

SKRIPSI
SISTEM KONTROL POSISI *AUTONOMOUS BUOY*
MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL*



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

FINANDRA NUSANTARA

03041281924056

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM KONTROL POSISI *AUTONOMOUS BUOY* MENGGUNAKAN
FUZZY LOGIC CONTROL



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh:

FINANDRA NUSANTARA

03041281924056

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP. 197108141999031005

Palembang, 25 Juli 2023

Menyetujui,
Dosen Pembimbing




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

NIP. 198407302008122001

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM

Tanggal : 25/Juli/2023

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Finandra Nusantara

NIM : 03041281924056

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universtias Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 7%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Sistem Kontrol Posisi *Autonomous Buoy* Menggunakan *Fuzzy Logic Control*” 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, 25 Juli 2023



Finandra Nusantara

NIM.03041281924056

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

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

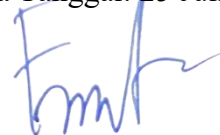
Nama : Finandra Nusantara
NIM : 03041281924056
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

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

**SISTEM KONTROL POSISI *AUTONOMOUS BUOY* MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC CONTROL***

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

Dibuat di Palembang
Pada Tanggal: 25 Juli 2023



Finandra Nusantara

NIM. 03041281924056

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-Nya serta dukungan keluarga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Kontrol Posisi *Autonomous Buoy* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Control*”.

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. Orang tua saya yang selalu mendukung secara moral dan materi, memberikan doa kepada penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM M 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 Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc., Bapak Irmawan, S.Si., IPM., Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., dan Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T. sebagai dosen Teknik Kendali dan Robotika yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan serta memberikan bimbingan pada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
5. Teman satu tim Sistem Keramba Jaring Apung Otomatis, M. Teranggono Rachmatullah, Ishran Aprizal, Khoirul Amaly dan M. Deka Ruliansyah.
6. Nona pemilik NIM PO.71.31.2.19.023, yang sudah membantu penulis melalui dukungan moral maupun mental selama pengerjaan skripsi.
7. Teman Teknik Kendali dan Robotika Angkatan 2019 yang telah berjuang bersama, memberikan dukungan dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Adik tingkat konsentrasi Teknik Kendali dan Robotika yang telah membantu penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
9. Teman-teman klub Robotika Unsri yang selalu membantu juga menyemangati selama proses penulisan skripsi ini.

Di dalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi untuk penelitian yang lebih baik bagi penulis di masa yang akan datang.

Palembang, 25 Juli 2023



Finandra Nusantara

NIM. 03041281924056

ABSTRAK
SISTEM KONTROL POSISI AUTONOMOUS *BUOY* MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC CONTROL*

(Finandra Nusantara, 03041281924056, 2023, 93 halaman)

Masalah kualitas air yang buruk dapat menyebabkan ikan yang ada di dalam keramba jaring apung (KJA) mengalami kematian massal. Untuk mengatasi hal tersebut, pada penelitian ini dikembangkan KJA otomatis yang dapat menyesuaikan diri dengan kondisi kualitas air. KJA tersebut perlu dilengkapi *autonomous buoy* (pelampung) yang memiliki aktuator dan juga sensor sehingga dapat bergerak mencari tempat dengan kualitas air yang baik dengan membandingkan nilai kualitas air melalui nilai sensor pada *buoy* lain dan KJA. *Autonomous buoy* ini perlu dilengkapi kemampuan *positioning control* di atas air untuk memudahkan *buoy* dalam menjalankan tugas *monitoring* dan membantu KJA mencari kualitas air yang baik menggunakan metode *fuzzy logic control*. Pada awal pengujian dilakukan simulasi menggunakan *software* MATLAB, kemudian dilakukan pengujian secara langsung kepada *buoy* yang berjumlah 4 buah di perairan. Hasil pengujian yang dilakukan pada *autonomous buoy* menggunakan *fuzzy logic control* menunjukkan bahwa *buoy* dapat mempertahankan posisinya dengan baik menggunakan 7 *membership function* dengan *error* jarak pada keempat *buoy* berturut-turut 0.6038 m, 0.62402, 0.635568, dan 0.54822 m dibandingkan dengan *fuzzy* dengan 3 dan 5 *membership function*. Meskipun *fuzzy* dengan 7 *membership function* lebih baik dari segi visualisasi rute dan nilai *error* jarak yang didapat, *error heading fuzzy* dengan 7 *membership function* lebih buruk karena memiliki output variasi kecepatan motor yang lebih banyak dan relatif lebih cepat.

Kata kunci: *Buoy*, *fuzzy logic*, KJA, kualitas air, MATLAB, *positioning control*.

ABSTRACT
AUTONOMOUS BUOY POSITION CONTROL SYSTEM USING FUZZY
LOGIC CONTROL METHOD

(Finandra Nusantara, 03041281924056, 2023, 93 Pages)

The problem of poor water quality can lead to mass deaths of fish inside floating net cages (KJA). To address this issue, this research develops an automatic KJA that can adapt to water quality conditions. This KJA needs to be equipped with autonomous buoys that have actuators and sensors, enabling them to move and search for areas with good water quality by comparing sensor values with other buoys and KJA. These autonomous buoys need to possess positioning control capabilities above water to facilitate their monitoring tasks and assist KJA in finding areas with good water quality using the fuzzy logic control method. In the initial testing phase, simulations were conducted using MATLAB software, followed by direct testing of four buoys in water. The test results of autonomous buoys using fuzzy logic control demonstrate that the buoys can maintain their positions well, using 7 membership functions, with consecutive distance errors of 0.6038 m, 0.62402 m, 0.635568 m, and 0.54822 m compared to fuzzy logic with 3 and 5 membership functions. Although fuzzy logic with 7 membership functions is better in terms of route visualization and distance error values obtained, the fuzzy heading error with 7 membership functions is worse due to the greater output variation of motor speed and relatively faster response.

Keywords: Buoys, fuzzy logic, floating cage, water quality, MATLAB, position control.

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Keaslian Penelitian	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>State Of the Art</i>	5
2.2 <i>Autonomous Floating Net Cages</i>	11
2.3 <i>Autonomous Buoy</i>	12
2.4 Sensor.....	13
2.4.1 <i>Global Positioning Systems (GPS)</i>	13
2.4.2 Sensor Kompas	13
2.4.3 <i>Sensor Potencial of Hydrogen (pH)</i>	14
2.4.4 Sensor Suhu	14
2.4.5 <i>Longitude dan Lattitude</i>	14

2.5	Navigasi <i>Waypoint</i>	15
2.6	Haversine Formula.....	15
2.7	Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i>	16
2.8	<i>Fuzzy Logic</i> Metode Sugeno.....	19
BAB III		21
METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Studi Literatur.....	22
3.2	Perancangan Sistem.....	22
3.2.1	<i>Desain Autonomous Buoy</i>	24
3.2.2	Mikrokontroler	24
3.2.3	Ublox Neo-M8N	25
3.2.4	Sensor Kompas HMC5883L.....	26
3.2.5	<i>Bilge Pump</i>	26
3.2.6	Motor Driver	27
3.3	Perancangan <i>Autonomous Buoy</i>	27
3.4	Pengambilan Data.....	30
3.5	Pengujian pada <i>Autonomous Buoy</i>	32
BAB IV		34
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Hasil Perancangan Alat	34
4.2	Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Logic Control</i>	35
4.3	<i>Fuzzifikasi</i>	40
4.4	<i>Fuzzy Rules</i>	41
4.5	<i>Defuzzifikasi</i>	47
4.6	Penentuan Target <i>Heading</i>	47
4.7	Pengujian <i>Autonomous Buoy</i> dengan <i>Wireless Controller</i>	48
4.8	Pengujian <i>Batch Autonomous Buoy</i>	50
4.9	Pengujian Sistem Menggunakan <i>Fuzzy Logic Control</i>	56
4.9.1.	Pengujian di Kambang Iwak Kecil	56
4.9.1.1.	Pengujian dengan 3 <i>Membership Function</i>	57

4.9.1.2.	Pengujian dengan 5 <i>Membership Function</i>	65
4.9.1.3.	Pengujian dengan 7 <i>Membership Function</i>	75
4.9.1.4.	Pengujian Sistem dengan <i>Decision Making</i>	83
BAB V	92
KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1	Kesimpulan.....	92
5.2	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Hasil Penelitian Fluktuasi Konsentrasi DO	5
Gambar 2. 3 Grafik Hasil Penelitian Konsentrasi Suhu	6
Gambar 2. 4 Grafik Hasil Penelitian Konsentrasi pH	6
Gambar 2. 5 Perancangan Waypoint	8
Gambar 2. 6 Respon Error Delta-X	8
Gambar 2. 7 Respon Error Delta-Y	8
Gambar 2. 8 Kurva Respon Sistem	9
Gambar 2. 9 Jarak Lintang dan Bujur	10
Gambar 2. 10 Bearing dan Heading	11
Gambar 2. 11 Penggunaan GUI	11
Gambar 2. 12 Floating Net Cages (KJA).....	12
Gambar 2. 13 Autonomous Buoy	12
Gambar 2. 14 Ilustrasi Satelit GPS Mengirim Sinyal	13
Gambar 2. 15 Longitude dan Latitude	15
Gambar 2. 16 Diagram Blok Fuzzy Logic	16
Gambar 2. 17 Skema Fuzzy Logic	17
Gambar 2. 18 Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	18
Gambar 2. 19 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	18
Gambar 2. 20 Fungsi Keanggotaan Gauss	18
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Flowchart sistem	23
Gambar 3. 3 Desain Autonomous Buoy	24
Gambar 3. 4 ESP32 Devkit V1	25
Gambar 3. 5 Modul Ublox Neo-M8N.....	26
Gambar 3. 6 Sensor Kompas HMC5883L	26
Gambar 3. 7 Bilge Pump.....	27
Gambar 3. 8 Motor Driver BTS7960 H-Bridge.....	27
Gambar 3. 9 Flowchart Navigasi Sistem	29
Gambar 3. 10 Flowchart Kontrol Posisi Buoy	30
Gambar 4.1 (a) <i>Autonomous Buoy</i> , (b) Formasi <i>Autonomous Buoy</i>	34
Gambar 4.2 Kurva Untuk Variabel Arah Hadap.....	35

Gambar 4.3 Kurva Untuk Variabel Jarak Tujuan 3 Member.....	37
Gambar 4.4 Kurva Variabel Jarak tujuan 5 Member	37
Gambar 4.5 Kurva Variabel Jarak Tujuan 7 Member.....	39
Gambar 4.6 Hasil Fuzzifikasi pada Arduino IDE 3 Member (a), 5 Member (b), 7 Member (c).....	41
Gambar 4.7 Contoh Output Fuzzy 15 Rules pada MATLAB.....	43
Gambar 4.8 Contoh Output Fuzzy 25 Rules pada MATLAB.....	45
Gambar 4.9 Contoh Output Fuzzy 35 Rules pada MATLAB.....	47
Gambar 4.10 Heading Autonomous Buoy	48
Gambar 4.11 Pengujian <i>Buoy</i> di Kambang Iwak Kecil Kondisi Lurus (a), Serong (b), Putar (c), dan Perpindahan Posisi (d)	49
Gambar 4.12 Pengujian Buoy di Sungai Keramasan Kondisi Lurus (a), Serong (b), Putar (c), dan Perpindahan Posisi (d).....	50
Gambar 4. 13 Rute Koordinat Target Tes Batch Buoy Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik (c), Titik 4 (d).....	51
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Kordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) pada Tes Batch	53
Gambar 4.15 Rute Koordinat Target Pengujian Buoy dengan 3 Membership Function Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik (c), Titik 4 (d)	57
Gambar 4. 16 Pengujian Autonomous Buoy dengan 3 Membership Function Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik 3 (c), Titik 4 (d)	58
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan 3 Membership Function	60
Gambar 4. 18 Grafik Error <i>Heading</i> Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan 5 Membership Function	62
Gambar 4. 19 Rute Koordinat Target Pengujian Buoy dengan 5 Membership Function Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik (c), Titik 4 (d)	66
Gambar 4. 20 Pengujian Autonomous Buoy dengan 5 Membership Function Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik 3 (c), Titik 4 (d)	67

Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan 5 Membership Function	69
Gambar 4. 22 Grafik Error Heading Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan 5 Membership Function	71
Gambar 4. 23 Rute Koordinat Target Pengujian Buoy dengan 7 Membership Function Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik (c), Titik 4 (d)	75
Gambar 4. 24 Pengujian Autonomous Buoy dengan 7 Membership Function Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik 3 (c), Titik 4 (d)	76
Gambar 4. 25 Grafik Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan 7 Membership Function	78
Gambar 4. 26 Grafik Error Heading Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan 7 Membership Function	80
Gambar 4. 27 Rute Koordinat Target Pengujian Buoy dengan Decision Making Titik awal (a), Titik 1 (b), Titik 2 (c)	84
Gambar 4. 28 Pengujian Autonomous Buoy dengan Decision Making Titik Awal (a), Titik 1 (b), Titik 2 (c).....	85
Gambar 4. 29 Grafik Perbandingan Koordinat Target dan Koordinat Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan Decision Making ..	87
Gambar 4. 30 Grafik Error Heading Buoy 1 (a), Buoy 2 (b), Buoy 3 (c), Buoy 4 (d) Pengujian Fuzzy dengan Decision Making	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Produktivitas KJA	7
Tabel 3.1 Standar Parameter Kualitas Air pada pH, dan DO.....	30
Tabel 3.2 Standar Parameter Kualitas Air pada Suhu.....	30
Tabel 3.3 Fungsi Keanggotaan <i>Input</i> Arah Hadap <i>Buoy</i>	31
Tabel 3.4 Fungsi Keanggotaan <i>Input</i> Jarak Tujuan	31
Tabel 4.1 Aturan pada Fuzzy 15 Rules	42
Tabel 4.2 Aturan pada Fuzzy 25 Rules	43
Tabel 4.3 Aturan pada Fuzzy 35 Rules	45
Tabel 4. 4 Arah Heading Autonomous Buoy.....	48
Tabel 4. 5 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Test Batch	54
Tabel 4. 6 Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Target Test Batch.....	55
Tabel 4.7 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy dengan 3 Membership Function	63
Tabel 4.8 Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 3 Membership Function	64
Tabel 4.9 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy dengan 5 Membership Function	72
Tabel 4.10 Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 5 Membership Function	73
Tabel 4.11 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy dengan 7 Membership Function	81
Tabel 4.12 Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan 7 Membership Function	82
Tabel 4. 13 Koordinat Tujuan dan Jarak Tujuan Pengujian Fuzzy dengan Decision Making	89
Tabel 4. 14 Koordinat dan Error Jarak Buoy terhadap Pengujian Fuzzy dengan Decision Making	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan budidaya air merupakan usaha peningkatan produksi dan langkah pelestarian lingkungan yang seimbang dalam pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya perairan yang berwawasan lingkungan [1]. Secara geografis, Indonesia merupakan negara maritim yang dua per tiga wilayahnya terdiri dari lautan. Kondisi geografis inilah yang membuat Indonesia mempunyai sumber daya perairan yang sangat melimpah. Dengan luas lautan dan panjang pantai masing – masing mencapai 6.315.222 km² dan 99.093 km membuat Indonesia memiliki potensi perikanan mencapai 6,3 juta ton per tahunnya [2]. Upaya yang dilakukan dalam meningkatkan potensi perikanan dapat dilakukan dengan metode *floating net cages* atau keramba jaring apung (KJA). Metode ini merupakan teknik budidaya perikanan yang paling produktif [3]. KJA disukai pembudidaya karena dapat mempermudah proses penyortiran dan panen. Selain itu, keberadaan ikan akan lebih aman di dalamnya sehingga dapat memudahkan pembudidaya dalam pemeliharaan. Namun, ukuran KJA yang kecil membuat pergerakan ikan terbatas untuk mencari kualitas air yang sesuai. Hal ini menjadi salah satu kekurangan KJA, terutama dalam menjaga kualitas air sebagai media tempat pemeliharaan yang baik untuk ikan.

Masalah kualitas air yang buruk dapat menyebabkan ikan yang ada di dalam KJA mengalami kematian massal. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan KJA otomatis yang dapat menyesuaikan sendiri kualitas air. KJA tersebut perlu dilengkapi *autonomous buoy (buoy)* yang memiliki aktuator dan juga sensor sehingga dapat bergerak mencari tempat dengan kualitas air yang baik 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 yang sudah dilakukan mengenai KJA. Muhammad Rizky merancang sistem aerasi otomatis pada KJA menggunakan metode *fuzzy*

logic control untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam KJA [4]. Sistem aerasi ini juga didukung sistem *monitoring* untuk melihat kondisi suhu, pH, dan DO pada keramba jaring apung berbasis *website*. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Armade Husein membahas tentang kontrol posisi *drifting buoy* yang memonitor kondisi sungai Citarum menggunakan metode *fuzzy logic control* [5]. John F. Vesecky, Kenneth Laws, et al pada penelitiannya membahas mengenai *autonomous buoy* menggunakan sistem kontrol *proportional integral derivative* (PID) [6]. Selain itu, Dangquan Zhang, Muhammad Aqeel Ashraf, et al. melakukan penelitian mengenai *dynamic modeling* dan kontrol menggunakan *Neural Networks* dan *fuzzy* pada *autonomous buoy* [7]. Kemudian, Juan Medina membahas tentang pemantauan kualitas air jarak jauh untuk budidaya ikan yang menggunakan sensor pendukung, seperti sensor suhu, pH, dan DO, serta mentransmisikan informasi secara lokal melalui *wide-area network protocol* ke *gateway* terhubung ke layanan *cloud* untuk visualisasi data [8]. Sistem *monitoring* juga diterapkan pada penelitian yang dilakukan oleh Akmal Helmi, Muhammad Hafiz M, et al menggunakan *mobile buoy* yang dikendalikan jarak jauh. Pada penelitian tersebut *user* dapat memasukkan data koordinat pada *Graphical User Interface* (GUI) [9].

Penelitian yang membahas mengenai *dynamic position* atau *positioning control* yang diaplikasikan kepada *buoy* [5] [6] [7] memiliki kekurangan karena *buoy* tersebut memiliki fungsi yang terbatas dibanding KJA dalam proses penyesuaian kualitas air secara *autonomous*. Selain itu, penelitian [4] [8] [9] hanya terbatas melakukan *monitoring* kualitas air tanpa memperhatikan *positioning control* untuk mencari kualitas air yang baik. Sehingga, pada penelitian ini dikembangkan sistem *autonomous buoy* dengan *positioning control* yang dapat bergerak menyesuaikan posisi untuk mencari kualitas air yang baik.

Pada penelitian ini dirancang sistem kendali *fuzzy* pada *positioning control* agar *autonomous buoy* mampu mempertahankan posisi saat mencari tempat dengan kualitas air yang baik. *Fuzzy* merupakan metode yang digunakan untuk memetakan batasan samar dari hasil pengukuran suatu sistem kendali menjadi bilangan numerik terukur (*Fuzzy*) dan cara yang tepat untuk pemetaan dari ruang input menjadi output [10]. Sistem kendali *fuzzy* ini memiliki banyak keunggulan dan mudah untuk

pengimplementasiannya dalam berbagai sistem maupun robot termasuk juga pada *autonomous buoy*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah utama yang ada pada keramba jaring apung adalah kualitas air yang kurang baik dapat menyebabkan kematian masal pada ikan yang ada di dalamnya. Sehingga, keramba jaring apung yang memiliki kemampuan untuk berpindah tempat untuk mencari kualitas air yang lebih baik sangat diperlukan. Selain itu, kemampuan untuk mempertahankan posisi juga sangat dibutuhkan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan *buoy* yang dilengkapi dengan aktuatur dan sensor. *Buoy* ini berfungsi untuk mencari tempat yang memiliki kualitas air yang lebih baik berbasis titik koordinat *global positioning system (GPS)*. *Buoy* tersebut juga menggunakan sistem kontrol yang bekerja untuk mampu mempertahankan posisinya pada suatu titik koordinat yang sudah ditentukan. Kontrol posisi yang baik akan memudahkan *buoy* bekerja dan dapat memonitor kualitas air dengan baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang kontrol posisi pada *buoy* yang dapat mencari kualitas air yang lebih baik dan mengirimkan titik koordinat tempat tersebut berbasis GPS. Penelitian ini juga menunjukkan performansi dari *fuzzy logic* sebagai sistem kendali posisi pada *buoy*.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat fokus dan tidak keluar dari pembahasan yang semestinya, maka penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Metode *fuzzy inference system* yang digunakan adalah Sugeno.
2. Penelitian akan dilakukan di perairan darat.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 DevKit V1.

1.5 Keaslian Penelitian

Ada sejumlah penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan KJA dan *positioning control* pada *buoy* atau *buoy*. Herman Hamdani dkk. pada penelitiannya

memanfaatkan metode aerasi agar KJA memiliki kadar oksigen yang lebih baik untuk meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan ikan yang ada di dalamnya. Berdasarkan hasil analisis, produktivitas KJA dengan menggunakan teknologi aerasi *memberikan* hasil produktivitas lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan aerasi, dimana produktivitas rata - rata KJA dengan aerasi sebesar 11,47 Kg/m³, sedangkan KJA tanpa Aerasi adalah 8,91 Kg/m [11].

Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh Armadeo Husein dkk. membahas *positioning control* pada *drifting buoy* menggunakan metode *fuzzy logic control*. Penelitian tersebut berfokus pada cara melakukan *positioning control* pada *drifting buoy* sebagai sistem pemantau otomatis keadaan sungai Citarum yang dijadikan objek tempat penelitian. Hal ini dilakukan dengan menggunakan sistem navigasi *waypoint* berupa koordinat *latitude* dan *longitude* sebagai rute perjalanan sistem. Hasil akhir yang didapatkan menunjukkan bahwa sistem *waypoint drifting buoy* ini memiliki tingkat akurasi sebesar 81,66 % dengan rata – rata *error* 2,75 meter [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Qishun Song, Xiaoping Yu, *et al.*, membandingkan pengendali konvensional PID dengan *fuzzy-PID* menggunakan MATLAB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontroler *fuzzy-PID* memiliki karakteristik yang dinamis dan kecepatan respons yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan kemampuan adaptasi dari sistem kontrol *buoy* dan meningkatkan akurasi posisi *buoy* [12].

Selanjutnya, Erik Anderberg dan Martin Olanders pada penelitiannya menjelaskan bahwa *buoy* tidak memiliki nilai *error* yang statis maupun masalah kestabilan pada saat penyesuaian arah. *Overshoot* dan *rise time* pada penelitian tersebut menunjukkan sedikit perubahan pada sistem belok kanan maupun kiri yang terjadi dalam beberapa pengukuran serta terdapat fluktuasi antara titik yang diinginkan dengan titik statis [13].

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Đula Nađ, Nikola Miškovi ´c, *et al.* membahas tentang *unmanned surface vessel* (USV) menggunakan kontroler PI dan *navigation filter* [14].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Kurniawan, D. Septiani, A. Fadli Ilhamdy, A. Rahman, U. Fahmi, and T. Ersti Yulikasari, “Assessing Carrying Capacity of Marine Aquaculture in Pangkil Island, Bintan, Indonesia,” *J. Mar. Coast. Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 29–40, 2022, [Online]. Available: <https://e-journal.unair.ac.id/JMCS>.
- [2] S. D. Atmojo and P. G. Ariastita, “Kriteria Lokasi Keramba Jaring Apung (KJA) Offshore di Perairan Provinsi Jawa Timur,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.29218.
- [3] I. Priyanto, C. A. Hartanto, and A. M. Arymurthy, “Change detection of floating net cages quantities utilizing faster R-CNN,” *2020 3rd Int. Conf. Comput. Informatics Eng. IC2IE 2020*, vol. 2020-Janua, pp. 140–145, 2020, doi: 10.1109/ic2ie50715.2020.9274685.
- [4] M. Rizky, “Keramba Jaring Apung Dengan Metode *Fuzzy Logic Control* – Sugeno Studi Kasus Di Danau,” 2017.
- [5] A. Husein, A. S. Wibowo, F. T. Elektro, and U. Telkom, “Kontrol Posisi Pada Drifting *Buoy* Di Sungai Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Position Control* of Drifting *Buoy* in River Using *Fuzzy*,” vol. 6, no. 3, pp. 10076–10090, 2019.
- [6] J. F. Vesecky, K. Laws, S. I. Petersen, C. Bazeghi, and D. Wiberg, “Prototype *autonomous* mini-*buoy* for use in a wireless networked, ocean surface sensor array,” *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.*, pp. 4987–4990, 2007, doi: 10.1109/IGARSS.2007.4423981.
- [7] D. Zhang, M. A. Ashraf, Z. Liu, W. X. Peng, M. J. Golkar, and A. Mosavi, “Dynamic modeling and adaptive *controlling* in GPS-intelligent *buoy* (GIB) systems based on neural-*fuzzy* networks,” *Ad Hoc Networks*, vol. 103, pp. 1–11, 2020, doi: 10.1016/j.adhoc.2020.102149.
- [8] J. D. Medina *et al.*, “Open-source low-cost design of a *buoy* for remote water quality monitoring in fish farming,” *PLoS One*, vol. 17, no. 6 June, pp. 1–14,

- 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0270202.
- [9] A. H. M. A. Helmi, M. M. Hafiz, and M. S. B. S. Rizam, "Mobile *buoy* for real time monitoring and assessment of water quality," *Proc. - 2014 IEEE Conf. Syst. Process Control. ICSPC 2014*, no. December, pp. 19–23, 2014, doi: 10.1109/SPC.2014.7086223.
- [10] Q. Hidayati, F. Z. Rachman, and N. Yanti, "Intelligent *Control* System of Fire-Extinguishing and Obstacle-Avoiding Hexapod Robot," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.22219/kinetik.v3i1.470.
- [11] H. Hamdani, P. P. Kelana, and I. Zidni, "Kajian Peningkatan Produktivitas Polikultur Pada Karamba Jaring Apung di Waduk Cirata dengan Pemanfaatan Teknologi Aerasi," *Akuatika Indones.*, vol. 2, no. 2, p. 120, 2017, doi: 10.24198/jaki.v2i2.23426.
- [12] Q. Song, X. Yu, L. Jiang, and T. Li, "Design of omnidirectional positioning *buoy* based on *Fuzzy* PID algorithm," *Proc. - 2020 Int. Conf. Intell. Comput. Autom. Syst. ICICAS 2020*, pp. 354–358, 2020, doi: 10.1109/ICICAS51530.2020.00080.
- [13] E. Anderberg and M. Olanders, "Ro*Buoy*," Royal Institute of Technology, 2021.
- [14] D. D. Nad, N. Mišković, and F. Mandić, "Navigation, guidance and *control* of an overactuated marine surface vehicle," *Annu. Rev. Control*, vol. 40, pp. 172–181, 2015, doi: 10.1016/j.arcontrol.2015.08.005.
- [15] L. Lou, J. Zhang, Y. Xiong, and Y. Jin, "Robust static vehicle detection method based on the fusion of GPS SNR and magnetic signal," *IEEE Sens. J.*, vol. 19, no. 21, pp. 10111–10120, 2019, doi: 10.1109/JSEN.2019.2927297.
- [16] D. She and M. G. Allen, "A Self-Powered, Biodegradable Dissolved Oxygen Microsensor," *J. Microelectromechanical Syst.*, vol. 29, no. 5, pp. 1074–1078, 2020, doi: 10.1109/JMEMS.2020.3013208.

- [17] “Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points.”
<https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>