

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL POSISI DAN FORMASI KERAMBA
JARING APUNG OTOMATIS BERBASIS *FUZZY LOGIC
CONTROL* DAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION***



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan

Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

I KETUT OKTA SETIAWAN

03041382025097

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**Sistem Kontrol Posisi dan Formasi Keramba Jaring Apung
Otomatis Berbasis *Fuzzy Logic Control* Dan Algoritma *Particle
Swarm Optimization***



SKRIPSI


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

Oleh :

I KETUT OKTA SETIAWAN

03041382025097

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Palembang, 12 Juli 2024


Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Irmawan, S.Si, MT
NIP. 197108141999031005

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 : Irmawan, S.Si, MT

Tanggal : 12/ Juli/ 2024

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

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

Nama : I Ketut Okta Setiawan
NIM : 03041382025097
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

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

**SISTEM KONTROL POSISI DAN FORMASI KERAMBA JARING
APUNG OTOMATIS BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROL* DAN
ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif 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 : 17 Juli 2024


333CAALX248438984
Okta Setiawan
NIM. 03041382025097

KATA PENGANTAR

Dengan penuh kerendahan hati dan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Yang Maha Pengasih, dan Yang Maha Penyayang, kami mengucapkan puji dan syukur atas rahmat serta petunjuk-Nya, sehingga saya berhasil menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Sistem Kontrol Posisi Keramba Jaring Apung Otomatis menggunakan Metode *Fuzzy Logic Control* dengan Optimalisasi menggunakan algoritma *particle swarm optimization*". Skripsi ini saya susun sebagai persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik (S1) dalam Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Penyusunan skripsi ini merupakan tantangan yang tidak ringan. Saya mengakui bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan berhasil diselesaikan. Oleh karena itu, saya ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang sangat mendalam kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan saya selaku penulis kesehatan dan kesempatan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir atau Skripsi ini
2. Orang tua yang telah memberikan dukungan fisik, materi, dan moral, telah memberi kekuatan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi dan tugas akhir
3. Keluarga saya, terutama orang tua saya, saudara-saudara saya, dan orang tua saya yang telah mendukung dan mendoakan, saya menghargai bantuan, cinta, dan perhatian yang kalian berikan kepada saya.
4. Bapak Irmawan, S.Si., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi serta memberikan arahan kepada penulis selama masa penulisan.
5. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM, Ibu Hera Hikmarika, S.T.,M.Eng., Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM., Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., Bapak Ir. Zaenal

Husin, M.Sc., dan Bapak Rendyansyah, S.Kom., 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.

6. Dosen pembimbing akademik, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada saya sejak mahasiswa baru, memberikan saran, masukan, dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama saya berkuliah di Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
7. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU.
8. Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM
9. Teman – Teman Horseman IV yang merupakan sahabat penulis dari awal kuliah hingga menyelesaikan program studi teknik elektro yang telah memberikan banyak dukungan dan juga bantuan kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman satu tim pada project tugas akhir Keramba Jaring Apung Otomatis, Ilham Pratama, Nandi Prabu Nugraha, Hardian Fathurahman, dan Muhammad Rafian Azim
11. Teman-teman konsentrasi Teknik Kendali dan Robotika Angkatan 2020, Ahmad Septyanto, Muhammad Firly Rafliansyah, Muhammad Irvin Fadillah, Ichlasul Akmali Rizky, Ahmad Karim Abdurrahman Izwanda, Gatot Aria Pratama, Muhammad Al Furqon Syaidin Fikri dan Syauqi Zalffa Daffa yang telah memberikan dukungan dan membantu penulis
12. Kakak tingkat dan Adik tingkat Teknik Kendali dan Robotika yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyusun skripsi
13. Teman-teman Klub Robotika Unsri yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyusun tugas akhir
14. Dan pihak-pihak lain yang telah membantu dan memberikan semangat

kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Akhir kata, saya ingin mengucapkan terima kasih atas waktu dan kesempatan yang telah diberikan kepada saya untuk menyelesaikan laporan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan dampak positif bagi kemajuan ilmu pengetahuan kedepannya

Palembang, 12 JULI 2024



IKETUT OKTA SETIAWAN

NIM. 03041382025097

ABSTRAK
SISTEM KONTROL POSISI DAN FORMASI KERAMBA
JARING APUNG OTOMATIS BERBASIS *FUZZY LOGIC*
CONTROL* DAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION

(I Ketut Okta Setiawan, 03041382025097, 2024, 102 halaman)

Karena kondisi lingkungan yang tidak dapat diprediksi, akuakultur tradisional yang menggunakan keramba jaring apung (KJA) memiliki produktivitas yang rendah. Sistem KJA otomatis, yang dilengkapi dengan pelampung otonom untuk mengukur pH dan kualitas air, memberikan solusi pemantauan lingkungan yang dinamis. Dalam hal pemantauan perairan, KJA otomatis dapat mengambil alih tugas manusia seperti mengawasi tingkat pH dan suhu air, menyesuaikan posisi KJA, dan menjaga formasi dan ruang antara KJA dan pelampung. Untuk menjaga formasi dan memberikan posisi optimal bagi KJA, penelitian ini mengembangkan sistem kontrol posisi KJA otomatis dengan menggunakan algoritma particle swarm optimization (PSO) dan metode logika fuzzy Sugeno. Arah target dan jarak yang dituju merupakan input ke dalam sistem, dan kecepatan motor merupakan outputnya. Pengujian langsung pada KJA dan simulasi dengan perangkat lunak MATLAB adalah dua metode pengujian. Tiga fungsi keanggotaan, lima fungsi keanggotaan, dan tujuh fungsi keanggotaan diuji secara langsung terlebih dahulu, dengan rata-rata kesalahan jarak 3,79 meter, 1,125 meter, dan terakhir 1,25 meter. Berdasarkan hasil pengujian, hasil terbaik dan visualisasi rute terbaik diperoleh ketika metode logika fuzzy dengan tujuh fungsi keanggotaan digunakan. Selain itu, algoritma PSO berhasil membuat formasi dan menggerakkan KJA dan pelampung secara serempak dengan menggunakan nilai posisi optimal yang muncul dari pengulangan nilai bujur dan lintang pada KJA.

Kata Kunci : Keramba Jaring Apung otomatis, *fuzzy logic*, *Swarm buoy*, kualitas air, MATLAB, kontrol posisi, formasi, *particle swarm optimization (PSO)*.

ABSTRACT
AUTOMATIC POSITION AND FORMATION CONTROL
SYSTEM OF FLOATING NET CAGES BASED ON FUZZY
LOGIC CONTROL AND PARTICLE SWARM OPTIMIZATION
ALGORITHM

(I Ketut Okta Setiawan, 03041382025097, 2024, 102 Pages)

Due to environmental uncertainty, traditional aquaculture using floating net cages (KJA) has low productivity. Using automated KJA, which is outfitted with autonomous buoys to measure pH and water quality, is the answer. It can dynamically monitor the surroundings. Automated KJA can take over human duties in monitoring waters, including keeping an eye on pH levels and water temperature, adjusting KJA's position, and preserving the formation and separation between KJA and buoys. Using the Sugeno fuzzy logic method and the particle swarm optimization (PSO) algorithm, this research creates an automatic KJA position control system that maintains formation and finds the optimal position for KJA. The target face direction and the intended target's distance are among the system inputs, and motor speed is the output. Direct testing on KJA and simulation with MATLAB software are the two methods of testing. Three membership functions, five membership functions, and seven membership functions are tested directly first, with average distance errors of 3.79 meters, 1.125 meters, and lastly 1.25 meters, respectively. According to the test results, the best outcomes and the best route visualization are obtained when fuzzy logic methods with seven membership functions are used. Furthermore, the PSO algorithm was successful in creating formations and moving KJA and buoys in unison using the optimal position value that emerged from repeating the longitude and latitude values on KJA.

Kata Kunci : Automatic floating net cage, fuzzy logic, Swarm buoy, water quality, MATLAB, position control, formation, particle swarm optimization (PSO).

DAFTAR ISI

<u>LEMBAR PENGESAHAN</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>KATA PENGANTAR</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>ABSTRAK</u>	1
<u>ABSTRACT</u>	2
<u>DAFTAR ISI</u>	3
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	6
<u>DAFTAR TABEL</u>	9
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	10
<u>1.1 Latar Belakang</u>	10
<u>1.2 Rumusan Masalah</u>	19
<u>1.3 Tujuan Penelitian</u>	19
<u>1.4 Batasan Masalah</u>	19
<u>1.5 Keaslian Penelitian</u>	19
<u>2.1 State of The Art</u>	22
<u>2.2 Floating Net Cages</u>	35
<u>2.3 Autonomous Buoy</u>	36
<u>2.4 Bearing</u>	36
<u>2.5 Haversine Formula</u>	37
<u>2.6 Navigasi Waypoint</u>	38
<u>2.7 Fuzzy Logic Controller</u>	38
<u>2.8 Particle Swarm Optimization</u>	43
<u>3.1 Studi Literatur</u>	46
<u>3.2 Desain Autonomous Keramba Jaring Apung (KJA)</u>	47
<u>3.3 Perancangan Sistem</u>	48
<u>3.2.1. Mikrokontroler</u>	51

3.2.2.	<u>Ublox Neo-M8N</u>	51
3.2.3.	<u>Sensor Kompas HMC 5883L</u>	52
3.2.4.	<u>LoRa-02</u>	52
3.2.6.	<u>Sensor PH DFROBOT</u>	53
3.2.7.	<u>Motor DC</u>	54
3.4	<u>Mekanisme Kerja Autonomous KJA</u>	55
3.5	<u>Mekanisme Kontrol Formasi dan Navigasi Waypoint</u>	57
3.6	<u>Pengambilan data</u>	58
3.6.1	<u>Pengambilan Data Untuk PSO</u>	58
3.6.2	<u>Pengambilan Data Suhu dan Kualitas Air</u>	59
3.6.3	<u>Pengambilan Data Untuk Fuzzy Logic</u>	59
3.7	<u>Pengujian Sistem</u>	61
3.7.1	<u>Pengujian Posisi dan Formasi Pada KJA dan Bouy</u>	61
3.7.2	<u>Pengujian Simulasi Sistem Kontrol pada matlab</u>	63
3.7.2	<u>Pengujian Tes Batch</u>	63
	<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	64
4.1	<u>Hasil Perancangan Alat</u>	64
4.2	<u>Fungsi Keanggotaan Sistem Fuzzy Logic Control</u>	65
4.3	<u>Fuzzifikasi</u>	69
4.4	<u>Fuzzy Rules</u>	70
4.5	<u>Defuzzifikasi</u>	76
4.6	<u>Hasil Percobaan Secara Simulasi Menggunakan MATLAB</u>	76
4.6.1	<u>Penentuan Transfer Function</u>	77
4.6.2	<u>Hasil Simulasi Fuzzy Logic Menggunakan Matlab</u>	79
4.6.3	<u>Hasil percobaan Defuzzifikasi Dengan Simulink</u>	81
4.7	<u>Pembentukan Algoritma particle swarm optimization</u>	82

<u>4.7.1</u>	<u>Inisialisasi Partikel</u>	83
<u>4.7.2</u>	<u>Evaluasi Fitness Partikel</u>	84
<u>4.7.3</u>	<u>Posisi Optimal Partikel</u>	85
<u>4.8</u>	<u>Pengujian KJA Otomatis</u>	86
<u>4.8.1</u>	<u>Pengujian Test Batch</u>	87
<u>4.8.2</u>	<u>Pengujian KJA Otomatis Dengan Fuzzy Logic Control</u>	87
<u>4.8.3</u>	<u>Pengujian KJA Otomatis Dengan Decision System</u>	97
<u>4.9</u>	<u>Pembentukan Formasi Secara Realtime</u>	100
<u>4.9.1</u>	<u>Pengujian Algoritma particle swarm optimization</u>	100
<u>4.9.2</u>	<u>Pergerakan KJA dan Buoy menggunakan Algoritma PSO</u>	102
<u>BAB V</u>	104
<u>KESIMPULAN DAN SARAN</u>	104
<u>DAFTAR PUSTAKA</u>	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perancangan <i>Waypoint</i>	23
Gambar 2. 2 Respon <i>Error delta-X</i>	23
Gambar 2. 3 Respon <i>Error Delta-Y</i>	24
Gambar 2. 4 Diagram Formasi	24
Gambar 2. 5 <i>Evolution of the $X1, k$</i>	25
Gambar 2. 6 <i>Evolution of the parameters used for sorting</i>	26
Gambar 2. 7 <i>Evolution of the objective fitness</i>	26
Gambar 2. 8 <i>Final formation of three BUVs</i>	27
Gambar 2. 9 Perbandingan respon keluaran robot tanpa pengontrol	28
Gambar 2. 10 Perbandingan torsi output motor DC tanpa pengontrol	28
Gambar 2. 11 Respon Keluaran setelah menggunakan PSO	29
Gambar 2. 12 Hasil simulasi PID dan PID <i>self-tuning</i> parameter <i>fuzzy</i>	30
Gambar 2. 13 simulasi model untuk <i>interference</i> gelombang laut	30
Gambar 2. 14 Gambar dataset Keramba	31
Gambar 2. 15 Hasil Pendeteksian	32
Gambar 2. 16 Hasil Simulasi Respon step	33
Gambar 2. 17 <i>Collision Avoidance for random obstacles</i>	34
Gambar 2. 18 <i>Optimized path generated by PSO</i>	34
Gambar 2. 19 KJA	35
Gambar 2. 20 <i>Ring Bouy</i>	36
Gambar 2. 21 Diagram blok <i>fuzzy logic controller</i>	39
Gambar 2. 22 Skema <i>Fuzzy Logic</i>	40
Gambar 2. 23 Fungsi Keanggotaan segitiga	41
Gambar 2. 24 Fungsi keanggotaan Trapesium	41
Gambar 2. 25 Algoritma PSO	45
Gambar 3. 1 Diagram alir Penelitian	43
Gambar 3. 2 Desain Autonomous KJA	44
Gambar 3. 3 Desain Perancangan Hardware	45
Gambar 3. 4 Flowchart Koordinasi sistem (a) KJA dan (b)	47

Gambar 3. 5 ESP32 Devkit V1.....	48
Gambar 3. 6 Modul Ublox Neo-M8N.....	48
Gambar 3. 7 Sensor Kompas HMC 5883L.....	49
Gambar 3. 8 Modul komunikasi LoRa-02.....	49
Gambar 3. 9 Sensor Suhu DS18B20.....	50
Gambar 3. 10 Sensor pH DFROBOT.....	50
Gambar 3. 11 Motor DC.....	51
Gambar 3. 12 Flowchart mekanisme Kerja Autonomous KJA.....	52
Gambar 3. 13 Formasi sistem KJA.....	53
Gambar 3. 14 Flowchart KJA otomatis. (a) Flowchart Kontrol Formasi, (b) Flowchart Navigasi Waypoint.....	54
Gambar 3. 15 Flowchart Algoritma PSO.....	55
Gambar 4. 1 KJA Otomatis (a), dan Box komponen (b).....	61
Gambar 4. 2 Kurva Untuk Variabel Arah.....	62
Gambar 4. 3 Kurva untuk variabel jarak 3 <i>member</i>	63
Gambar 4. 4 Kurva Untuk Variabel Jarak 5 <i>member</i>	64
Gambar 4. 5 Kurva Untuk Variabel Jarak 7 <i>member</i>	65
Gambar 4. 6 Contoh <i>Fuzzifikasi</i> Pada <i>Visual Studio Code</i> 3 <i>member</i> (a), 5 <i>member</i> (b), 7 <i>member</i> (c).....	67
Gambar 4. 7 Contoh <i>output fuzzy 15 rules</i> pada MATLAB.....	69
Gambar 4. 8 Contoh <i>output fuzzy 25 rules</i> pada MATLAB.....	71
Gambar 4. 9 Contoh <i>output fuzzy 35 rules</i> pada MATLAB.....	73
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Transfer Function.....	74
Gambar 4. 11 Hasil Uji <i>Step Response</i>	76
Gambar 4. 12 Model <i>simulink</i>	77
Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Fuzzy Logic Pada MATLAB.....	77
Gambar 4. 14 hasil percobaan defuzzifikasi dengan simulink.....	79
Gambar 4. 15 Program inialisasi PSO.....	81
Gambar 4. 16 Program perhitungan fitness partikel.....	82
Gambar 4. 17 Program update kecepatan dan posisi partikel.....	82
Gambar 4.18 Program menjalankan algoritma PSO.....	83
Gambar 4. 19 Rute Pengujian Koordinat Target pada KJA.....	85

Gambar 4. 20 Pengujian KJA dengan 3 <i>membership function</i> titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d), dan titik 4 (e)	87
Gambar 4. 21 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA 3 member	87
Gambar 4. 22 Pengujian KJA dengan 5 <i>membership function</i> titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d), dan titik 4 (e)	90
Gambar 4.23 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA 5 <i>member</i>	90
Gambar 4.24 Pengujian KJA dengan 7 <i>membership function</i> titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d), dan titik 4 (e)	93
Gambar 4. 25 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA 7 <i>member</i>	93
Gambar 4. 26 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA 7 <i>member</i>	95
Gambar 4. 27 perbandingan rute KJA saat bergerak dengan <i>decision making</i>	96
Gambar 4. 28 Pengujian KJA dengan menggunakan algoritma <i>particle swarm optimization</i> bergerak ke titik buoy 3 (a), buoy dan KJA tiba ke titik buoy 3 (b) .	97
Gambar 4. 29 Pengujian Algoritma PSO untuk nilai Longituade.....	98
Gambar 4. 30 Pengujian Algoritma PSO untuk nilai Lattitude	99
Gambar 4. 31 Grafik Pergerakan KJA Dan Buoy	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Analisis teoritis dan Simulasi.....	23
Tabel 3.1 Standar Parameter kualitas air pada PH.....	56
Tabel 3.2 Kualitas air pada suhu.....	56
Tabel 3.3 Fungsi Keanggotaan Input arah hadap.....	56
Tabel 3.4 Fungsi Keanggotaan Input Jarak Tujuan	57
Tabel 3.5 Fungsi keanggotaan output pergerakan motor 3 member.....	57
Tabel 3.6 Fungsi keanggotaan output pergerakan motor 5 member.....	57
Tabel 3.7 Fungsi keanggotaan output pergerakan motor 7 member.....	58
Tabel 4. 1 Aturan pada fuzzy 15 rules	68
Tabel 4. 2 Aturan pada fuzzy 25 rules	69
Tabel 4. 3 Aturan pada fuzzy 35 rules	71
Tabel 4. 4 Parameter Fisik motor MY1016	75
Tabel 4. 5 Keterangan mengenai grafik	78
Tabel 4. 6 Arah heading KJA.....	85
Tabel 4. 7 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 3 member.....	88
Tabel 4. 8 Titik Koordinat dan Error Jarak KJA 3 member.....	88
Tabel 4. 9 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 5 member.....	91
Tabel 4. 10 Titik Koordinat dan Error Jarak KJA 5 member.....	91
Tabel 4. 11 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 7 member.....	94
Tabel 4. 12 Titik Koordinat dan Error Jarak KJA 7 member.....	94
Tabel 4.13 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan decision making	96
Tabel 4.14 Titik Koordinat dan Error Jarak KJA decision making.....	97

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) adalah sebuah negara kepulauan dengan garis pantai sepanjang 81.290 kilometer yang terdiri dari 17.504 pulau. Republik Indonesia adalah negara kepulauan yang terdiri dari 20% daratan dan 80% lautan [1]. Sumber daya laut di Indonesia bisa jadi sangat melimpah. Sumber daya kelautan dan perikanan Indonesia diperkirakan bernilai sekitar US\$136,5 miliar pada tahun 2018 [2]. Dengan 44% dari seluruh ikan yang diproduksi di seluruh dunia berasal dari peternakan ikan, ini adalah industri produksi makanan utama yang berkembang dengan sangat cepat [3]. Budidaya ikan dalam keramba jaring apung (KJA) di perairan danau dan waduk dilakukan untuk memaksimalkan potensi sumber daya yang dimiliki oleh pembudidaya ikan [4]. Wadah yang digunakan untuk pemeliharaan ikan yang disebut keramba jaring apung (KJA) mengapung di permukaan air. Lokasi KJA dimodifikasi berdasarkan kedalaman dan kualitas air di wilayah tersebut [5].

Sistem budidaya perairan tradisional dengan menggunakan KJA memiliki produktivitas yang rendah karena lingkungan yang tidak menentu. Oleh karena itu, diperlukan KJA otomatis yang dapat melakukan pemantauan lingkungan yang dinamis. KJA otomatis ini perlu dilengkapi dengan *autonomous buoy*. Yang bergerak sendiri dan memonitor kualitas air dan tingkah PH antara *bouy* satu dan yang lain. KJA otomatis menggantikan peran manusia dalam pemantauan perairan dengan menjalankan tugas-tugas, seperti memantau suhu, kadar pH air, mengatur posisi KJA, dan menjaga formasi serta jarak antara KJA dengan *autonomous buoy*. Untuk melakukan semua fungsi tersebut KJA otomatis perlu dilengkapi dengan sistem kendali posisi, dan sistem formasi KJA terhadap *bouy*. Pengendalian yang canggih pada KJA penting untuk mengontrol posisi, dan formasi KJA dengan *buoy*. hal ini diperlukan agar tidak terjadi tabrakan antara KJA dan *bouy*. Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan KJA.

Pada Penelitian [6] dilakukan pemantauan posisi KJA dengan menggunakan web. Lalu, penelitian [7] melakukan pendeteksian perubahan jumlah KJA dengan metode deep learning. Sedangkan penelitian [8] menganalisis dinamis KJA dengan turbin angin lepas pantai. Sedangkan penelitian [9] dilakukan mengimplementasi sistem *internet of think (IoT)* untuk pemantauan KJA *deep water anti-wave*. Penelitian [10] mendeteksi kerusakan KJA di laut lepas menggunakan *computer vision* dan *deep learning*. Sedangkan penelitian [11] mendeformasi KJA saat terkena gelombang dan arus. Kemudian penelitian [12] menganalisis respons hidrodinamika KJA dalam kondisi gelombang ekstrem. Pengembangan model jaringan saraf tiruan untuk memprediksi kerusakan struktural KJA saat terjadi gelombang topan. Dilakukan oleh [13]

Namun, penelitian-penelitian yang telah dilakukan hanya berfokus pada *monitoring* [9][13], kondisi keramba jaring apung [6][7][10][12] dan dilakukan secara simulasi menggunakan aplikasi [8][11]. Padahal KJA otomatis dalam pengoperasiannya ini tidak hanya dapat digunakan untuk memonitori kualitas air, pH dan juga kadar oksigen pada tempat budidaya tetapi juga dapat mempertahankan posisi dan juga bergerak secara otomatis berdasarkan parameter yang telah ditentukan dengan melakukan koordinasi dengan *autonomous buoy* sehingga mendapatkan kondisi lingkungan yang paling stabil. Sejauh ini, ada beberapa macam sistem kontrol posisi dan sistem kontrol untuk mempertahankan posisi dan membentuk formasi yang telah diaplikasikan pada berbagai alat, seperti sistem kontrol *fuzzy logic*[14][15][16][17][18], *Proportional Integral Derivative (PID)*[19][20], *fuzzy self-tuning PID*[21][22][23] dan ada juga penelitian yang menggunakan algoritma *particle swarm optimization*[24][25][26][27]. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, sistem kontrol yang digunakan menunjukkan hasil yang cukup baik. Pada [16] sistem kontrol fuzzy logic digunakan dengan memanfaatkan data koordinat (latitude dan longitude) dari drifting buoy yang diperoleh melalui GPS untuk memverifikasi lokasi. Pada [14] *Particle Swarm Optimization (PSO)* digunakan untuk mengoptimalkan faktor skala input dan output dari kontroler *Fuzzy Logic Controller (FLC)* tipe *Proportional-Derivative (PD)*.

Penelitian [17] menggunakan metode fuzzy logic control digunakan dalam

penelitian ini untuk mengendalikan gerakan rover pada sistem navigasi Smart Agricultural Rover. Penelitian [27] digunakan metode perencanaan jalur untuk smart vehicle berdasarkan algoritma optimisasi fuzzy neural network yang dilatih dengan particle swarm optimization. Pada penelitian [19] model *AutoRegressive(AR)* digunakan untuk memprediksi gerakan kapal dengan memanfaatkan data historis gerakan. Penelitian [24] metode yang digunakan dalam jurnal ini adalah algoritma *Angle-encoded Particle Swarm Optimization (θ -PSO)* untuk perencanaan jalur formasi UAV. Pada [26] metode yang digunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) untuk mengoptimalkan lintasan UAV dan menghindari rintangan. Pada [25] PSO bekerja dengan mengiterasi pembaruan posisi dan kecepatan partikel berdasarkan posisi terbaik individu dan posisi terbaik yang ditemukan oleh seluruh kelompok partikel. Pada [23] metode yang digunakan menggabungkan konsep kontrol fuzzy PID dengan algoritma PSO untuk mengurangi gangguan pada kendaraan yang dioperasikan secara remote (ROV). Meskipun demikian penerapan sistem kontrol pada penelitian [21][15][22][20][18] hanya dilakukan secara simulasi.

Sehingga pada penelitian ini dikembangkan metode yang dapat bekerja untuk mengembalikan posisi KJA ke *set point* dan juga mempertahankan formasi antara KJA dan *autonomous buoy*. Penelitian ini menggunakan sistem *fuzzy logic* sebagai sistem kontrol karena *metode fuzzy logic*. *Fuzzy logic* mampu untuk memproses sebuah masukan yang samar menjadi sebuah keluaran yang dapat dimengerti dengan mudah oleh manusia [17]. Selain itu penerapan metode *fuzzy logic-PSO* dengan kontrol *fuzzy logic* berdasarkan kontroler *Proportional Derivative (PD)* menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan PD tunggal atau PD yang dikombinasikan dengan elemen Fuzzy [18]. Lalu pada penelitian ini juga menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* karena dapat mengoptimalkan faktor skala input dari kontroler *Fuzzy Logic Controller (FLC)* [14]. Metode ini mengatur gerak keramba berdasarkan posisi *latitude* dan *longitude* yang didapatkan dari GPS. *Output* yang dihasilkan berupa sinyal *pulse width modulation (PWM)* untuk mengatur tingkat kecepatan aktuator atau motor DC.

1.1 Rumusan Masalah

Pembudidayaan ikan secara tradisional meningkatkan risiko kematian pada ikan. Tugas-tugas sulit dalam budidaya ikan, seperti memindahkan posisi keramba. Saat ini masih belum dapat dilakukan pada KJA konvensional. Sehingga, KJA otomatis sangat diperlukan. KJA ini dapat dioperasikan secara otomatis namun hingga saat ini, belum ada penelitian yang berfokus pada pengendalian posisi dan formasi KJA otomatis. Pengontrolan posisi dan pergerakan formasi KJA sangat krusial untuk memastikan kinerja KJA agar sesuai dengan yang diinginkan. Keberhasilan KJA diukur dari kemampuannya mempertahankan posisi dan formasi dari beberapa buoy saat bergerak menuju koordinat yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, pengembangan sistem kontrol posisi dan kemampuan mempertahankan posisi antara KJA dan swarm buoy saat bergerak menjadi titik fokus utama.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kendali posisi berbasis *fuzzy logic control (FLC)* serta *particle swarm optimization* untuk pembentukan formasi *swarm buoy* agar dapat bergerak menuju koordinat yang telah ditentukan. Selain itu performansi dari *fuzzy logic control (FLC)* dan *particle swarm optimization (PSO)* sebagai sistem kendali dan formasi akan di evaluasi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini agar lebih terfokus pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *Fuzzy Logic Control (FLC) Type-1* untuk control posisi dan formasi pada pergerakan KJA dan *swarm buoy*.
2. Penelitian dilakukan di perairan darat.
3. Menggunakan Algoritma *particle swarm optimization* untuk optimalisasi nilai inputan *Fuzzy Logic Control (FLC)*

1.4 Keaslian Penelitian

Ada beberapa penelitian yang telah membahas tentang kontrol posisi di atas air dan algoritma *particle swarm optimization*. Penelitian yang dilakukan oleh Armadeo Husein dkk. membahas mengenai pengendalian posisi sebuah

pelampung yang mengapung di sungai menggunakan logika fuzzy yang dilengkapi dengan GPS untuk mendapatkan koordinat, yang digunakan sebagai referensi untuk pergerakannya. Berdasarkan hasil pengujian, prototipe pelampung yang mengapung ini mampu kembali ke posisi yang ditentukan dalam kasus gangguan eksternal, dengan akurasi 81,66% dan rata-rata kesalahan sebesar 2,75 meter [16]

Penelitian yang dilakukan oleh Nurul Nafisah Kamis dkk. membahas optimasi kontrol posisi robot bola untuk mekanisme penggelindingan. Pengendali *Fuzzy Logic Control (FLC)* tipe *Proporsional-Derivatif (PD)*. *Particle Swarm Optimization (PSO)* digunakan untuk mengoptimalkan faktor skala input dan output dari PD-type FLC. Hasil analisis akhir dari PD-type FLC yang dioptimalkan menunjukkan bahwa waktu naik dan waktu stabilisasi robot bola untuk mencapai posisi yang diinginkan berkurang sebesar 78%, yaitu 1,2 menit dan 2,1 menit tanpa overshoot.[14]

Penelitian yang dilakukan P.S. Krishnan dkk. membahas tentang pengembangan algoritma *Collision Avoidance* berbasis PSO (PSO-CA) untuk kendaraan udara tanpa awak (UAV) guna menghindari rintangan dan menemukan titik-titik perjalanan baru untuk modifikasi lintasan dinamis. Algoritma yang diusulkan menggunakan data radar untuk mendeteksi rintangan dan secara otonom mengendalikan UAV melalui jalur alternatif yang dioptimalkan untuk menghindari tabrakan. Algoritma ini mempertimbangkan rintangan dengan posisi, ukuran, dan gerakan acak yang berbeda. Hasil eksperimen menunjukkan efisiensi metode yang diusulkan dibandingkan dengan rencana lainnya.[26]

Penelitian yang dilakukan Yaoguang Wei dkk. membahas sistem kontrol cerdas berbasis PID yang disesuaikan secara fuzzy untuk sistem akuisisi data pelampung anti-gelombang. Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan data kualitas air pada kedalaman yang berbeda di kolom air dan mengurangi gangguan dari gelombang laut. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma yang diusulkan meningkatkan kecepatan dan stabilitas motor langkah dan mengurangi waktu akuisisi data. Sistem ini juga mampu mengurangi gangguan gelombang dan menjaga stabilitas.[21]

Lalu penelitian yang dilakukan Wei Chen dkk. membahas tentang metode

kontrol untuk mengurangi interferensi pada kendaraan yang dioperasikan secara remote (ROV) menggunakan optimisasi partikel swarm (PSO) fuzzy PID. Metode ini menyesuaikan parameter PID secara online berdasarkan kondisi aktual sistem. Hasil eksperimen dan simulasi menunjukkan bahwa kontrol PSO fuzzy PID lebih adaptif, kuat, dan tahan terhadap interferensi dibandingkan dengan kontrol PID tradisional dan kontrol fuzzy PID.[23]

Kemudian penelitian yang dilakukan Rui Wang dkk. membahas penelitian awal tentang formasi optimal dari BUVs (Biomimetic Underwater Vehicles) menggunakan *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan metode berbasis PSO untuk mencari solusi formasi optimal dari *multiple biomimetic underwater vehicles* (BUVs). Metode ini berhasil mengoptimalkan parameter formasi dan menghasilkan formasi yang efektif dalam simulasi.[25]

Pada penelitian yang dilakukan Wenxuan Liao dkk. membahas metode deteksi kerusakan pada KJA di laut lepas menggunakan computer vision dan deep learning Metode yang diusulkan menggunakan ROV jelajah otonom untuk mengumpulkan data gambar kandang, dan algoritma fusi multi-skala yang ditingkatkan digunakan untuk pengurangan *noise* dan koreksi warna. Model MobileNet-SSD digunakan untuk deteksi kerusakan melalui video kandang bawah air. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat meningkatkan efisiensi inspeksi kandang dan secara akurat mendeteksi area yang rusak secara real-time.[10]

Penelitian yang telah dilakukan mengenai penggunaan algoritma PSO dan juga *fuzzy logic controller (FLC)*. Seperti pada penelitian [14] dan [23], kedua penelitian ini menggunakan algoritma *particle swarm optimization* yang dikombinasikan dengan algoritma *fuzzy logic controller (FLC)* tetapi kedua algoritma tersebut hanya di implementasikan pada spherical robot [14] sedangkan pada penelitian [23], metode ini diimplementasikan pada *remote operated vehicle (ROV)*. Maka dari itu, pada penelitian ini akan dibahas mengenai implementasi dari kedua algoritma tersebut pada *Floating net cages* atau Keramba Jaring Apung (KJA) Otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hozairi, B. Buhari, H. Lumaksono, M. Tukan, and S. Alim, “Pemilihan Model Keamanan Laut Indonesia Dengan Fuzzy Ahp Dan Fuzzy Topsis,” *Netw. Eng. Res. Oper.*, vol. 4, no. 1, pp. 57–66, 2018, doi: 10.21107/nero.v4i1.112.
- [2] Y. A. Susetyo, P. O. N. Saian, and R. Somya, “Pembangunan Sistem Informasi Zona Potensi Sumber Daya Kelautan Kabupaten Gunungkidul Berbasis HMVC Menggunakan Google Maps API dan JSON,” *Indones. J. Comput. Model.*, vol. 1, no. 2, pp. 101–107, 2018, doi: 10.24246/j.icm.2018.v1.i2.p101-107.
- [3] A. S. Rahmawati and R. P. Dewi, “Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan,” *Syntax Lit. J. Ilm. Indones. p-ISSN 2541-0849 e-ISSN 2548-1398*, vol. 3, pp. 274–282, 2020.
- [4] L. P. Astuti, A. L. S. Hendrawan, and Krismono, “Pengelolaan Kualitas Perairan Melalui Penerapan Budidaya Ikan Dalam Keramba Jaring Apung ‘ Smart ’ Water Quality Management Through Application of Smart Cage,” *Jurnalkebijakanperikananindonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 87–97, 2018.
- [5] R. E. Prakasa and N. M. Ratih Rai, “Penentuan Daerah Potensial Budidaya Ikan Kerapu Menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA) Offshore,” *J. Teknol. Ramah Lingkung.*, vol. 20, no. 20, pp. 1–13, 2021.
- [6] F. Akbar, E. Aprillina, and H. Suryamen, “Utilization of Distance Map-Based for Floating Net Cages Verification in Maninjau Lake,” *2018 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2018 - Proc.*, pp. 460–464, 2018, doi: 10.1109/ICITSI.2018.8696076.
- [7] 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.
- [8] C. Zhang *et al.*, “Modeling and dynamic response analysis of a submersible floating offshore wind turbine integrated with an aquaculture cage,” *Ocean Eng.*, vol. 263, no. April, p. 112338, 2022, doi:

- 10.1016/j.oceaneng.2022.112338.
- [9] Y. Wei, Q. Wei, and D. An, "Intelligent monitoring and control technologies of open sea cage culture: A review," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 169, no. November 2019, p. 105119, 2020, doi: 10.1016/j.compag.2019.105119.
- [10] W. Liao, S. Zhang, Y. Wu, D. An, and Y. Wei, "Research on intelligent damage detection of far-sea cage based on machine vision and deep learning," *Aquac. Eng.*, vol. 96, no. April 2021, p. 102219, 2022, doi: 10.1016/j.aquaeng.2021.102219.
- [11] X. H. Huang *et al.*, "Dynamic deformation of the floating collar of a net cage under the combined effect of waves and current," *Aquac. Eng.*, vol. 83, no. 231, pp. 47–56, 2018, doi: 10.1016/j.aquaeng.2018.08.002.
- [12] X. Bai, C. Yang, and H. Luo, "Hydrodynamic performance of the floating fish cage under extreme waves," *Ocean Eng.*, vol. 231, no. March, p. 109082, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109082.
- [13] C. W. Bi *et al.*, "An efficient artificial neural network model to predict the structural failure of high-density polyethylene offshore net cages in typhoon waves," *Ocean Eng.*, vol. 196, no. November 2019, p. 106793, 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106793.
- [14] N. N. Kamis, A. H. Embong, and S. Ahmad, "Optimizing PD-type Fuzzy Logic Controller for Position Control of Spherical Robot," *2019 7th Int. Conf. Mechatronics Eng. ICOM 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICOM47790.2019.8952043.
- [15] R. A. Bedruz, A. A. Bandala, R. R. Vicerra, R. Concepcion, and E. Dadios, "Design of a Robot Controller for Peloton Formation Using Fuzzy Logic," *2019 7th Int. Conf. Robot Intell. Technol. Appl. RiTA 2019*, pp. 83–88, 2019, doi: 10.1109/RITAPP.2019.8932858.
- [16] 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.
- [17] R. A. Rae, A. Rusdinar, and ..., "Sistem Navigasi Pada Smart Agricultural Rover Dengan Kendali Fuzzy Logic," *eProceedings ...*, vol. 9, no. 5, pp.

- 2481–2485, 2022, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18517%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18517/18069>
- [18] N. B. Mohamadwasel and O. Bayat, “Improve DC Motor System using Fuzzy Logic Control by Particle Swarm Optimization in Use Scale Factors,” *Int. J. Comput. Sci. Mob. Comput.*, vol. 8, no. 3, pp. 152–160, 2019.
- [19] Y. Ye, Y. Wang, L. Wang, and X. Wang, “A modified predictive PID controller for dynamic positioning of vessels with autoregressive model,” *Ocean Eng.*, vol. 284, no. March, p. 115176, 2023, doi: 10.1016/j.oceaneng.2023.115176.
- [20] A. Gün, “Attitude control of a quadrotor using PID controller based on differential evolution algorithm,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 229, no. PB, p. 120518, 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2023.120518.
- [21] Y. Wei, Y. Wu, X. Zhang, J. Ren, and D. An, “Fuzzy Self-Tuning PID-Based Intelligent Control of an Anti-Wave Buoy Data Acquisition Control System,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 166157–166164, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2947179.
- [22] S. M. Hasheminejad and R. Fallahi, “Intelligent VIV control of 2DOF sprung cylinder in laminar shear-thinning and shear-thickening cross-flow based on self-tuning fuzzy PID algorithm,” *Mar. Struct.*, vol. 89, no. December 2022, p. 103377, 2023, doi: 10.1016/j.marstruc.2023.103377.
- [23] W. Chen, Q. Wei, and Y. Zhang, “Research on anti-interference of ROV based on particle swarm optimization fuzzy PID,” *Proc. - 2020 Chinese Autom. Congr. CAC 2020*, pp. 342–347, 2020, doi: 10.1109/CAC51589.2020.9327130.
- [24] V. T. Hoang, M. D. Phung, T. H. Dinh, and Q. P. Ha, “Angle-Encoded Swarm Optimization for UAV Formation Path Planning,” *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, pp. 5239–5244, 2018, doi: 10.1109/IROS.2018.8593930.
- [25] R. Wang, G. Bai, S. Wang, Y. Wang, and M. Tan, “PSO-based Optimal Formation of Multiple Biomimetic Underwater Vehicles,” *2020 IEEE Congr. Evol. Comput. CEC 2020 - Conf. Proc.*, pp. 0–5, 2020, doi:

- 10.1109/CEC48606.2020.9185772.
- [26] P. S. Krishnan and K. Manimala, "Implementation of optimized dynamic trajectory modification algorithm to avoid obstacles for secure navigation of UAV," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 90, p. 106168, 2020, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106168.
- [27] X. huan Liu, D. Zhang, J. Zhang, T. Zhang, and H. Zhu, "A path planning method based on the particle swarm optimization trained fuzzy neural network algorithm," *Cluster Comput.*, vol. 24, no. 3, pp. 1901–1915, 2021, doi: 10.1007/s10586-021-03235-1.
- [28] L. Widjayanthi and dan Yeni Anggun Widayanti, "Jurnal Komunikasi dan Penyuluhan Pertanian Journal of Communication and Agricultural Extension Dampak Penggunaan Keramba Jaring Apung pada Pembudidaya Ikan Kerapu Berdasarkan Perspektif Sosial Ekonomi) Impact of Using Floating Net Cages on Grouper Farmers," *J. Kirana*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/jkrm>
- [29] A. Supriatna, "Wadah Budidaya Perikanan : Karamba Jaring Apung (KJA)," Lalaukan.com. [Online]. Available: <https://www.lalaukan.com/2017/04/wadah-budidaya-perikanan-karamba-jaring.html>
- [30] K. Amaly, "Sistem Kontrol Posisi Keramba Jaring Apung Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control".
- [31] F. Vallegra, D. Mateo, G. Tokic, R. Bouffanais, and D. K. P. Yue, "Gradual Collective Upgrade of a Swarm of Autonomous Buoys for Dynamic Ocean Monitoring," *Ocean. 2018 MTS/IEEE Charleston, Ocean 2018*, 2019, doi: 10.1109/OCEANS.2018.8604642.
- [32] J. Sulistio, "Implementasi metode haversine formula dalam aplikasi untuk menentukan lokasi emergency service terdekat di daerah istimewa yogyakarta," *Univ. Teknol. Yogyakarta*, pp. 1–14, 2019.
- [33] 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.
- [34] M. . K. Nurul Khairina , S . Kom, "LOGIKA FUZZY Nurul Khairina , S .

- Kom , M . Kom UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN BAB I Konsep Dasar Logika Fuzzy,” 2019.
- [35] R. APRILIYANI, L. KRISTIANA, and M. M. BARMAWI, “Metode Fuzzy Logic pada Sistem Pemantauan dan Pemberian Pakan Kucing Berbasis Smartphone,” *MIND J.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–38, 2021, doi: 10.26760/mindjournal.v5i1.24-38.
- [36] Rosidah,., “Bab Ii Landasan Teori,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 8–24, 2018.
- [37] O. L. S. Kulla, E. Yuliana, and E. Supriyono, “Analisis Kualitas Air dan Kualitas Lingkungan untuk Budidaya Ikan di Danau Laimadat, Nusa Tenggara Timur,” *Pelagicus*, vol. 1, no. 3, p. 135, 2020, doi: 10.15578/plgc.v1i3.9290.
- [38] Y. Koniyo, “Analisis Kualitas Air Pada Lokasi Budidaya Ikan Air Tawar Di Kecamatan Suwawa Tengah,” *J. Technopreneur*, vol. 8, no. 1, pp. 52–58, 2020, doi: 10.30869/jtech.v8i1.527.