

SKRIPSI
IMPLEMENTASI *FUZZY* LOGIC CONTROL TYPE-2
SEBAGAI SISTEM KENDALI POSISI PADA
AUTONOMOUS BUOY



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

Oleh :

NANDI PRABU NUGRAHA

03041382025109

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI *FUZZY* LOGIC CONTROL TYPE-2 SEBAGAI SISTEM KENDALI POSISI PADA AUTONOMOUS BUOY



SKRIPSI

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

Oleh

NANDI PRABU NUGRAHA

03041382025109

Palembang, 2024

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



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

NIP. 197108141999031005



Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.

NIP. 197812072002122002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nandi Prabu Nugraha
NIM : 03041382025109
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 5 %

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Implementasi *Fuzzy Logic Control type-2* Sebagai Sistem Kendali Posisi Pada *Autonomous Buoy*” 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, 16 Juli 2024



Nandi Prabu Nugraha

NIM. 03041382025109

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 : Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.
Tanggal : 13/Juli/2024

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nandi Prabu Nugraha
NIM : 03041382025109
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
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 *FUZZY* LOGIC CONTROL TYPE-2 SEBAGAI SISTEM KENDALI POSISI PADA AUTONOMOUS BUOY

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
Yang Menyatakan



Nandi Prabu Nugraha
NIM. 03041382025109

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 “ Implementasi *Fuzzy* Logic Control Type-2 Sebagai Sistem Kendali Posisi Pada Autonomous Buoy”.

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 Nana Mulyana dan Ibu In Indriani selaku kedua orang tua serta adik-adik tercinta yang sudah memberikan dukungan fisik/materil dan mental sehingga mampu berjuang menyelesaikan skripsi dan tugas akhir ini.
2. Ibu Hera Hikmarika, S.T, M.Eng 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 Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Ilham Pratama, Muhammad Rafian Azim, I Ketut Okta Setiawan, dan Hardian Fathurahman sebagai teman satu tim dalam pengerjaan tugas akhir *Floating Net Cage* ini.

7. 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.
8. Teman-teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu dan menyemangati.

Pada proses penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penulis, oleh karena itu pembaca diharapkan memberi kritik dan saran yang membangun agar menjadi evaluasi untuk penelitian kedepannya.

Palembang, 15 Juli 2024



Nandi Prabu Nugraha

NIM.03041382025109

ABSTRAK
IMPLEMENTASI FUZZY LOGIC CONTROL TYPE-2 SEBAGAI SISTEM
KENDALI POSISI PADA AUTONOMOUS BUOY

(Nandi Prabu Nugraha, 03041382025109, 2024, 76 halaman)

Tantangan menghadapi peningkatan populasi dunia adalah memastikan penyediaan makanan. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan penyediaan makanan adalah melalui perikanan. Budidaya perairan menjadi kunci dalam menyediakan sumber protein yang terjangkau serta pertumbuhannya yang pesat. Seiring perkembangan waktu, salah satu cara dalam budidaya ikan adalah dengan menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA). Namun budidaya ikan dalam keramba jaring seringkali menjadi penyebab utama pencemaran air. Dampak dari situasi tersebut juga mengakibatkan kematian massal pada ikan yang sedang dibudidayakan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penerapan sistem KJA yang bekerja secara otomatis dan dibantu dengan *autonomous buoy (buoy)* untuk memantau kualitas air. Pada proses pemantauan air pada *buoy* diperlukan sensor dan aktuator agar dapat bergerak mencari tempat dengan kualitas air yang baik. Proses pencarian kualitas dapat dilakukan dengan membandingkan nilai kualitas air melalui nilai sensor pada *buoy* lain dan KJA. Penelitian ini dirancang sistem kendali *fuzzy type-2* pada *positioning control* agar *autonomous buoy* dapat mempertahankan posisi ketika mencari tempat dengan kualitas air yang baik. Pada penelitian ini terdapat 2 *input* yang digunakan untuk proses kontrol yaitu arah heading dan jarak. Kemudian penelitian yang telah dilakukan juga bahwa *fuzzy type-2* menunjukkan nilai *error* jarak yang lebih rendah dibandingkan dengan *fuzzy type-1* dengan nilai *error* jarak yaitu 0,2 meter, 0,56 meter, 0,11 meter, dan 0,44 meter. Hal tersebut dikarenakan *fuzzy type-2* memiliki nilai *upper* dan *lower* sehingga dapat menangani ketidak pastian yang lebih dibandingkan dengan *fuzzy type-1* ., dengan demikian sistem kontrol *fuzzy type-2* dapat memberikan performan yang baik.

Kata Kunci : Autonomous Buoy, Floating Net Cage, Position, FLC Type-2, FLC Type-1, Heading.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF TYPE-2 FUZZY LOGIC CONTROL AS A POSITIONING CONTROL SYSTEM ON AUTONOMOUS BUOYS

(Nandi Prabu Nugraha, 03041382025109, 2024, 76 Pages)

The challenge of the growing global population is ensuring the provision of food. One effort to meet the food supply needs is through fisheries. Aquaculture has become key in providing an affordable source of protein and experiencing rapid growth. Over time, one method in fish farming is the use of Floating Net Cages (KJA). However, fish farming in net cages often leads to significant water pollution. The impact of this situation also results in mass fish deaths. To address this, an automated KJA system, aided by autonomous buoys (buoys) for water quality monitoring, is necessary. In the buoy's water monitoring process, sensors and actuators are required to move and find places with good water quality. The search for quality can be done by comparing water quality values through sensors on other buoys and KJA. This research designs a type-2 fuzzy control system for positioning control so that autonomous buoys can maintain their position while searching for places with good water quality. This study uses two inputs for the control process: heading direction and distance. The research also shows that type-2 fuzzy logic has lower distance error values compared to type-1 fuzzy logic, with distance error values being 0.2 meters, 0.56 meters, 0.11 meters, and 0.44 meters. This is because type-2 fuzzy logic has upper and lower bounds, allowing it to handle more uncertainty than type-1 fuzzy logic. Thus, the type-2 fuzzy control system can provide good performance.

Kata Kunci : Autonomous Buoy, Floating Net Cage, Position, FLC Type-2, FLC Type-1, Heading.

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
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	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Keaslian Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 <i>State Of the Art</i>	8
2.2 <i>Autonomous Floating Net Cages</i>	13
2.3 <i>Autonomous Buoy</i>	14
2.4 Sensor	15
2.4.1 <i>Global Positioning System (GPS)</i>	15
2.4.2 Sensor Kompas	15
2.4.3 Sensor <i>Potencial of Hydrogen(pH)</i>	16
2.4.4 Sensor Suhu	16
2.4.5 Sensor DO	16
2.4.6 <i>Longitude dan Lattitude</i>	17
2.5 Navigasi <i>Waypoint</i>	18
2.6 <i>Haversine Formula</i>	18
2.7 Sistem Kendali <i>fuzzy type-2</i>	18
2.7.1 Fungsi Keanggotaan Interval <i>Fuzzy type-2</i>	20

2.7.2 Inferensi sistem kendali <i>fuzzy type-2</i>	21
2.7.3 Reduksi Tipe	23
2.7.4 Defuzzifikasi	24
2.8 <i>Fuzzy type-2</i> Metode Sugeno.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Studi Literatur.....	27
3.2 Perancangan Sistem.....	27
3.2.1 Perancangan <i>Hardware System</i>	27
3.2.2 Perancangan <i>Software System</i>	31
3.4 Pengambilan Data.....	37
3.5 Pengujian pada <i>Autonomous Buoy</i>	40
3.6 Tahap Analisis dan Kesimpulan	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Perancangan Alat	42
4.2. Pengujian Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic Type-2</i> pada MATLAB	43
4.2.1. Pemodelan Sistem Motor DC pada <i>Bilge Pump</i>	43
4.2.2 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Type-2</i>	44
4.2.3 <i>Fuzzifikasi</i>	48
4.2.5 Reduksi dan Defuzzifikasi.....	49
4.2.6 Simulasi Sistem Kendali <i>Fuzzy Type-2</i> di MATLAB	49
4.3 Pengujian Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic Type-2</i> pada <i>Autonomous Buoy</i>	51
4.3.1 Pengujian Performa Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic Type-2</i> Pada <i>Autonomous Buoy</i>	52
4.3.2 Perbandingan Performa Sistem Kontrol <i>Fuzzy Type-2</i> dengan <i>Fuzzy Type-1</i> dalam mempertahankan posisi.	65
4.3.3 Pengujian Sistem dengan <i>Decision Making</i>	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva System Response Curve [25]	9
Gambar 2. 2 Swarm Robot Navigation Menggunakan Fuzzy Type-1 dan Type-2 [24]	10
Gambar 2. 3 Tampilan Tentang Lokasi Dimana Buoy Konsumen Berada[21].....	11
Gambar 2. 4 Kurva Hasil Prediksi Temperatur Air [20]	12
Gambar 2. 5 Kurva Hasil Prediksi Kecepatan Air [20].....	12
Gambar 2. 6 Rancangan Design Autonomous Buoy [26]	13
Gambar 2. 7 Keramba Jaring Apung (a) Konvensional ; (b) Autonomous KJA [28]	14
Gambar 2. 8 Autonomous Buoy [20]	14
Gambar 2. 9 Ilustrasi GPS [30].....	15
Gambar 2. 10 Lattitude dan Longitude[34].....	17
Gambar 2. 11 Diagram Blok Sistem Kendali[38].....	19
Gambar 2. 12 Diagram Blok Sistem Kendali Fuzzy Type-2[38].....	20
Gambar 2. 13 Fungsi Keanggotaan Fuzzy type-2[40].....	20
Gambar 2. 14 UMF Dan LMF Pada Sistem Inferensi[40].....	22
Gambar 2. 15 Proses Inferensi Fuzzy Type-2[40].....	22
Gambar 4. 1 (a) Autonomous Buoy ; (b) Komponen yang digunakan; (c) peletakan kotak komponen & kotak baterai di dalam buoy; (d) Kotak baterai yang digunakan.....	43
Gambar 4. 2 Kurva Variabel Arah.....	45
Gambar 4. 3Kurva variabel Jarak 7 Member	46
Gambar 4.4 Hasil Fuzzifikasi pada program C++	48
Gambar 4. 5 Model Simulink.....	50
Gambar 4. 6 Simulasi Perbandingan Fuzzy Type-2, Fuzzy Type-1, dan Transfer Function terhadap Jarak 7 member	50
Gambar 4. 7 Rute Koordinat Pengujian Buoy	52
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 7 Membership Function dan Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a) Buoy 2(b), Buoy 3 (c), Buoy 4(d)	54

Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 11 Membership Function dan Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a) Buoy 2(b), Buoy 3 (c), Buoy 4(d).....	58
Gambar 4.10 Grafik Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 15 Membership Function dan Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a) Buoy 2(b), Buoy 3 (c), Buoy 4(d).....	62
Gambar 4. 11 Grafik Pengujian Fuzzy Type-1 dengan 15 Membership Function dan Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a) Buoy 2(b), Buoy 3 (c), Buoy 4(d).....	66
Gambar 4. 12 Rute Titik Koordinat Target Pengujian Autonomous Buoy dengan Decision Making	69
Gambar 4. 13 Grafik Pengujian Fuzzy Type-2 dengan Decision Making dan Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a) Buoy 2(b), Buoy 3 (c), Buoy 4(d)	70

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter Kualitas Air Pada PH, dan DO	37
Tabel 3.2 Tabel 3. 2 Parameter Kualitas Air Pada Suhu	37
Tabel 3. 3 <i>Membership Function</i> Input Arah Hadap Buoy	37
Tabel 3. 4 <i>Membership Function</i> Input Jarak yang dituju	38
Tabel 3. 5 <i>Membership Function Output</i> Pergerakan Motor	39
Tabel 4. 1 Hasil Simulasi Perbandingan Fuzzy Type-2, Fuzzy Type-1, dan Transfer Function terhadap Jarak 7 member	51
Tabel 4. 2 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 7 <i>Membership Function</i>	55
Tabel 4. 3 Titik Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 7 <i>Membership Function</i>	56
Tabel 4.4 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 11 <i>Membership Function</i>	59
Tabel 4.5 Titik Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 11 <i>Membership Function</i>	59
Tabel 4.6 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 15 <i>Membership Function</i>	63
Tabel 4.7 Titik Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 15 <i>Membership Function</i>	63
Tabel 4. 8 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy Type-1 dengan 15 <i>Membership Function</i>	67
Tabel 4. 9 Titik Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy type-1 dengan 15 <i>Membership Function</i>	67
Tabel 4. 10 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy Type-2 dengan 15 <i>Membership Function</i>	71
Tabel 4. 11 Titik Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 15 <i>Membership Function</i>	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tantangan menghadapi peningkatan populasi dunia adalah memastikan penyediaan makanan. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan penyediaan makanan adalah melalui perikanan [1]. Budidaya perairan menjadi kunci dalam menyediakan sumber protein yang terjangkau serta pertumbuhannya yang pesat. Saat ini, perikanan budidaya berkontribusi sebanyak 82 juta ton dengan nilai sekitar 250 miliar dolar dari total produksi perikanan global pada tahun 2018, yang mencapai 179 juta ton dengan nilai penjualan sekitar 401 miliar dolar, dan tren pertumbuhan ini terus berlanjut [2][3][4]. Pertumbuhan yang berkelanjutan dalam sektor budidaya perikanan merupakan bukti bahwa sektor perikanan memiliki potensi untuk memenuhi permintaan makanan global yang terus meningkat. Ini juga mencerminkan betapa pentingnya sektor budidaya perikanan dalam menyediakan sumber daya pangan yang penting dan *memberikan* kontribusi ekonomi yang substansial di tingkat global. Sektor ini menjadi faktor utama dalam menjaga ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi dunia [5][6][7].

Seiring perkembangan waktu, salah satu cara dalam budidaya ikan adalah dengan menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA). Budidaya ikan dengan menggunakan keramba telah menjadi salah satu jenis usaha yang menjanjikan, karena ikan yang dibiakkan dalam keramba dapat berfungsi sebagai sumber pangan dan juga digunakan untuk tujuan reproduksi atau pembibitan. Selain itu, budidaya perikanan melalui keramba memiliki nilai ekonomis yang signifikan dalam pasar penjualan. Namun budidaya ikan dalam keramba jaring seringkali menjadi penyebab utama pencemaran air [8][9][10][11][12]. Praktik penggunaan keramba jaring ini dapat berdampak serius terhadap perubahan kualitas air. Dampak dari situasi tersebut juga mengakibatkan kematian massal pada ikan yang sedang dibudidayakan [13][14]. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penerapan sistem KJA yang bekerja secara otomatis dan dibantu dengan *autonomous buoy (buoy)* untuk memantau kualitas air. Pada proses pemantauan air pada *buoy* diperlukan

sensor dan aktuator agar dapat bergerak mencari tempat dengan kualitas air yang baik. Proses pencarian kualitas dapat dilakukan dengan membandingkan nilai kualitas air melalui nilai sensor pada *buoy* lain dan KJA. *autonomous buoy* ini perlu dilengkapi kemampuan mempertahankan posisinya di atas air untuk memudahkan *buoy* dalam menjalankan tugas *monitoring* dan membantu KJA mencari kualitas air yang baik.

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang telah membahas mengenai *autonomous buoy*. Q.liu, M.liu merancang *monitoring* secara *real-time Autonomous Under Water Vehicle* (AUVs) dengan memanfaatkan GPS untuk mengatasi gangguan dalam pengukuran dan keterlambatan dalam pengukuran. Metode ini menggunakan *Robust Exact Differentiator* [15]. Kemudian Kouzehgar, Maryam., et al, merancang *buoy* yang dapat memantau laut secara otomatis dengan membandingkan kedua metode yaitu menggunakan metode *Multi Agent Reinforcement Learning* (MARL) dengan modifikasi *Multi Agent Deep Deterministic Policy Gradients* (MADDPG) dan metode MARL berbasis kelompok (*swarm-based*) [16]. Lalu pada penelitian Alessia Meschini, Jonathan Gelli, Marco Pagliai, et al perancangan dan pengembangan *Autonomous Buoy* untuk *localization* dan *communication* dengan target yang berada di bawah air. Metode yang digunakan yaitu *Underwater Acoustic Positioning System* (USBL) dimana target yang akan dicapai dan *buoy* dipasang modem untuk pertukaran informasi dan komunikasi [17]. Kemudian Samuel R laney dan Stephen Okkonen merancang *autonomous buoy* untuk mengamati aliran air tawar di bawah es laut yang terikat di daratan selama musim semi di perairan pesisir Arktik. Sistem ini menggunakan pengambilan sampel secara *realtime* dan data yang diambil kemudian dikirim melalui jaringan satelit iridium[18]. Lalu pada penelitian yuhan li dkk menjelaskan penggunaan *Unmanned Underwater Vehicles (UUVs)* menggunakan *autonomous buoy* dengan metode *Adaptive Tracking Control algorithm* dimana metode ini dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan dan pergerakan target tanpa memerlukan prediksi jalur sebelumnya [19]. Kemudian terdapat penelitian yang dilakukan Hoang Yang Lu, Chih Yun Chen, Shyi Chyi Cheng., et al merancang *buoy* yang dapat memantau kualitas air di sekitar KJA untuk membantu perpindahan KJA apabila kualitas air memburuk menggunakan metode *Long Short Term Memory*

(*LSTM*) yang dilakukan di sekitar laut lepas [20]. Selanjutnya A Butsanets, Andryusheckin Y., et al merancang *monitoring* dan *navigation* kapal tanpa awak *Unmanned Vessels* dengan menggunakan Wi-Fi sebagai komunikasi antara *buoy* dan *Unmanned Vessels* lainnya untuk memonitor dan *navigation* kapal yang diikutinya [21]. Lalu penelitian Teruyuki Kato, Yukihiro Terada., et al merancang *buoy* yang dapat memantau gempa bumi dan aktivitas tektonik laut menggunakan metode *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Selanjutnya Qishun Song, Xiaoping Yu, Leping Jiang., et al merancang implementasi *Omnidirectional Positioning Buoy* menggunakan algoritma *Proportional-Integral-Derivative* (PID) dengan *Fuzzy* untuk meningkatkan akurasi dan performa respon dinamis yang dimana algoritma *fuzzy* digunakan sebagai *tuner* PID [22].

Penelitian yang membahas *monitoring* yang diaplikasikan kepada AUV [15] memiliki kekurangan yaitu pada metode yang dipakai, dimana *Robus Exact Differentiator* lebih kompleks dibandingkan dengan sistem kontrol PID serta sensitif terhadap gangguan dalam sinyal. Lalu, penelitian [18] [17] [20] dan [22] terdapat salah satu kekurangan yang sama yaitu *buoy* yang digunakan tidak menggunakan sistem kontrol untuk bergerak sehingga beberapa *buoy* hanya mengandalkan ombak yang berada di laut. Tetapi terdapat kekurangan antara masing-masing *buoy* salah satunya yaitu pada penelitian [17] hanya membahas konsep dan *design* mengenai *Autonomous buoy*. Lalu pada penelitian [20] *buoy* yang dicoba hanya berada pada satu titik serta tidak bisa bertahan dari guncangan gelombang dikarenakan mekanisme penempatan *mikrokontroller* yang berada tepah di tengah *buoy* sehingga apabila *buoy* terkena guncangan ombak maka akan masuknya air ke penempatan *mikrokontroller*. Kemudian pada penelitian [22] terdapat kekurangan yaitu metode GNSS yang dipakai sangat terganggu apabila kondisi cuaca buruk mengingat *buoy* yang digerakkan di lepas di lautan serta rentan terhadap interferensi. Lalu pada penelitian [16] terdapat kekurangan yaitu penggunaan algoritma MARL memerlukan *supply* yang besar dalam pelatihan algoritma untuk komputasi. Kemudian penelitian [19] terdapat kekurangan yaitu *buoy* hanya bisa melacak (UUVs) dalam jarak 10 cm serta membutuhkan waktu untuk belajar pergerakan pola yang mengakibatkan lambatnya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Lalu penelitian [21] terdapat kekurangan diantaranya metode

sistem kontrol *buoy* bergerak tidak dijelaskan dan karena menggunakan metode Wi-Fi broadband menyebabkan terbatasnya jarak dalam komunikasi antara *buoy* dan kapal. Sehingga pada penelitian ini dikembangkan komunikasi menggunakan ROS *Bridge* yang dapat digunakan hingga jarak 10km sebagai solusi pada sistem *autonomous buoy* dengan *positioning control* yang bergerak untuk menyesuaikan posisi dan mempertahankan posisi dengan kualitas air terbaik.

Pada penelitian ini dirancang sistem kendali *fuzzy type-2* pada *positioning control* agar *autonomous buoy* dapat mempertahankan posisi ketika mencari tempat dengan kualitas air yang baik. Pada *Fuzzy Type-2*, setiap elemen dalam himpunan *fuzzy* memiliki fungsi keanggotaan yang merupakan interval *fuzzy*, bukan hanya satu nilai tunggal seperti dalam *Fuzzy Type-1*. Interval *fuzzy* ini menggambarkan tingkat ketidakpastian atau ambiguitas dalam penentuan keanggotaan suatu elemen dalam himpunan *fuzzy* [23]. Pada penelitian [24] dimana penulis membandingkan *fuzzy type-1* dengan *fuzzy type-2* dalam robot *swarm* navigasi telah menunjukkan performansi yang lebih baik pada *fuzzy type-2* dibandingkan dengan *fuzzy type-1* hasil dalam navigasi dan *obstacle avoiding* lebih baik dibandingkan menggunakan *fuzzy type-1*. Sehingga sistem kendali *fuzzy type-2* ini diharapkan memberikan dampak baik dengan kemampuannya untuk mengatasi tingkat ketidakpastian yang tinggi pada *autonomous buoy*.

1.2 Rumusan Masalah

Kualitas air yang kurang baik merupakan masalah utama yang dihadapi KJA. Hal ini sangat mempengaruhi budidaya ikan air tawar di KJA bahkan dapat berdampak kematian pada ikan. Sehingga, keramba jaring apung yang dapat berpindah tempat ketika air kurang baik menjadi sangat diperlukan. Tak hanya itu, KJA otomatis ini juga harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan posisi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan *autonomous buoy* yang dilengkapi dengan sensor dan aktuator. *Autonomous buoy* berfungsi mencari tempat dengan kualitas air yang berdasarkan sistem koordinat *global positioning system (GPS)*. *Autonomous Buoy* tersebut menggunakan sistem kontrol yang fungsinya untuk mempertahankan posisinya pada suatu titik koordinat yang telah ditentukan. Kontrol posisi yang baik memudahkan *autonomous buoy* untuk mempertahankan posisi pada kualitas air yang baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk merancang kontrol posisi pada *autonomous buoy* yang dapat mencari kualitas terbaik serta menerima dan mengirim titik koordinat tempat tersebut berbasis GPS dengan menggunakan sistem kontrol *fuzzy type-2*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat performa sistem kendali *fuzzy type-2* sebagai sistem kendali posisi *autonomous buoy*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap terfokus dan tidak menyimpang dari ruang lingkup yang seharusnya, maka penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Metode *fuzzy type-2* yang digunakan menggunakan metode interval sugeno
2. Penelitian dilakukan di perairan darat
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 DevKitV1.
4. Komunikasi ke KJA menggunakan ROS *Bridge*

1.5 Keaslian Penelitian

Terdapat sejumlah penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan KJA dan *positioning control* pada *buoy*. Y Andryushechkin et al. pada penelitiannya menguji *buoy* untuk *monitoring* dan *navigation* pada kapal tanpa awak *unmanned vessels* menggunakan metode Wi-Fi. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa *buoy* melakukan navigasi dan memonitor kapal tanpa awak melalui Wi-Fi *broadband*, dimana *buoy* akan terus merekam gelombang air menggunakan sensor 9-axis 3D, Informasi tadi kemudian dikirim kepada kapal-kapal yang mendekat menggunakan sinyal pemancar khusus LED. Akurasi pada *buoy* dihitung ketika telah mencapai posisi dengan menggunakan koreksi RTK (*Real Time Kinematic*) [21].

Selanjutnya, Hoang Yang Lu, Chih Yung Chen, dan Shyi Chyi Cheng membangun *buoy* pemantauan kualitas air di sekitar KJA menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) dengan metode LSTM. Pengumpulan data untuk di *training* dilakukan di Haikou Port, Pingtung, Taiwan. Penempatan *buoy* berada di 2Km dari lepas pantai. *Buoy* diletakkan di dekat keramba sejauh 15 KM. Ketika pemrosesan data server MySQL sebagai *database* ditempatkan di National Taiwan Ocean

University, jumlah data yang telah terkumpul sebanyak 734.000 data suhu air dan 36.237 data kecepatan. Data tersebut kemudian digunakan untuk melatih model AI melakukan prediksi kualitas air . Akurasi dari metode ini cukup bagus karena berdasarkan Mean Squared Error (MSE) didapatkan nilai 0.021 *Celcius* untuk data suhu air yang diukur [20].

Penelitian yang dilakukan oleh S. Qishun et al. mengimplementasikan *Omnidirectional positioning buoy* menggunakan algoritma *Fuzzy* PID untuk meningkatkan akurasi dan performa respon dinamis. *Buoy* menggunakan chip kontrol inti ZYNQ mencakup panel surya, baterai, dan lain sebagainya. Data posisi yang telah diukur oleh *buoy* dibandingkan dengan data jalur yang telah ditetapkan sebelumnya. Deviasi jalur (*track deviation*) dihitung sebagai perbedaan antara posisi yang sebenarnya dengan jalur yang diinginkan. Nilai deviasi jalur tersebut digunakan untuk menghasilkan instruksi arah (*heading instruction*) guna menghilangkan deviasi jalur. Algoritma kontrol *fuzzy* dan algoritma kontrol PID digunakan untuk menghitung kecepatan yang harus diatur (*set speed*) dan mengendalikan pergerakan *buoy* agar mencapai posisi yang telah direncanakan pada jalur yang telah ditentukan. Proses penentuan posisi ini melibatkan sistem umpan balik berupa pengukuran perpindahan *buoy*, perolehan informasi posisi, dan penyesuaian kontrol motor untuk memperbaiki jalur pergerakan *buoy* secara *real-time* [25].

Kemudian, penelitian S. Ade et al. membandingkan *controller* antara *Fuzzy type-1* dengan *fuzzy type-2* dalam robot *swarm* navigasi. Pengujian keandalan algoritma *fuzzy type-1* dan *fuzzy type-2* digunakan 3 robot dalam eksperimen robot *swarm* yang sebenarnya. Setiap robot dilengkapi dengan satu sensor kompas, 3 sensor jarak, dan modul komunikasi X-bee. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa *fuzzy type-2* lebih baik dibandingkan dengan *fuzzy type-1* [24].

Selanjutnya penelitian mengenai *positioning control* oleh Z Akbar, Z B Hasanuddin dan A E U Salam [26]. Uji coba dilakukan dengan menggunakan GPS sebagai rujukan serta *microcontroller* yang digunakan sebagai proses komputasinya agar dapat mempertahankan posisi menggunakan motor dc sebagai penggerakannya. Terdapat hasil yang didapat bahwa *autonomous buoy* tersebut dapat

mempertahankan posisi di perairan dalam jarak kurang dari 12 meter dari titik asal [26].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. J. Maghfiroh, “Keterkaitan Ke Depan (Forward Linkage) Dan Keterkaitan Ke Belakang (Backward Linkage) Sektor Penyediaan Akomodasi Dan Sektor Penyediaan Makanan Dan Minuman Di Provinsi Jawa Timur,” *Bul. Ekon. Pembang.*, vol. 1, no. 1, pp. 44–51, 2021, doi: 10.21107/bep.v1i1.11565.
- [2] D. M. Wahyuni, Mustaruddin, and R. Muninggar, “Penilaian Pengelolaan Lingkungan Pelabuhan Perikanan Samudera Kutaraja Berdasarkan Parameter Eco-Fishingport,” *ALBACORE J. Penelit. Perikan. Laut*, vol. 6, no. 2, pp. 123–137, 2022, doi: 10.29244/core.6.2.123-137.
- [3] K. Eferyn, B. Heryanto, S. Sudjiono, R. Novitasari, N. Andriani, and S. G. Denakrisnada, “Pelatihan Budidaya Keramba Jaring Apung Di Kelurahan Sumbergedong Trenggalek,” *JANKA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, p. 28, 2022, doi: 10.30737/janka.v1i1.2363.
- [4] Z. N. A. Nissa and S. Suadi, “Indeks Kerentanan Penghidupan Pembudidaya Ikan Nila Keramba Jaring Apung Di Waduk Gajah Mungkur, Kabupaten Wonogiri,” *J. Sos. Ekon. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 17, no. 1, p. 35, 2022, doi: 10.15578/jsekp.v17i1.10024.
- [5] T. Kultur, S. Laboratorium, B. Perikanan, B. Air, P. Situbondo, and E. Java, “Teknik Kultur Chlorella Sp. Skala Laboratorium Dan Intermediet Di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (Bpbap) Situbondo Jawa Timur,” vol. 7, no. 2, 2017.
- [6] P. Masyarakat *et al.*, “Pemberdayaan Masyarakat Desa Purwasari, Dramaga, Bogor, Melalui Kegiatan Budidaya Ikan Bawal (*Colossoma Macropomum*) Dan Maggot (*Hermentia Illuciens L.*),” vol. 9, no. September, pp. 1159–1168, 2022.
- [7] F. R. Altasa and M. Jamil, “Diseminasi Teknologi Keramba Jaring Apung Pada Budidaya Ikan Nila Di Aceh Tamiang,” vol. 6, no. 5, pp. 4141–4151, 2022.

- [8] N. Latifah *et al.*, “Strategi Jaringan Sosial Nelayan Keramba Jaring Apung Dalam Membantu Perekonomian Keluarga di Desa Teluk One-OneKabupaten Aceh Tengah,” pp. 65–73, 2022.
- [9] A. Azrita and N. Aryani, “Growth , production and feed conversion performance of the gurami sago (*Osphronemus goramy* Lacepède , 1801) strain in different aquaculture systems [version 3 ; peer review : 2 approved , 1 approved with reservations],” no. May, pp. 1–24, 2023.
- [10] R. Rostika, Rita , Andhikawati, Aulia, grandiosa, “Application Of Enzyme Functional Feed As A Supplement To The Growth Of Silver Pompano (*Trachinotus Blochii*) In Floating Net Cage, Pangandaran District,” vol. 43, no. May, pp. 385–389, 2022.
- [11] D. Biologi, F. Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, U. Negeri Padang Jln Hamka Air Tawar Bar, K. Padang Utara, K. Padang, and S. Barat, “Analisa Danau Maninjau Dalam Issue Etika Lingkungan Annisa,” pp. 284–292, 2022, [Online]. Available: <https://padangkita.com>
- [12] Amalia Yunia Rahmawati, “Pemanfaatan Dan Dampak Budidaya Keramba Jaring Apung Terhadap Lingkungan Di Kecamatan Haranggaol,” vol. 6, no. July, pp. 1–23, 2020.
- [13] E. Nugroho, L. Setijaningsih, D. Puspaningsih, and R. R. S. P. S. Dewi, “The productivity phenomenon of tilapia floating net cages in Jatiluhur Reservoir in line with the Citarum Harum program,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1119, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1119/1/012060.
- [14] A. Agus, H. Suryana, and N. Nazhifah, “Productivity Analysis of Freshwater Fish Farming Floating Net Cage System : A Case Study of Cibinong Village , Jatiluhur District , Purwakarta Regency,” vol. 23, no. 3, pp. 1–10, 2023, doi: 10.9734/AJFAR/2023/v23i3600.
- [15] Q. Liu and M. Li, “Tracking Control Based on GPS Intelligent Buoy System for an Autonomous Underwater Vehicles Under Measurement Noise and Measurement Delay,” *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 16, no. 1,

pp. 1–17, 2023, doi: 10.1007/s44196-023-00209-6.

- [16] M. Kouzehgar and R. Bouffanais, “Multi-Agent Reinforcement Learning for Dynamic Ocean Monitoring by a Swarm of Buoys,” 2020.
- [17] A. Meschini *et al.*, “Design of a self-moving autonomous buoy for the localization of underwater targets,” *Ocean. 2019 - Marseille, Ocean. Marseille 2019*, vol. 2019-June, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/OCEANSE.2019.8867202.
- [18] S. R. Laney and S. Okkonen, “An autonomous buoy system for observing spring freshet plumes under landfast sea ice,” *Limnol. Oceanogr. Methods*, vol. 20, no. 1, pp. 15–25, 2022, doi: 10.1002/lom3.10472.
- [19] Y. Li, R. Ruan, Z. Zhou, A. Sun, and X. Luo, “Positioning of Unmanned Underwater Vehicle Based on Autonomous Tracking Buoy,” *Sensors*, vol. 23, no. 9, 2023, doi: 10.3390/s23094398.
- [20] H. Lu *et al.*, “A Low-Cost AI Buoy System for Monitoring Water Quality at Offshore Aquaculture Cages,” pp. 1–15, 2022.
- [21] Y. ; A. B. V. K. E. O. Andryusheckin, “Navigation system for unmanned vessels using a navigation buoy Navigation system for unmanned vessels using a navigation buoy”, doi: 10.1088/1742-6596/2061/1/012122.
- [22] B. T. K. Ato, Y. T. Erada, K. T. Adokoro, and A. F. Utamura, “Review Developments of GNSS buoy for a synthetic geohazard monitoring system,” vol. 98, no. 2, pp. 49–71, 2022.
- [23] B. C. Altay, A. E. Boztas, and A. Okumu, “How Will Autonomous Vehicles Decide in Case of an Accident ? An Interval Type-2 *Fuzzy* Best – Worst Method for Weighting the Criteria from Moral Values Point of View,” 2023.
- [24] A. S. Handayani, N. L. Husni, S. Nurmaini, and I. Yani, “Application of Type-1 and Type-2 *Fuzzy* Logic Controller for the Real Swarm Robot,” vol. 15, no. 6, pp. 83–98, 2019.

- [25] Q. Song, X. Yu, L. Jiang, and T. Li, "Design of omnidirectional positioning buoy based on *Fuzzy* PID algorithm," pp. 354–358, 2020, doi: 10.1109/ICICAS51530.2020.00080.
- [26] Z B Hasanuddin, Z. Akbar, and A. E. U. Salam, "Automatic buoy system for position control based on global positioning system (GPS)," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/885/1/012024.
- [27] I. Effendi and S. Wahyuni, "Pembinaan sistem manajemen usaha keramba jaring apung melalui percontohan usaha," *Unri Conf. Ser. Community Engagem.*, vol. 1, pp. 634–638, 2019, doi: 10.31258/unricsce.1.634-638.
- [28] K. Amaly, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Sriwijaya, "Sistem Kontrol Posisi Keramba Jaring Apung Otomatis Menggunakan Metode *Fuzzy* Logic Control," Sriwijaya University, 2023.
- [29] D. Desmira, "Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 21–29, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4465.
- [30] J. J. Jinisha and S. Jerine, "Mobile Host Intrusion Detection in Surveillance Wireless Sensor Networks with Fusion of Sensor Data," *J. Inf. Technol. Manag.*, vol. 15, pp. 67–77, 2023, doi: 10.22059/jitm.2023.91568.
- [31] F. Affandi, A. Izzuddin, M. Kom, I. Aprilia, S. Pd, and M. Si, "Implementasi Sensor Kompas Sebagai Sistem Navigasi Pada Robot vacuum cleaner Compass Sensor Implementation As A Navigation Sys," *J. ENERGY (Jurnal Ilm. Ilmu-ilmu Tek.*, vol. 11, no. 1, p. 21, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.51747/energy>
- [32] MPOC, lia dwi jayanti, and J. Brier, "Sistem Pengecekan pH Air Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor Hariyadi1," *Malaysian Palm Oil Counc.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203%0Ahttp://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>

- [33] B. Xiong, E. Mahoney, J. F. Lo, and Q. Fang, "A Frequency-Domain Optofluidic Dissolved Oxygen Sensor with Total Internal Reflection Design for in Situ Monitoring," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 27, no. 4, 2021, doi: 10.1109/JSTQE.2020.2997810.
- [34] L. Singal and Y. D. Y. Rindengan, "Comparative Analysis of Google Maps Coordinates Points and Professional GPS Tools in Manado City," *J. Tek. Inform.*, vol. 16, no. 2, pp. 157–164, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/33878/32394>
- [35] A. N. Abadi Nugroho, "Penerapan Metode Haversine Formula Untuk Penentuan Titik Kumpul pada Aplikasi Tanggap Bencana," *Metik J.*, vol. 4, no. 2, pp. 69–75, 2020, doi: 10.47002/metik.v4i2.190.
- [36] D. Altan, D. Marijan, and T. Kholodna, "SafeWay: Improving the safety of autonomous waypoint detection in maritime using transformer and interpolation," *Marit. Transp. Res.*, vol. 4, no. March, p. 100086, 2023, doi: 10.1016/j.martra.2023.100086.
- [37] S. Kartika, S. Suendri, and R. A. Putri, "Sistem Pencarian Lokasi dan Rute Terdekat Menggunakan Metode Haversine Formula Pada Aplikasi Donatur Pakaian Berbasis Android," *Al-Ulum J. Sains Dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, pp. 14–20, 2022, doi: 10.31602/ajst.v7i1.5678.
- [38] 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.
- [39] I. M. Ginarsa, A. B. Muljono, I. M. A. Nnartha, and O. Zebua, "Desain Power System Stabilizer Berbasis *Fuzzy* Tipe-2 untuk Perbaikan Stabilitas Mesin Tunggal," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.17529/jre.v14i1.8464.
- [40] R. Sistem, "Performansi Navigasi Robot Leader-Follower menggunakan

Algoritma,” vol. 1, no. 10, pp. 1–6, 2021.

- [41] M. Humaira, “Perbandingan Algoritma Reduksi Tipe pada *Fuzzy* Tipe-2,” *Matics*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2014, doi: 10.18860/mat.v1i1.2642.
- [42] H. Kishan, N. Kumar, and S. Dayal, “A systematic literature review on prototyping with Arduino : Applications , challenges , advantages , and limitations,” *Comput. Sci. Rev.*, vol. 40, p. 100364, 2021, doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100364.
- [43] Pemerintah Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,” *Sekr. Negara Republik Indones.*, vol. 1, no. 078487A, p. 483, 2021, [Online]. Available: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- [44] P. Press, “DC Motors, Speed Controls, Servo Systems: An Engineering Handbook,” 1977.
- [45] “Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points.” [Online]. Available: <https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>