

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL POSISI KERAMBA JARING
APUNG OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE
*FUZZY LOGIC CONTROL***



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

KHOIRUL AMALY

03041381924100

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM KONTROL POSISI KERAMBA JARING APUNG OTOMATIS
MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL*



SKRIPSI

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


Oleh:


KHOIRUL AMALY
03041381924100

Palembang, 25 Juli 2023

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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


Dr. Eng. Ir. Suci Dwijavanti 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 : Khoirul Amaly
NIM : 03041381924100
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universtias Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 2%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Sistem Kontrol Posisi Keramba Jaring Apung Otomatis Menggunakan Metode *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



Khoirul Amaly
NIM.03041381924100

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

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

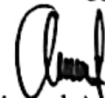
Nama : Khoirul Amaly
NIM : 03041381924100
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

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 KERAMBA JARING APUNG OTOMATIS
MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL***

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 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



Khoirul Amaly
NIM.03041381924100

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 Keramba Jaring Apung Otomatis 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. Kedua orang tua dan keluarga saya yang sudah memberikan dukungan fisik /materil dan mental sehingga saya bisa berjuang menyelesaikan skripsi dan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM 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., 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 selaku pencetus, pengembang ide, dan memberikan arahan pada tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing akademik, Ibu Hj. Rahmawati, S.T., M.T., yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada saya sejak mahasiswa baru, memberikan saran, masukan, dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama saya berkuliah di Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Teman satu tim Sistem Keramba Jaring Apung Otomatis, M. Teranggono Rachmatullah, Ishran Aprizal, Finandra Nusantara, dan M. Deka Ruliansyah.
7. Teman Teknik Kendali dan Robotik Angkatan 2019, Rosidi, Javen Jonathan, Farhan Abie Ardandy, Dimsyiar Al-Hafiz, Regita Fortuna Sinulingga, M. Rizky, dan Darryl Prasanna 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.
10. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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, 20 Juli 2023



Khoirul Amaly

NIM. 03041381924100

ABSTRAK

SISTEM KONTROL POSISI KERAMBA JARING APUNG OTOMATIS MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL*

(Khoirul Amaly, 03041381924100, 2023, 74 halaman)

Pembudidayaan ikan yang dilakukan secara tradisional dapat mengakibatkan resiko kematian pada ikan. Tugas yang sulit untuk dilakukan manusia dalam budidaya ikan seperti pemindahan posisi keramba, dan informasi kualitas air dapat digantikan oleh keramba jaring apung (KJA) otomatis yang dilengkapi dengan motor DC, sensor, dan *buoy* sebagai pembanding nilai kualitas air dalam melakukan perpindahan posisi. KJA otomatis merupakan alat tanpa awak yang dioperasikan secara otomatis pada permukaan air. Dalam pengendalian KJA otomatis diperlukan sistem yang dapat mengontrol dan mempertahankan posisi dengan baik. Saat ini, masih jarang penelitian yang membahas tentang kendali posisi untuk KJA otomatis. Maka, pada penelitian ini dikembangkan suatu sistem kontrol posisi keramba jaring apung otomatis dengan menggunakan metode *fuzzy logic* Sugeno. Dalam melakukan pengendalian posisi, KJA otomatis membutuhkan *input* arah hadap target, jarak target yang dituju dan *output* berupa kecepatan motor. Pengujian dilakukan secara simulasi dengan menggunakan *software* MATLAB dan pengujian secara langsung pada KJA. Pengujian sistem secara langsung dimulai dengan 3 *membership function*, 5 *membership function*, dan 7 *membership function* dengan rata-rata *error* jarak berturut - turut 1,0614, 1,08904, dan 1,0323. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil terbaik yaitu menggunakan metode *fuzzy logic* dengan 7 *membership function* yang dapat dilihat dari hasil visualisasi rute dan *error heading* yang diperoleh.

Kata kunci: keramba jaring apung otomatis, *fuzzy logic*, *buoy*, kualitas air, MATLAB, kontrol posisi.

ABSTRACT

AUTONOMOUS FLOATING NET CAGE POSISTION CONTROL SYSTEM USING FUZZY LOGIC CONTROL

(Khoirul Amaly, 03041381924100, 2023, 74 pages)

Traditional fish farming can lead to the risk of fish mortality. Difficult tasks in fish farming, such as relocating the position of the cage and obtaining water quality information, can be replaced by an automatic floating net cage (KJA) equipped with DC motors, sensors, and buoys to compare water quality values during position changes. The automatic KJA is an unmanned device operated automatically on the water surface. In controlling the automatic KJA, a system is needed to control and maintain the position effectively. Currently, there is limited research on position control for automatic KJA. Therefore, in this study, an automatic floating net cage position control system was developed using the Sugeno fuzzy logic method. In performing position control, the automatic KJA requires inputs on the target direction, target distance, and output in the form of motor speed. Testing is carried out through simulations using MATLAB software and direct testing on the KJA. The direct system testing starts with 3 membership functions, then 5 membership functions, and 7 membership functions, with average distance errors of 1.0614, 1.08904, and 1.0323, respectively. This study shows that the best results are obtained using the fuzzy logic method with 7 membership functions, as seen from the visualization of the route and the obtained heading error.

Keywords: floating net cage, fuzzy logic, buoy, water quality, MATLAB, positioning control.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>State of The Art</i>	6
2.2 Keramba Jaring Apung.....	13
2.3 <i>Autonomous Buoy</i>	14
2.4 <i>Fuzzy Logic Controller</i>	14
2.4.1 Perancangan Sistem dengan <i>Fuzzy Logic</i>	16

2.5 Navigasi <i>Waypoint</i>	19
2.6 <i>Haversine Formula</i>	19
2.7 <i>Bearing</i>	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Studi Literatur.....	21
3.2 Desain Keramba Jaring Apung Otomatis	22
3.3 Perancangan Sistem.....	22
3.3.1 ESP32 DevKit V1	23
3.3.2 Sensor.....	23
3.3.2.1 Ublox Neo M8N.....	24
3.3.2.2 Sensor Suhu.....	24
3.3.2.5 Sensor pH (<i>pH Meter</i>).....	24
3.3.3 Motor DC	25
3.4 Mekanisme Kerja Sistem KJA Otomatis.....	26
3.5 Mekanisme Kerja Kontrol Posisi dan Navigasi <i>Waypoint</i> KJA.....	27
3.7 Pengujian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Perancangan Alat	33
4.2 Fungsi Keanggotaan Sistem <i>Fuzzy Logic</i>	34
4.3 <i>Fuzzifikasi</i>	39
4.4 <i>Fuzzy Rules</i>	40
4.5 <i>Defuzzifikasi</i>	45
4.6 Pengujian KJA Otomatis	46
4.6.1 Pengujian KJA Dengan <i>Wireless Controller</i>	46

4.6.2 Pengujian <i>Batch</i>	48
4.6.3 Pengujian KJA Otomatis Dengan <i>Fuzzy Logic Control</i>	51
4.6.3.1 Pengujian KJA dengan 3 <i>membership function</i>	53
4.6.3.2 Pengujian KJA dengan 5 <i>membership function</i>	57
4.6.3.3 Pengujian KJA dengan 7 <i>membership function</i>	62
4.6.4 Pengujian Sistem Kontrol Posisi <i>Fuzzy Logic</i> Dengan <i>Decision Making</i> Pada KJA Otomatis	66
4.2.5 Perbandingan Hasil Sistem Kontrol Posisi <i>Fuzzy Logic 7 membership</i> <i>function</i> dan <i>PID</i> Zeagler Nichols Dengan <i>Decision Making</i>	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perancangan <i>waypoint</i>	6
Gambar 2.2 Respon <i>error</i> delta-X	7
Gambar 2.3 Respon <i>error</i> delta-Y	7
Gambar 2.4 <i>PID</i> dan Hasil Simulasi <i>Fuzzy Parameter self-tuning PID</i>	8
Gambar 2.5 Hasil simulasi <i>PID</i> dan <i>fuzzy PID</i> dengan interferensi gelombang laut ..	9
Gambar 2.6 Kurva respon simulasi sistem.....	10
Gambar 2.7 Navigasi <i>waypoint</i> penerbangan nyata dan simulasi.....	11
Gambar 2.8 Hasil Akhir Deteksi Lubang.....	12
Gambar 2.9 Deteksi lubang jaring menggunakan <i>Hough transform</i>	13
Gambar 2.10 Keramba jaring apung	14
Gambar 2.11 <i>Ring buoy</i>	14
Gambar 2.12 Diagram blok kontrol posisi <i>fuzzy</i>	16
Gambar 2.13 Skema <i>fuzzy logic</i>	16
Gambar 2.14 Fungsi keanggotaan segitiga	17
Gambar 2.15 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	17
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian.....	21
Gambar 3.2 Desain keramba jaring apung otomatis	22
Gambar 3.3 Desain perancangan <i>hardware</i>	23
Gambar 3.4 ESP32 Devkit V1	23
Gambar 3.5 Ublox Neo M8N.....	24
Gambar 3.6 Sensor suhu DS18B20.....	24
Gambar 3.7 Sensor pH.....	25
Gambar 3.8 Motor DC	25
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> mekanisme perancangan sistem.....	26
Gambar 3.10 Formasi sistem KJA otomatis	27
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> KJA otomatis. (a) <i>Flowchart</i> kontrol posisi	28
Gambar 4.1 KJA otomatis (a), dan <i>box</i> komponen (b).....	33
Gambar 4.2 Kurva untuk variabel arah hadap	34
Gambar 4.3 Kurva untuk variabel jarak tujuan 3 <i>member</i>	35

Gambar 4.4 Kurva variabel jarak tujuan 5 member	36
Gambar 4.5 Kurva variabel jarak tujuan 7 member	37
Gambar 4.6 Hasil <i>fuzzifikasi</i> pada Arduino IDE 3 member (a), 5 member (b) 7 member	39
Gambar 4.7 Contoh <i>output fuzzy</i> 15 rules dengan arah 15° dan jarak 4 meter pada MATLAB	41
Gambar 4.8 Contoh <i>output fuzzy</i> 25 rules dengan arah 14° dan jarak 4 meter pada MATLAB	43
Gambar 4.9 Contoh <i>output fuzzy</i> 35 rules dengan arah 14° dan jarak 5 meter pada MATLAB	45
Gambar 4.10 Pengujian alat di Kambang Iwak Kecil kondisi lurus (a), putar (b), serong (c), dan perpindahan posisi (d).....	47
Gambar 4.11 Pengujian alat di Sungai Keramasan kondisi lurus (a), putar (b), serong (c), dan perpindahan posisi (d).....	47
Gambar 4.12 Rute koordinat target tes <i>batch</i>	48
Gambar 4.13 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA pada tes <i>batch</i>	49
Gambar 4.14 Contoh perhitungan jarak antara titik lintang dan bujur [20]	51
Gambar 4.15 <i>Heading</i> KJA.....	52
Gambar 4.16 Rute koordinat target 3 member	53
Gambar 4.17 Pengujian KJA dengan 3 <i>membership function</i> titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d), dan titik 4 (e).....	54
Gambar 4.18 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA 3 member...	54
Gambar 4.19 Grafik <i>error heading</i> 15 rules	56
Gambar 4.20 Rute koordinat target 5 member	58
Gambar 4.21 Pengujian KJA otomatis 5 member titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d), titik 4 (e).....	59
Gambar 4.22 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA 5 member...	59
Gambar 4.23 Grafik <i>error heading</i> 25 rules	61
Gambar 4.24 Rute koordinat target 7 member	62

Gambar 4.25 Pengujian KJA otomatis <i>7 member</i> , titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d), titik 4 (e).....	63
Gambar 4.26 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA <i>7 member</i> ...	64
Gambar 4.27 Grafik <i>error heading 35 rules</i>	66
Gambar 4.28 Pengujian KJA otomatis <i>7 member decision making</i> , titik awal (a), titik 1 (b), titik 2 (c), titik 3 (d)	68
Gambar 4.29 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA <i>7 member</i> dengan <i>decision making</i>	69
Gambar 4.30 Grafik <i>error heading</i> dengan <i>decision making</i>	70
Gambar 4.31 Grafik perbandingan koordinat target dan koordinat KJA <i>PID Zeagler Nichols</i> dengan <i>decision making</i>	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Optimum gains PID control</i> pada posisi x, posisi y, dan posisi z.....	11
Tabel 3.1 Standar parameter kualitas air pada pH.....	29
Tabel 3.2 Standar parameter kualitas air pada suhu.....	29
Tabel 3.3 Fungsi keanggotaan <i>input</i> arah hadap KJA.....	30
Tabel 3.4 Fungsi keanggotaan <i>input</i> jarak tujuan	30
Tabel 3.5 Fungsi keanggotaan <i>output</i> pergerakan motor 3 <i>member</i>	31
Tabel 3.6 Fungsi keanggotaan <i>output</i> pergerakan motor 5 <i>member</i>	31
Tabel 3.7 Fungsi keanggotaan <i>output</i> pergerakan motor 7 <i>member</i>	31
Tabel 4.1 Aturan pada <i>fuzzy 15 rules</i>	40
Tabel 4.2 Aturan pada <i>fuzzy 25 rules</i>	41
Tabel 4.3 Aturan pada <i>fuzzy 35 rules</i>	43
Tabel 4.4 Koordinat tujuan dan jarak tujuan tes batch.....	50
Tabel 4.5 Perbandingan <i>error</i> jarak KJA dengan kalkulasi <i>online</i>	50
Tabel 4.6 Arah <i>heading</i> KJA	52
Tabel 4.7 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 3 <i>member</i>	55
Tabel 4.8 Perbandingan <i>error</i> jarak KJA 3 <i>member</i> dengan kalkulasi online.....	55
Tabel 4.9 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 5 <i>member</i>	60
Tabel 4.10 Perbandingan <i>error</i> jarak KJA 5 <i>member</i> dengan kalkulasi online	60
Tabel 4.11 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 7 <i>member</i>	64
Tabel 4.12 Titik koordinat berhenti dan error jarak 7 <i>member</i>	65
Tabel 4.13 Titik koordinat tujuan dan jarak tujuan 7 <i>member</i> dengan <i>decision making</i>	69
Tabel 4.14 Titik koordinat berhenti dan <i>error</i> jarak 7 <i>member</i> dengan <i>decision making</i>	70
Tabel 4.15 Titik koordinat berhenti dan error jarak <i>PID</i> Zeagler Nichols dengan <i>decision making</i>	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah perairan di Bumi lebih luas dari wilayah daratan. Perairan menutupi sekitar 71% permukaan Bumi [1]. Indonesia merupakan salah satu negara yang wilayah lautnya lebih luas dari wilayah daratan. Luas wilayah laut Indonesia mencapai 3.257.357 km² menurut hasil Konvensi Hukum Laut Internasional [2]. Wilayah perairan Indonesia yang luas dapat dimanfaatkan masyarakat dan pemerintah untuk berbagai kegiatan [3]. Salah satu kegiatan tersebut, yaitu akuakultur yang merupakan bentuk pemeliharaan dan penangkaran hewan atau tumbuhan air yang tujuannya untuk meningkatkan produktivitas perairan.

Sistem budidaya perairan yang dilakukan secara tradisional dapat mengakibatkan hasil produktivitas yang rendah, selain itu lingkungan yang sering berubah-ubah juga dapat menjadi salah satu faktor penyebabnya. Hal ini yang mendorong akan adanya perubahan dalam budidaya ikan, yaitu dengan menggunakan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) otomatis yang dilengkapi dengan *autonomous buoy* yang dapat bergerak dan melakukan *monitoring* kualitas air dengan cara membandingkan hasil nilai antar *buoy* lain. KJA otomatis merupakan solusi yang tepat untuk menggantikan manusia dalam melakukan berbagai kegiatan budidaya perikanan. Tugas yang dilakukan oleh KJA otomatis dapat berupa tugas sederhana hingga yang sulit untuk dilakukan manusia, seperti perpindahan posisi keramba, dan mempertahankan posisi keramba. Hal yang paling penting dalam menggunakan KJA otomatis adalah sistem kendali untuk mengontrol posisi dan pergerakan keramba di air. Sistem kontrol posisi keramba diperlukan untuk mengetahui kondisi dan keberadaan keramba di atas air.

KJA otomatis dapat melakukan tugas di air tanpa adanya operator yang mengatur pergerakan keramba. Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan

pada KJA, seperti *Geographic Information System* [4], *buoyancy distribution method* [5], *image processing techniques* [6], dan *intelligent monitoring and control technologies* [7]. Beberapa penelitian tersebut menunjukkan hasil yang baik untuk diterapkan pada KJA. Pada penelitian [4] dilakukan pembacaan posisi dari keramba jaring apung berbasis web dan pada penelitian [5] dilakukan uji coba alat untuk melihat hasil respon ketika ada gelombang air. Pada penelitian [6] dilakukan inspeksi pada jaring keramba menggunakan skema *image processing* untuk mendeteksi lubang jaring dengan berbagai ukuran dan bentuk. Sedangkan pada penelitian [7] digunakan robot bawah air, kendaraan udara tak berawak, *online monitoring networks*, dan teknologi lain yang terlibat dalam *monitoring* untuk mendapatkan informasi kualitas air di tempat pembudidayaan.

Namun, penelitian-penelitian yang telah dilakukan tersebut hanya berfokus pada *monitoring* [7] dan kondisi dari keramba jaring apung [4][5][6]. Padahal, KJA otomatis dalam pengoperasiannya tidak hanya dapat melakukan *monitoring* kualitas air tetapi juga dapat mempertahankan dan berpindah posisi jika kualitas air yang terbaca tidak baik. Sehingga, pada penelitian ini dikembangkan sistem kendali yang dapat mempertahankan dan berpindah posisi secara otomatis untuk mencari lokasi yang baik berdasarkan parameter yang ditetapkan. Sejauh ini, ada beberapa macam sistem kontrol posisi yang telah diaplikasikan pada berbagai alat, seperti sistem kontrol *fuzzy logic* [8][9][10][11], *Proportional Integral Derivative (PID)* [12], dan *fuzzy self-tuning PID* [1]. Berdasarkan penelitian tersebut, sistem kontrol yang dipakai menunjukkan hasil yang cukup baik. Pada [8] digunakan sistem kontrol *fuzzy logic*, dan data yang diperoleh adalah lokasi *drifting buoy* dalam bentuk koordinat (*latitude* dan *longitude*) dengan melakukan pengecekan lokasi dari GPS. Penelitian [11] menggunakan metode *waypoint navigation* menggunakan *fuzzy logic controller* dan [12] menggunakan metode *waypoint* dengan pengontrol PID pada *aerial vehicle*. Sedangkan penelitian [1][9][10] hanya melakukan simulasi saja.

Prototype sistem kendali yang dibuat pada penelitian ini bekerja untuk mengembalikan posisi alat ke *set point*. Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* sebagai sistem kontrol posisi karena metode ini dapat menangani sistem *nonlinear* secara efektif, memungkinkan data yang tidak akurat, dan sangat modular [10]. Selain itu, metode ini juga relatif mudah dan fleksibel dirancang tanpa melibatkan model matematis yang rumit [13]. 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. Sistem ini diharapkan dapat menghindari kejadian ikan mati yang dibudidayakan pada Keramba Jaring Apung sehingga dapat meningkatkan hasil produktivitas budidaya perikanan.

1.2 Perumusan Masalah

Pembudidayaan ikan yang dilakukan secara tradisional akan mengakibatkan resiko kematian pada ikan. Tugas yang sulit untuk dilakukan manusia dalam budidaya ikan seperti pemindahan posisi keramba dapat digantikan oleh KJA otomatis yang dilengkapi dengan motor DC sebagai penggeraknya. KJA yang digunakan dapat berupa KJA yang dioperasikan oleh manusia secara langsung atau bergerak secara otomatis berdasarkan program yang telah ditentukan sebelumnya. Namun, penelitian saat ini belum berfokus pada kendali posisi dari KJA otomatis. Sistem kontrol pada KJA sangat diperlukan untuk dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Salah satu keberhasilan KJA dinilai dari kemampuannya dalam mempertahankan posisi pada satu koordinat yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, sistem kontrol posisi KJA menjadi salah satu hal yang sangat penting untuk diperhatikan karena dengan sistem kontrol posisi yang baik maka keberadaan dan kondisi KJA dapat diketahui dengan akurat.

1.3 Tujuan

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengimplementasikan sistem kendali posisi berbasis *fuzzy logic control* pada KJA otomatis. Penelitian ini juga menguji performansi dari *fuzzy logic control* dalam sistem kendali posisi pada KJA.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Menggunakan *fuzzy logic control* untuk kontrol posisi dan kestabilan pergerakan Keramba Jaring Apung.
2. Penelitian dilakukan di perairan darat.
3. Menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit.
4. Menggunakan bahasa pemrograman Arduino.

1.5 Keaslian Penelitian

Ada beberapa penelitian yang telah membahas tentang kontrol posisi di atas air. Penelitian yang dilakukan oleh Armadeo Husein dkk. membahas mengenai sistem kontrol posisi pada *drifting buoy* di sungai menggunakan metode *fuzzy logic* dengan sistem navigasi *waypoint*. Sistem ini memanfaatkan informasi *waypoint* berupa koordinat *latitude* dan *longitude* yang digunakan sebagai rute. Berdasarkan hasil pengujian, sistem *waypoint drifting buoy* menghasilkan tingkat akurasi sebesar 81,66% dengan rata-rata *error* 2,75meter [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Qishun Song dkk. membandingkan konvensional PID dengan *fuzzy*-PID menggunakan MATLAB. Hasil penelitian menunjukan bahwa kontroler *fuzzy*-PID memiliki karakteristik yang dinamis dan kecepatan respon yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan kemampuan adaptasi dari sistem kontrol pelampung dan meningkatkan akurasi posisi pelampung [14].

Penelitian dengan menggunakan metode *fuzzy self-tuning PID* yang dilakukan oleh Yaoguang Wei dkk. digunakan untuk mengontrol kecepatan dan kemudi motor penggerak secara akurat. Hasil simulasi menunjukkan bahwa

motor *stepping* merespon cepat, kecepatan motor penggerak stabil, dan waktu akuisisi data berkurang berdasarkan algoritma yang diusulkan [1].

Penelitian yang dilakukan oleh Goh Ming Qian dkk membahas mengenai navigasi *waypoint* menggunakan algoritma PID yang diterapkan pada *Micro Aerial Vehicle* (MAV) quadrotor. Pengguna dapat mengatur pergerakan dengan metode *waypoint* dan pengontrol PID digunakan untuk mengontrol MAV secara mandiri agar dapat bergerak di sepanjang *waypoint* ke posisi yang diinginkan tanpa menggunakan *remote control*. Hasil menunjukkan kontroler PID mampu mengontrol MAV untuk bergerak ke posisi yang diinginkan dengan akurasi yang tinggi [12].

Selanjutnya, penelitian pada KJA yang dilakukan oleh Stavros Paspalakis dkk. mengeksplorasi skema *image processing* khusus untuk mendeteksi lubang jaring dengan berbagai ukuran dan bentuk. Metodologi yang disajikan merupakan kombinasi dari dua pendekatan yang berbeda, salah satunya berdasarkan pola distribusi global yang terdeteksi melalui *Hough transform* dan lainnya berdasarkan analisis statistik nilai intensitas lokal [6].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] H. Saksono, “Ekonomi Biru: Solusi Pembangunan Daerah Berciri Kepulauan Studi Kasus Kabupaten Kepulauan Anambas,” *J. Bina Praja*, vol. 05, no. 01, pp. 01–12, 2013, doi: 10.21787/jbp.05.2013.01-12.
- [3] I. Bayusari, A. M. Alfarino, H. Hikmarika, Z. Husin, S. Dwijayanti, and B. Y. Suprpto, “Position Control System of Autonomous Underwater Vehicle using PID Controller,” *Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics*, vol. 2021-October, no. October, pp. 139–143, 2021, doi: 10.23919/EECSI53397.2021.9624231.
- [4] 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.
- [5] L. Li, S. Fu, Y. Xu, J. Wang, and J. Yang, “Dynamic responses of floating fish cage in waves and current,” *Ocean Eng.*, vol. 72, pp. 297–303, 2013, doi: 10.1016/j.oceaneng.2013.07.004.
- [6] S. Paspalakis, K. Moirogiorgou, N. Papandroulakis, G. Giakos, and M. Zervakis, “Automated fish cage net inspection using image processing techniques,” *IET Image Process.*, vol. 14, no. 10, pp. 2028–2034, 2020, doi: 10.1049/iet-ipr.2019.1667.
- [7] 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. July

- 2019, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1016/j.compag.2019.105119.
- [8] 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.
- [9] M. Santos, V. López, and F. Morata, “Intelligent fuzzy controller of a quadrotor,” *Proc. 2010 IEEE Int. Conf. Intell. Syst. Knowl. Eng. ISKE 2010*, no. July 2014, pp. 141–146, 2010, doi: 10.1109/ISKE.2010.5680812.
- [10] V. FNU and K. Cohen, “Autonomous Control of a Quadrotor UAV using Fuzzy Logic,” *J. Unmanned Syst. Technol.*, no. December 2014, pp. 144–155, 2014.
- [11] V. Indrawati, A. Prayitno, and T. A. Kusuma, “Waypoint Navigation of AR.Drone Quadrotor Using Fuzzy Logic Controller,” *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 13, no. 3, p. 930, 2015, doi: 10.12928/telkomnika.v13i3.1862.
- [12] G. M. Qian, D. Pebrianti, Y. W. Chun, Y. H. Hao, and L. Bayuaji, “Waypoint navigation of quad-rotor MAV,” *2017 7th IEEE Int. Conf. Syst. Eng. Technol. ICSET 2017 - Proc.*, no. October, pp. 38–42, 2017, doi: 10.1109/ICSEngT.2017.8123417.
- [13] J. T. Elektro and F. Teknik, “Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATMega8535 dengan Sensor Photodiode,” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 81–85, 2015.
- [14] 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.
- [15] A. Supriatna, “Wadah Budidaya Perikanan: Kolam Terpal,” *Www.Lalaukan.Com*, 2018. <https://www.lalaukan.com/2017/04/wadah->

budidaya-perikanan-kolam-terpal.html

- [16] 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.
- [17] Z. Qiang, “Implementation of Haversine formula for school location tracking Implementation of Haversine formula for school location tracking,” *J. Phys. Conf. Ser.*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077028.
- [18] E. Ramsden, *Hall-Effect Sensors*. 2006.
- [19] PERMEN RI NO 82 TAHUN 2001, “Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air,” *Peratur. Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendali. Pencemaran Air*, pp. 1–22, 2001.
- [20] “Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points.” <https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>