuk dengan menggunakan *computer vision* [12]. Pada penelitian tersebut digunakan metode *inverse kinematics* pada robot lengan untuk mempermudah robot bergerak ke koordinat tujuan.. Pendeteksian menunjukkan *error* 2 kali pada bentuk segitiga

dari total pengujian sebanyak 15 kali. *Error* terjadi pada robot lengan menggunakan metode *inverse kinematics* saat proses pemilahan benda tidak mencapai tujuan awal dengan rentang *error* adalah 0,6 cm sampai 5,3 cm.

Selanjutnya, Thanh Nguyen meneliti deteksi objek dan pengambilan objek dengan menggunakan lengan robot secara *real-time*[13]. Metode yang dipakai pada penelitian tersebut untuk *object detection* adalah *deep neural network, fine-tuning, dan transfer learning*. Akan tetapi, tingkat kegagalan dalam menggenggam objek masih cukup tinggi yang disebabkan oleh sistem mengalami masalah dengan deteksi dini. Hal ini mengakibatkan benda tergelincir keluar dan upaya menggenggam gagal pada saat lengan berusaha meraih objek yang berada dalam jangkauan tetapi tidak ditempatkan dengan tepat. S

Penelitian lainnya membahas tentang desain dari sistem robot untuk memetik tomat menggunakan YOLOv5 [14]. Pada penelitian tersebut digunakan metode *deep learning* sebagai algoritma deteksi target, *image mapping*, dan *kinematics simulation*. Keterbatasan metode pemetikan saat ini ialah perbedaan bentuk dan berat tomat membuat adsorpsi pneumatik kurang efektif, dan alat penjepit untuk pemisahan buah dipengaruhi oleh panjang dan kepadatan tangkai buah. Selain itu, identifikasi dan penempatan yang tidak akurat semakin berkontribusi terhadap keterbatasan metode pengambilan.

Kemudian, A. Fahrudi dkk. pada penelitiannya membahas tentang desain dari lengan robot 4 DOF untuk memisahkan objek menggunakan kamera [15], dimana metode yang dipakai adalah *inverse kinematics*, Namun, kesalahan pada basis servo masih terjadi, terutama pada *arm servo* 1 dan 2. Rata-rata *error* ketiga servo adalah sebesar 12,68%. Hal ini berakibat ketika lengan robot bergerak pada setiap sudut tertentu, maka pergerakan lengan robot menjadi kurang sempurna. Pengujian dan analisis sistem kinematik belakang menunjukkan *error* sebesar 7,85% pada sumbu x, *error* sebesar 6,31% pada sumbu y, dan sebesar 12,77% pada sumbu z.

Penelitian yang dilakukan oleh Y. Ren dkk. membahas tentang penggengaman objek berbasis *vision* pada robot manipulator [16]. Pada penelitian ini diusulkan metode kontrol lengan *humanoid robot* 5 DOF berbasis visi binokular

yang diterapkan pada platform robot layanan untuk berinteraksi dengan lingkungan yang kompleks dan tidak terstruktur serta menyelesaikan pengenalan dan penangkapan objek target. Tetapi, penelitian tersebut belum mengoptimalkan kecepatan pemrosesan gambar sehingga sistem masih perlu ditingkatkan agar lebih responsif dan efisien.

Pada penelitian lain, D. Noh dkk. membahas tentang *platform* robot manipulator lengan ganda dengan derajat kebebasan minimal dan koneksi sendi tubuh untuk berbagai kegiatan memasak [17]. Metode yang dipakai berupa *forward kinematics* dan *inverse kinematics*, Penelitian ini telah memaparkan faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam desain dari *platform* manipulasi lengan ganda yang optimal agar dapat melakukan tugas memasak yang rumit di dapur terstruktur lingkungan. Sistem manipulator ini tersusun dari dua lengan 5 DOF yang dihubungkan ke tingkat tambahan kebebasan yang memungkinkan lengan berputar pada sumbu tubuh robotnya.

Penelitian yang dilakukan oleh D. Rizki dkk. membahas tentang sistem kendali posisi robot lengan pada misi *pick and place* dengan metode *fuzzy logic control* [18]. Pada penelitian ini dilakukan simulasi sistem kendali posisi lengan robot dengan metode *fuzzy logic* di *software* MATLAB dengan memanfaatkan fungsi Simulink. Penelitian tersebut melakukan pemodelan dan perancangan, namun hanya sebatas simulasi dengan mencapai *error* 3°.

Penelitian yang dilakukan oleh Y. Oktarina dkk. membahas tentang perancangan pengendali *fuzzy*-PID untuk robot manipulator lengan 4 DOF [19].. Pengontrol logika *fuzzy* digunakan untuk memastikan efektivitas dalam mendeteksi objek target. Sedangkan pengontrol PID dirancang untuk menjamin kelancaran dan kestabilan gerak robot. Hasilnya menunjukkan desain pengontrol *fuzzy*-PID yang efektif dan desain mekanis manipulator robot lengan *pick and place*. Namun, penelitian tersebut masih dalam bentuk simulasi pergerakan robot di dalam ruang kerjanya dengan menggunakan RSTX toolbox di SciLab.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aysun dibahas tentang aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk menyelesaikan masalah *inverse kinematics* pada lengan robot 5 DOF [20]. Metode penyelesaian konvensional, seperti metode geometri,

aljabar, dan iteratif numerik, tidak mencukupi dan lambat dalam menyelesaikan masalah kinematika invers. Oleh karena itu, penggunaan model *artificial neural network* (ANN) dipilih sebagai solusi untuk menyelesaikan masalah invers kinematika agar lebih efisien dan mampu mengurangi waktu penyelesaian. Namun, belum ada pembahasan atau analisis rinci mengenai keakuratan model ANN dalam menyelesaikan masalah invers kinematika lengan robot 5-DOF. Selain itu, tidak ada perbandingan dengan metode lain untuk mengevaluasi efektivitas model ANN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Dewi, Y. Oktarina, P. Risma, and S. Kartini, “Desain Robot Pengikut Manusia Sederhana dengan Fuzzy Logic Controller,” *Annu. Res. Semin.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–16, 2020, [Online]. Available: <https://seminar.ilkom.unsri.ac.id/index.php/ars/article/view/2106>
- [2] W. Ren, O. Ma, H. Ji, and X. Liu, “Human Posture Recognition Using a Hybrid of Fuzzy Logic and Machine Learning Approaches,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 135628–135639, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3011697.
- [3] D. Park *et al.*, “Active robot-assisted feeding with a general-purpose mobile manipulator: Design, evaluation, and lessons learned,” *Rob. Auton. Syst.*, vol. 124, 2020, doi: 10.1016/j.robot.2019.103344.
- [4] P. M. Grice and C. C. Kemp, “In-home and remote use of robotic body surrogates by people with profound motor deficits,” *PLoS One*, vol. 14, no. 3, pp. 1–43, 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0212904.
- [5] D. Karastoyanov and S. Karastanev, “Reuse of Industrial Robots,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 30, pp. 44–47, 2018, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.11.243.
- [6] M. Bi, “Control of robot arm motion using trapezoid fuzzy two-degree-of-freedom PID algorithm,” *Symmetry (Basel)*, vol. 12, no. 4, 2020, doi: 10.3390/SYM12040665.
- [7] N. J. Ramadhan, N. Lilansa, A. F. Rifa’i, and H. D. Nguyen, “Pattern recognition based movement control and gripping forces control system on arm robot model using LabVIEW,” *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–14, 2022, doi: 10.14203/j.mev.2022.v13.1-14.
- [8] J. García and D. Shafie, “Teaching a humanoid robot to walk faster through Safe Reinforcement Learning,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 88, no. April 2019, p. 103360, 2020, doi: 10.1016/j.engappai.2019.103360.
- [9] Y. Jadeja and B. Pandya, “Design and development of 5-DOF robotic arm manipulators,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 11, pp. 2158–2167, 2019.
- [10] P. Chotikunanan and Y. Pititheeraphab, “Adaptive P Control and Adaptive

- Fuzzy Logic Controller with Expert System Implementation for Robotic Manipulator Application,” *J. Robot. Control*, vol. 4, no. 2, pp. 217–226, 2023, doi: 10.18196/jrc.v4i2.17757.
- [11] A. Yang, Y. Chen, W. Naeem, M. Fei, and L. Chen, “Humanoid motion planning of robotic arm based on human arm action feature and reinforcement learning,” *Mechatronics*, vol. 78, no. July, p. 102630, 2021, doi: 10.1016/j.mechatronics.2021.102630.
- [12] H. Septyan Nu, Y. Sofyan, and A. Rafi Al Tahtawi, “Pengendalian Robot Lengan Pemilah Benda Berdasarkan Bentuk Menggunakan Teknologi Computer Vision,” *SEMNASTERA (Seminar Nas. Teknol. dan Ris. Ter., vol. 2, no. 0, pp. 42–48, 2020, [Online]. Available: <https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/110>*
- [13] T. T. Nguyen and S. Francisco, “Real-Time Object Detection & Grasping for a Robotic Arm,” no. December, 2021.
- [14] G. Zhaoxin, L. Han, Z. Zhijiang, and P. Libo, “Design a Robot System for Tomato Picking Based on YOLO v5,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 3, pp. 166–171, 2022, doi: 10.1016/j.ifacol.2022.05.029.
- [15] A. Fahruzi, B. S. Agomo, and Y. A. Prabowo, “Design Of 4DOF 3D Robotic Arm to Separate the Objects Using a Camera,” *Int. J. Artif. Intell. Robot.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–35, 2021, doi: 10.25139/ijair.v3i1.3787.
- [16] Y. Ren, H. Sun, Y. Tang, and S. Wang, “Vision based object grasping of robotic manipulator,” *ICAC 2018 - 2018 24th IEEE Int. Conf. Autom. Comput. Improv. Product. through Autom. Comput.*, no. September, pp. 1–5, 2018, doi: 10.23919/IConAC.2018.8749001.
- [17] D. Noh *et al.*, “Minimal Degree of Freedom Dual-Arm Manipulation Platform with Coupling Body Joint for Diverse Cooking Tasks,” *2020 17th Int. Conf. Ubiquitous Robot. UR 2020*, pp. 225–232, 2020, doi: 10.1109/UR49135.2020.9144811.
- [18] Dzeini Rizki Ramadhan, Adnan Rafi Al Tahtawi, and Kartono Wijayanto, “Kendali Posisi Robot Lengan pada Misi Pick and Place dengan Metode Fuzzy Logic Control,” pp. 4–5, 2021.

- [19] Y. Oktarina, F. Septiarini, T. Dewi, P. Risma, and M. Nawawi, “Fuzzy-PID Controller Design of 4 DOF Industrial Arm Robot Manipulator,” *Comput. Eng. Appl. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 123–136, 2019, doi: 10.18495/comengapp.v8i2.300.
- [20] M. F. BARAN, “EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences,” vol. 2, no. 2018, pp. 2017–2018, 2018.
- [21] J. Tavoosi and F. Mohammadi, “A New Type-II Fuzzy System for Flexible-Joint Robot Arm Control,” *Proc. - 2019 6th Int. Conf. Control. Instrum. Autom. ICCIA 2019*, no. Iccia, 2019, doi: 10.1109/ICCIA49288.2019.9030872.
- [22] C. Y. Lee, H. Lee, I. Hwang, and B. T. Zhang, “Visual Perception Framework for an Intelligent Mobile Robot,” *2020 17th Int. Conf. Ubiquitous Robot. UR 2020*, pp. 612–616, 2020, doi: 10.1109/UR49135.2020.9144932.
- [23] W. Guan, S. Chen, S. Wen, Z. Tan, H. Song, and W. Hou, “High-Accuracy Robot Indoor Localization Scheme Based on Robot Operating System Using Visible Light Positioning,” *IEEE Photonics J.*, vol. 12, no. 2, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1109/JPHOT.2020.2981485.
- [24] J. Peng, H. Ye, Q. He, Y. Qin, Z. Wan, and J. Lu, “Design of Smart Home Service Robot Based on ROS,” *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/5511546.
- [25] R. Mishra and A. Javed, “ROS based service robot platform,” *Proc. - 2018 4th Int. Conf. Control. Autom. Robot. ICCAR 2018*, pp. 55–59, 2018, doi: 10.1109/ICCAR.2018.8384644.
- [26] Y. Kim, S. Y. Lee, and S. Lim, “Implementation of PLC controller connected Gazebo-ROS to support IEC 61131-3,” *IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom. ETFA*, vol. 2020-Septe, pp. 1195–1198, 2020, doi: 10.1109/ETFA46521.2020.9212096.
- [27] S. Susanto, E. Priono, and R. Analia, “Establishing ROS on Humanoid Soccer Robot-BarelangFC Software System,” *J. Integr.*, vol. 13, no. 2, pp. 113–121, 2021, doi: 10.30871/ji.v13i2.3333.

- [28] R. T. Yunardi, "Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan Ultrasonik untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 6, no. 1, p. 33, 2017, doi: 10.36055/setrum.v6i1.1583.
- [29] BrainKart.com, "DC Servo Motor - Control Systems," *BrainKart.com*, 2018. [https://www.brainkart.com/article/DC-Servo-Motor---Control Systems_12836/](https://www.brainkart.com/article/DC-Servo-Motor---Control-Systems_12836/) (accessed Jul. 06, 2024).