

**SKRIPSI**  
**IMPLEMENTASI SISTEM *DECISION MAKING* BERDASARKAN**  
**KUALITAS AIR BERBASIS *TYPE 2 FUZZY LOGIC* PADA**  
**KERAMBA JARING APUNG OTOMATIS**



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

**Oleh:**

**HARDIAN FATHURAHMAN**

**03041282025074**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

# LEMBAR PENGESAHAN

## IMPLEMENTASI SISTEM *DECISION MAKING* BERDASARKAN KUALITAS AIR BERBASIS *TYPE 2 FUZZY LOGIC* PADA KERAMBA JARING APUNG OTOMATIS



### SKRIPSI

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

Oleh

**HARDIAN FATHURAHMAN**

**NIM. 03041282025074**

**Indralaya, 16 Juli 2024**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing**



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

**NIP.197108141999031005**

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

**NIP.197812072002122002**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hardian Fathurahman  
NIM : 03041282025074  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin*: 7%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Implementasi Sistem *Decision Making* Berdasarkan Kualitas Air Berbasis *Type 2 Fuzzy Logic* Pada Keramba Jaring Apung Otomatis” 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.

Indralaya, 16 Juli 2024




Hardian Fathurahman

NIM. 03041282025074

## HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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

**Tanda Tangan** :  \_\_\_\_\_  
**Pembimbing Utama** : Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.  
**Tanggal** : 16/Juli/2024

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

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

Nama : Hardian Fathurahman  
NIM : 03041282025074  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

**IMPLEMENTASI SISTEM *DECISION MAKING* BERDASARKAN  
KUALITAS AIR BERBASIS *TYPE 2 FUZZY LOGIC* PADA KERAMBA  
JARING APUNG OTOMATIS**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

**Dibuat di: Indralaya  
Pada Tanggal: 16 Juli 2024**



**Hardian Fathurahman  
NIM. 03041282025074**



## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kepada Allah Tuhan Semesta Alam karena atas segala karunia serta ridho dari-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Sistem *Decision Making* Berdasarkan Kualitas Air Berbasis *Type 2 Fuzzy Logic* Pada Keramba Jaring Apung Otomatis”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat serta ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yaitu diantaranya ada:

1. Orang tua yang senantiasa mendoakan penulis agar dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik dan tepat pada waktunya.
2. Tante saya Alm. Nur Elmia yang telah mengurus saya sedari kecil hingga mampu mengurus diri sendiri.
3. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan dan masukan bagi penulis dalam menyusun skripsi.
4. Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM, Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM, Bapak Irmawan, S.Si., IPM., Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T., dan Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc., selaku dosen Teknik Kendali dan Robotika atas segala ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Desi Windi Sari, S.T., M.Eng. selaku pembimbing akademik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
7. Teman Seperjuangan di tema keramba jaring apung, I Ketut Okta Setiawan, Muhammad Rafian Azim, Muhammad Ilham Pratama, dan Nandi Prabu Nugraha.
8. Teman sesama konsentrasi Teknik Kendali dan Robotika Angkatan 2020 yang telah saling membantu, menghibur, serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis sadar bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan masukan sangat diperlukan untuk dijadikan sebagai pembelajaran bagi penulis kedepannya.

Indralaya, 11 Juli 2024



Hardian Fathurahman

NIM. 03041282025074

**ABSTRAK**  
**IMPLEMENTASI SISTEM *DECISION MAKING* BERDASARKAN  
KUALITAS AIR BERBASIS *TYPE 2 FUZZY LOGIC* PADA  
KERAMBA JARING APUNG OTOMATIS**

(Hardian Fathurahman, 03041282025074, 2024, 69 Halaman)

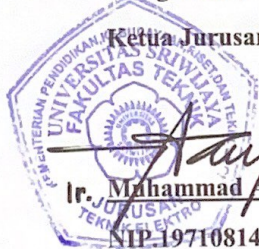
---

Salah satu cara memanfaatkan sumber daya laut Indonesia adalah dengan budidaya ikan menggunakan media keramba jaring apung (KJA). Sayangnya, KJA memiliki kelemahan yaitu terjadinya penurunan kualitas air diakibatkan oleh pakan ikan yang menumpuk. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dirancang sistem *decision making* bagi KJA untuk dapat bergerak secara otomatis mencari lokasi air dengan kualitas terbaik menggunakan metode *Type 2 Fuzzy Logic* (T2FL). KJA akan dibantu oleh 4 buah buoy yang dapat bergerak secara otomatis mengelilingi dikarenakan memiliki aktuator berupa motor. Di masing-masing buoy dan KJA akan dipasang sensor untuk mengetahui kualitas air. Terdapat tiga parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas air pada penelitian ini yaitu pH, suhu, dan *dissolved oxygen* (DO). Dari hasil simulasi didapatkan bahwa output yang diperoleh oleh T2FL sesuai dengan rules yang telah ditetapkan yaitu 10 untuk sangat buruk, 20 untuk buruk, 30 untuk cukup, 40 untuk baik, dan 50 untuk sangat baik.. Pada pengujian Real-Time, sistem *decision making* dapat bekerja dengan baik yang contohnya ketika KJA yang memiliki nilai output tertinggi dibandingkan yang lain yaitu 48,99 maka KJA akan mempertahankan posisi. Namun, ketika didapatkan di buoy 3 nilai output tertinggi yaitu 48,986 maka KJA akan pindah ke lokasi buoy 3.

**Kata Kunci:** KJA, Buoy, T2FL, *Decision Making*, Output, Kualitas Air

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Indralaya, 16 Juli 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.  
NIP.197812072002122002



**ABSTRACT**  
**IMPLEMENTATION OF *DECISION MAKING* SYSTEM BASED ON  
WATER QUALITY BASED ON *TYPE 2 FUZZY LOGIC* IN AUTOMATIC  
FLOATING NET CAGES**

(Hardian Fathurahman, 03041282025074, 2024, 69 Pages)

---

Fish farming with floating net cages (KJA) is one method of making use of Indonesia's marine resources. Regrettably, KJA's shortcoming is the accumulation of fish feed, which lowers the quality of the water. As a result, this study will create a decision-making system that KJA can use to move autonomously and use Type 2 Fuzzy Logic (T2FL) to locate the optimal site for high-quality water. Four buoys that contain actuators in the form of motors will help KJA by moving around automatically. Water quality sensors will be fitted in each buoy and KJA. In this study, pH, temperature, and dissolved oxygen (DO) are the three factors that are used to determine the quality of the water. According to the simulation results using VSCode and Matlab, T2FL produces an output that is higher than Type 1 Fuzzy Logic (T1FL) and is consistent with the established rules, which are 10 for very bad, 20 for bad, 30 for sufficient, 40 for good, and 50 for very good. The decision-making system can function effectively in real-time testing; for instance, the KJA will hold its position if it produces an output value of 48.99, which is higher than the other values. However, KJA will relocate to buoy 3 when the temperature rises to the point where the output drops and the highest output value is 48.986 at buoy 3.

**Keywords:** *KJA, Buoys, T2FL, Decision Making, Output, Water Quality*

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

**Indralaya, 16 Juli 2024**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing**

**Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.**  
NIP.197812072002122002

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Keaslian Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1    State of The Art .....	6
2.2    Autonomous Buoy.....	16
2.3    Keramba Jaring Apung.....	17
2.4    Sensor .....	17
2.5    Mikrokontroler .....	18
2.6    Fuzzy Logic Type 2.....	18
2.6.1    Fuzzifikasi .....	19
2.6.2    Aturan Fuzzy .....	21
2.6.3    Inferensi Fuzzy.....	22
2.6.4    Reduksi Tipe dan Defuzzifikasi .....	23

2.7	Kualitas Air .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>25</b>
3.1	Studi Literatur.....	25
3.2	Perancangan Sistem.....	26
3.2.1	Perancangan Sistem KJA dan <i>Autonomous Buoy</i> .....	26
3.2.2	Perancangan Sistem <i>Decision Making</i> .....	28
3.2.3	Perancangan Hardware.....	30
3.2.3.1	Desain Keramba Jaring Apung Otomatis & <i>Autonomous Buoy</i> ..	30
3.2.3.2	Mikrokontroler ESP32 .....	31
3.2.3.3	Mikrokontroler Arduino Uno .....	31
3.2.3.4	Ublox Neo-M8n .....	32
3.2.3.5	Sensor pH DFRobot .....	32
3.2.3.6	Sensor Suhu DS18B20 .....	33
3.2.3.7	Sensor <i>Dissolved Oxygen (DO)</i> DFRobot.....	33
3.2.4	Perancangan Software .....	34
3.3	Pengambilan Data.....	34
3.4	Pengujian .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>38</b>
4.1	Perancangan Alat.....	38
4.2	Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Logic Type 2</i> .....	40
4.2.1	Fungsi Keanggotaan pH.....	40
4.2.2	Fungsi Keanggotaan Suhu .....	45
4.2.3	Fungsi Keanggotaan DO .....	49
4.3	Fuzzifikasi .....	54
4.4	Rules .....	55
4.5	Reduksi Tipe dan Defuzzifikasi .....	56

4.6	Pengujian Simulasi .....	56
4.7	Pengujian Real-Time di Kambang Iwak Kecil.....	58
4.7.1	Pengujian Fuzzy Tipe 2 dengan 3 Fungsi Keanggotaan .....	59
4.7.2	Pengujian Fuzzy Tipe 2 dengan 5 Fungsi Keanggotaan .....	60
4.7.3	Pengujian Fuzzy Tipe 2 dengan 7 Fungsi Keanggotaan .....	62
4.7.4	Pengujian Fuzzy Tipe 1 dengan 3 Fungsi Keanggotaan .....	63
4.7.5	Pengujian Fuzzy Tipe 1 dengan 5 Fungsi Keanggotaan .....	64
4.7.6	Pengujian Fuzzy Tipe 1 dengan 7 Fungsi Keanggotaan .....	65
4.8	Perbandingan <i>Fuzzy</i> Tipe 2 dan <i>Fuzzy</i> Tipe 1 .....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>68</b>
5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Sistem Fuzzy.....	13
Gambar 2.2 Fuzzy Inference System .....	15
Gambar 2.3 Keramba Jaring Apung.....	17
Gambar 2.4 Sistem Fuzzy Logic Type 2.....	19
Gambar 2.5 Himpunan Fuzzy Tipe 2.....	19
Gambar 2.6 Kurva Keanggotaan Segitiga.....	20
Gambar 2.7 Kurva Linear Turun.....	20
Gambar 2.8 Kurva Linear Naik.....	21
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Flowchart Sistem (a) KJA (b) Autonomous Buoy .....	28
Gambar 3.3 Perancangan Sistem Decision Making.....	29
Gambar 3.4 (a) Desain KJA (b) Desain Autonomous Buoy .....	30
Gambar 3.5 ESP32.....	31
Gambar 3.6 Ublox Neo-M8n .....	32
Gambar 3.7 Sensor pH DFRobot .....	33
Gambar 3.8 Sensor Suhu DS18B20.....	33
Gambar 3.9 Sensor DO DFRobot .....	34
Gambar 4.1 (a) Keramba Jaring Apung, (b) Autonomous Buoy .....	38
Gambar 4. 2 (a) Sensor Suhu KJA (b) Sensor Suhu Buoy .....	39
Gambar 4. 3 (a) Kalibrasi pH (b) Kalibrasi DO.....	40
Gambar 4. 4 Kurva Variabel Input pH 3 Member .....	41
Gambar 4. 5 Kurva Variabel Input pH 5 Member .....	42
Gambar 4. 6 Kurva Variabel Input pH 7 Member .....	43
Gambar 4. 7 Kurva Variabel Input Suhu 3 Member.....	45
Gambar 4. 8 Kurva Variabel Input Suhu 5 Member.....	46
Gambar 4. 9 Kurva Variabel Input Suhu 7 Member.....	48
Gambar 4. 10 Kurva Variabel Input DO 3 Member .....	50
Gambar 4. 11 Kurva Variabel Input DO 5 Member .....	51
Gambar 4. 12 Kurva Variabel Input DO 7 Member .....	52
Gambar 4. 13 Fuzzifikasi pada Visual Studio Code .....	55
Gambar 4. 14 (a) Rute Fuzzy Tipe 2 (b) Rute Fuzzy Tipe 1 .....	59



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggolongan Kualitas Air Berdasarkan Penilaian (US-EPA).....	6
Tabel 2.2 Baku Mutu Air .....	7
Tabel 2.3 Perbandingan Kondisi Mutu Air .....	8
Tabel 2.4 Normalisasi Untuk Menghitung $WQI_{min}$ .....	9
Tabel 2.5 Nilai pH Hasil Pengujian .....	9
Tabel 2.6 Nilai Suhu Hasil Pengujian .....	9
Tabel 2.7 Nilai DO Hasil Pengujian .....	10
Tabel 2.8 Nilai Kecerahan Hasil Pengujian .....	10
Tabel 2.9 Standar Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Bandeng .....	11
Tabel 2.10 Himpunan Logika Fuzzy.....	11
Tabel 2.11 Perbandingan Berat Ikan di Kolam Otomatis dan Konvensional .....	12
Tabel 2.12 Perbandingan Panjang Ikan di Kolam Otomatis dan Konvensional ...	12
Tabel 2.13 Kalibrasi Sensor pH .....	14
Tabel 2.14 Kalibrasi Sensor Salinitas .....	14
Tabel 2.15 Hasil Pengujian Sistem .....	14
Tabel 2.16 Persentase Kesalahan Pengukuran .....	15
Tabel 2.17 Hasil Monitoring Sistem .....	16
Tabel 2.18 Standar Parameter Kualtias Air.....	24
Tabel 3.1 Standar Kualitas Air Pengujian.....	35
Tabel 3.2 Himpunan Fuzzy Pengujian .....	36
Tabel 4. 1 Ketetapan Rules pada Fuzzy .....	55
Tabel 4. 2 Simulasi Fuzzy 1 3 Member .....	56
Tabel 4. 3 Simulasi Fuzzy 1 5 Member .....	56
Tabel 4. 4 Simulasi Fuzzy 1 7 Member .....	57
Tabel 4. 5 Simulasi Fuzzy 2 3 Member .....	57
Tabel 4. 6 Simulasi Fuzzy 2 5 Member .....	57
Tabel 4. 7 Simulasi Fuzzy 2 7 Member .....	58
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Fuzzy Tipe 2 3 <i>Membership Function</i> .....	59
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Fuzzy Tipe 2 5 <i>Membership Function</i> .....	60
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Fuzzy Tipe 2 7 <i>Membership Function</i> .....	62

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Fuzzy Tipe 1 3 <i>Membership Function</i> .....	63
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Fuzzy Tipe 1 5 <i>Membership Function</i> .....	64
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Fuzzy Tipe 1 7 <i>Membership Function</i> .....	65

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia terkenal sebagai negara dengan banyak pulau karena memiliki wilayah lautan yang melebihi daratan dengan luas mencapai  $\frac{2}{3}$  dari luas negara. Kekayaan alam laut Indonesia memiliki potensi yang besar untuk menjadi media budidaya ikan dalam upaya menyejahterakan penduduknya [1][2]. Salah satu pemanfaatan sumber daya laut yang sudah sering diterapkan oleh masyarakat Indonesia adalah budidaya ikan dengan menggunakan keramba jaring apung. Keramba jaring apung atau KJA merupakan media budidaya ikan yang diapungkan di sungai atau laut [3][4]. Cara kerja keramba jaring apung yaitu dengan menggunakan jaring yang dikaitkan di ujung-ujung pelampung. Penggunaan jaring memungkinkan budidaya ikan diterapkan di laut yang memiliki ketinggian air lebih dalam dibandingkan sungai [5]. Penggunaan KJA sebagai salah satu teknik akuakultur harus mempertimbangkan lokasi agar budidaya ikan dapat memperoleh hasil yang maksimal. Keselarasan antara lokasi budidaya dengan parameter kualitas air sangat diperlukan untuk mengetahui jenis ikan yang dapat dibudidayakan [6].

Penerapan budidaya ikan menggunakan keramba jaring apung (KJA) memiliki dampak terhadap penurunan kualitas air dikarenakan pakan ikan yang tersisa dan kotoran ikan [7][8] sehingga kemungkinan ikan untuk mati dapat terjadi. Budidaya ikan membutuhkan kualitas air yang memenuhi persyaratan fisik dan kimiawi [9]. Sifat fisik air harus dapat menjadi tempat untuk ikan bisa bergerak secara leluasa dan di dalam air harus terdapat zat kimia penyokong kehidupan seperti oksigen terlarut, suhu, unsur-unsur ion, dan pH yang sesuai [10][11]. Penentuan standar kualitas air untuk lokasi KJA menggunakan parameter seperti pH, suhu, dan *dissolved oxygen* dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Funky Andria M dan Sri Rahmaningsih [12]. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengkaji faktor abiotik pada embung bekas produksi pabrik semen yang digunakan untuk pengairan budidaya ikan oleh warga sekitar. Metode yang diterapkan merupakan metode deskriptif menggunakan analisa  $WQI_{\min}$  berdasarkan data pH, suhu, DO, dan kecerahan.

Dalam upaya mencari solusi atas masalah penurunan kualitas air, KJA yang dapat berpindah secara otomatis bisa menjadi salah satu solusi. Dibutuhkan sistem dimana KJA dikelilingi oleh *autonomous buoy* yang memiliki sensor sehingga pergerakan menuju lokasi dengan kualitas air terbaik dapat terjadi dengan membandingkan nilai bacaan sensor yang ada di masing-masing *buoy* dan KJA. Pengolahan nilai pengaksesan sensor membutuhkan algoritma *decision making* untuk mendapatkan hasil yang optimal. *Decision Making* sendiri merupakan metode dalam menentukan opsi terbaik dari berbagai alternatif pilihan dengan didasarkan pada parameter atau kriteria tertentu. Salah satu contoh penerapan *decision making* dapat dilihat pada penelitian Yisong Wang, dkk yang membahas tentang *decision making* dan metode perencanaan untuk kendaraan otonom berdasarkan tujuan dan penilaian resiko[13]. Penerapan *decision making* pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi *real-time* dan komputasi dari proses pengambilan keputusan serta menjamin keamanan dalam menggunakan kendaraan otonom. Kelemahan penerapan *decision making* pada penelitian ini adalah adanya potensi pengambilan keputusan yang terlalu sering dan tidak berarti apabila tidak dikelola dengan baik serta memerlukan verifikasi dinamis berdasarkan penilaian risiko akibat variabilitas dinamis lingkungan di lalu lintas.

Penerapan *decision making* dapat dilakukan dengan berbagai algoritma yang salah satunya adalah *Type 2 Fuzzy Logic* [14][15][16]. Pada dasarnya algoritma *Type 2 Fuzzy Logic* adalah pembaharuan terhadap algoritma *Type 1 Fuzzy Logic*. Penggunaan algoritma *Type 1 Fuzzy Logic* pada penelitian lebih biasa digunakan dibandingkan *Type 2 Fuzzy Logic* dikarenakan komputasi yang lebih sederhana. Walaupun menggunakan algoritma yang lebih kompleks, *Type 2 Fuzzy Logic* memiliki kelebihan yaitu adanya dimensi tambahan sehingga dapat lebih adaptif dan lebih jelas dalam mengartikan ketidakpastian [14][15]. Terdapat penelitian menggunakan Interval *Type 2 Fuzzy Logic* (IT2FL) dan PSO guna pengoptimalan kendali bagi *swarm robot* yang dilakukan oleh Gita Fadila Fitriana[17]. Konsep *swarm robot* juga diterapkan pada KJA yang akan berperan sebagai *leader* untuk mencapai tujuan secara otomatis dan *buoy* akan menjadi *follower* bagi KJA[18]. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Devan C. M. Wijaya, dkk membahas

tentang penggunaan IT2FL untuk menjadi pendukung dalam mengambil keputusan dalam pengendalian pH air[19].

Pada penelitian ini akan diterapkan algoritma *Type 2 Fuzzy Logic* sebagai pendukung *decision making* dalam mengoptimalkan perpindahan KJA secara *autonomous* untuk mencari lokasi dengan kualitas air terbaik menggunakan sensor pH, sensor suhu, dan sensor DO. Dengan mengolah data pembacaan sensor menggunakan algoritma T2FL, KJA dapat menentukan keputusan untuk menetap karena sudah berada pada lokasi dengan kualitas air terbaik atau berpindah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berlandaskan latar belakang di atas dan beberapa hasil penelitian menggunakan algoritma *Type 1 Fuzzy Logic* yang menyatakan bahwa *Type 1 Fuzzy Logic* memiliki kelemahan dalam menyelesaikan ketidakpastian pada fungsi keanggotaan dan aturan serta tidak dapat menjaga kestabilan nilai *setpoint* pada suatu sistem dalam kurun waktu yang lama apabila diberikan gangguan pada lingkungan pengujian[14][20]. Sehingga, pada penelitian kali ini sistem keramba jaring apung (KJA) akan menggunakan *Type 2 Fuzzy Logic* sebagai algoritma pengambil keputusan yang lebih teliti dalam mengatasi ketidakpastian dengan memanfaatkan sensor yang saling terhubung satu sama lain guna mengetahui kualitas air dalam menentukan arah atau posisi pergerakan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan implementasi algoritma *Type 2 Fuzzy Logic* dalam pengoperasian pengambilan keputusan pada sistem keramba jaring apung (KJA) otomatis. Hasil pengolahan nilai bacaan sensor berupa kualitas air terbaik akan digunakan untuk menentukan posisi KJA selanjutnya.

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun unsur penelitian ini dibatasi agar penelitian tidak meluas dan lebih terfokus pada pembahasan, yaitu:

1. Penerapan *Type 2 Fuzzy Logic* metode Sugeno sebagai algoritma untuk mengambil keputusan.



2. Penelitian akan dilaksanakan di sungai dan perairan darat.
3. Menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 dan Arduino Uno.
4. Mengaplikasikan Bahasa C++ untuk pemrograman.

### 1.5 Keaslian Penelitian

Algoritma *Type 1 Fuzzy Logic* (T1FL) lebih sering diterapkan dibandingkan *Type 2 Fuzzy Logic* (T2FL) dalam pengendalian dan kontrol kualitas air. Penelitian Imaniya Rosyidah, dkk [21] mengenai pemanfaatan *Fuzzy Logic* untuk memantau serta mengendalikan kadar air pada budidaya ikan bandeng merupakan salah satu contoh penerapan *Type 1 Fuzzy Logic*. Penelitian ini berfokus pada melihat nilai secara *real time* pada beberapa parameter mutu air seperti suhu, kekeruhan, dan salinitas. Proses pengendalian kualitas air yang diterapkan adalah mengganti air yang ada di kolam apabila kualitas air yang terbaca oleh sensor bernilai buruk. Hasil dari penelitian ini menampilkan pengaplikasian *Fuzzy Logic* dapat berfungsi secara baik dalam meningkatkan kualitas air yang awalnya bernilai 8 (buruk) menjadi 3 (baik) serta dapat mengoptimalkan pertumbuhan ikan dimana ikan di kolam dengan kontrol *Fuzzy Logic* mencapai berat 10.4gram dengan panjang 8,9cm sedangkan ikan di kolam konvensional hanya sebesar 7,8gram dan 8,1cm.

Selanjutnya, ada penelitian oleh Menik Nurhidayati, dkk [22] yang menerapkan *Fuzzy Logic* untuk kendali salinitas dan pH air di tambak. Penelitian ini menggunakan larutan garam untuk menjaga salinitas dan larutan kapur untuk mempertahankan kualitas pH. Penerapan *Fuzzy Logic* digunakan untuk mengontrol kadar pH dan salinitas untuk selalu berada pada kondisi optimal dengan cara menambahkan larutan yang akan dialirkan oleh pompa. Temuan penelitian ini mencakup persentase ketidakakuratan pengukuran parameter salinitas dan pH.. Pengukuran awal untuk pH dan salinitas memiliki persentase kesalahan sebesar 9,55% dan 22,08 %. Selanjutnya untuk pengukuran akhir pH dan salinitas terdapat kesalahan sebesar 10,54% dan 12.44%.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Dino Hermansyah [23] yang membahas tentang pemetuan mutu air di Sungai kapuas melalui perbandingan *Fuzzy Inference System* (FIS) mamdani dengan metode STORET. Kesimpulan yang didapatkan dari riset ini yaitu pengolahan data pada penggolongan kualitas air di

Sungai Kapuas menggunakan metode FIS Mamdani memiliki tingkat kesamaan sebesar 88,89% dengan pengolahan data kualitas air menggunakan metode STORET.

Kemudian, terdapat penelitian terhadap kualitas air pada embung bekas produksi pabrik PT Semen Indonesia untuk budidaya ikan menggunakan KJA yang dilakukan oleh Funky Andria M dan Sri Rahmaningsih. Data yang diperoleh selama melakukan pengujian di beberapa titik yaitu nilai pH sekitar 7,9 - 8,1, suhu air sekitar 32,3 – 33°C, kadar oksigen terlarut di air berkisar 5,6–6,7 ppm, serta kejernihan air di embung sekitar 61,6 -78,7 cm. Berdasarkan data tersebut dengan menggunakan analisa  $WQI_{min}$ , dapat disimpulkan bahwa parameter suhu kurang layak untuk digunakan serta ikan yang direkomendasikan untuk budidaya adalah ikan nila [12].

Salah satu dari sedikit penelitian yang menggunakan IT2FL untuk *output* kualitas air adalah penelitian yang dilakukan oleh Devan C. M. Wijaya, dkk mengenai penerapan IT2FL untuk pengendalian pH air. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa IT2FL yang digunakan dapat berfungsi dengan bagus untuk kontrol pH dengan tingkat ketelitian rata-rata kalkulasi senilai 91.8%, beda error rata-rata senilai 0.6, dan error analitis rata-rata senilai 8.2% [19].

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Nikawanti, R. Aca<sup>2</sup>, P. Guru, P. Anak, and U. Dini Purwakarta, “Kekayaan Maritim Indonesia Ecoliteracy: Building Food Security from Indonesia’s Maritime Property,” 2021.
- [2] L. Widjyanthi 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 Based on Socio-Economic Perspective,” *Jurnal Kirana*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2020, doi: 10.19184/jkr.
- [3] G. Wahyu Ardiani, P. Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, F. Kesehatan Masyarakat, M. Rizky Hasibuan Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, R. Handayani Damanik Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, and A. Hasibuan, “Dampak Budidaya Keramba Jaring Apung Terhadap Lingkungan Danau Toba Di Kabupaten Simalungun,” *Cross-border*, vol. 6, no. 2, pp. 1113–1119, 2023.
- [4] F. Akbar, E. Aprillina, and H. Suryamen, *Utilization Of Distance Map-Based For Floating Net Cages Verivication In Maninjau Lake*. 2018.
- [5] C. P. Hutajulu and R. H. Harahap, “Dampak Adanya Budidaya Keramba Jaring Apung Terhadap Ekosistem di Kawasan Danau Toba The Impact of Floating Craft Cultivation on the Ecosystem of Lake Toba,” *AQUACOASTMARINE: J. Aquat. Fish. Sci*, vol. 2, no. 1, pp. 8–15, 2023, doi: 10.32734/jafs.v2i1.10126.
- [6] E. Dwi Harmilia, I. Ma, E. Rizki Meiwinda, J. A. Jend Yani, and U. Palembang, “Analisis Kesesuaian Lokasi Budidaya Ikan Menggunakan Keramba Jaring Apung Di Anak Sungai Komering Banyuasin Analysis of Suitability of Fish Cultivation Locations Using floating Net Cages in The Tributary Komering River Banyuasin,” 2022.
- [7] A. Warsa, A. L. Pujiyani, B. Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan Jalan Cilalawi No, and J. Barat, “Keramba Jaring Apung SMART sebagai Inovasi

Sistem Budidaya Ramah Lingkungan di Perairan Danau dan Waduk SMART Floating Net Cage as an Innovation of Eco-friendly Aquaculture System for Lake and Reservoir,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 23, no. 2, p. 229, 2022.

- [8] H. Heriyanto, Z. Hasan, A. Yustiati, and I. Nurruhwati, “Dampak Budidaya Keramba Jaring Apung Terhadap Produktivitas Primer Di Waduk Darma Kabupaten Kuningan Jawa Barat,” 2018.
- [9] Y. Harjoyudanto, R. Rifardi, and W. Windarti, “Water Quality Analysis Around the Floating Net Cage Culture Activities in the Kampar River, Buluhcina Village, Kampar District,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/430/1/012032.
- [10] W. H. Siegers, Y. Prayitno, and A. Sari, “Pengaruh Kualitas Air Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis sp.*) Pada Tambak Payau,” 2019.
- [11] A. Suryawan, Sunardi, and B. Heru, “A review on the floating net cage waste management for the sustainability of Cirata Reservoir service life,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2019. doi: 10.1088/1755-1315/407/1/012003.
- [12] A. F. Andria and S. Rahmaningsih, “Kajian Teknis Faktor Abiotik pada Embung Bekas Galian Tanah Liat PT. Semen Indonesia Tbk. untuk Pemanfaatan Budidaya Ikan dengan Teknologi KJA <br><i>[Technical Study of Abiotic Factors in Clay Embankment Used at PT. Semen Indonesia Tbk for Utilization of Fish Cultivation with KJA Technology]</i>,” *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, vol. 10, no. 2, pp. 95–105, Nov. 2018, doi: 10.20473/jipk.v10i2.9825.
- [13] Y. Wang, C. Wang, W. Zhao, and C. Xu, “Decision-Making and Planning Method for Autonomous Vehicles Based on Motivation and Risk Assessment,” *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 70, no. 1, pp. 107–120, Jan. 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3049794.

- [14] D. R. Taufiqurrahman, M. Aria, and R. Pohan, “Perbandingan Performa Logika Fuzzy Tipe-1 Dan Logika Fuzzy Tipe-2 Pada Sistem Pasteurisasi Susu Berbasis Mikrokontroler Performance Comparison of Type-1 Fuzzy Logic and Type-2 Fuzzy Logic in Microcontroller-Based Milk Pasteurization System,” *23 TELEKONTRAN*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.34010/telekontran.v11i1.9686.
- [15] A. Rafi Al Tahtawi Jurusan Teknik Elektro, P. Negeri Bandung Jl Gegerkalong Hilir, K. Bandung Barat, and J. Barat, “Kendali Posisi Motor DC Menggunakan Logika Fuzzy Interval Tipe 2 The Position Controlling of DC Motor Using Interval Type-2 Fuzzy Logic,” *TELKA*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [16] Z. Ashraf, M. L. Roy, P. K. Muhuri, and Q. M. D. Lohani, “Interval type-2 fuzzy logic system based similarity evaluation for image steganography,” *Heliyon*, vol. 6, no. 5, May 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03771.
- [17] G. F. Fitriana, “Optimasi Performansi Pengendalian Robot Swarm menggunakan Logika Fuzzy Tipe 2-Particle Swarm Optimazation,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 3, pp. 602–608, Jun. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i3.3194.
- [18] S. K. Dirjen, P. Riset, D. Pengembangan, R. Dikti, G. F. Fitriana, and R. Adhitama, “Terakreditasi SINTA Peringkat 2 Performansi Navigasi Robot Leader-Follower menggunakan Algoritma Logika Fuzzy Interval Tipe 2,” *Jurnal Resti*, vol. 1, no. 3, pp. 371–376, 2017.
- [19] D. C. M. Wijaya, B. Rahmat, and E. Y. Puspaningrum, “Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Interval Type-2 Fuzzy Sugeno Pada Kendali pH Air,” *InComTech : Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 12, no. 3, p. 226, Dec. 2022, doi: 10.22441/incomtech.v12i3.15453.
- [20] A. K. Naik and C. P. Gupta, *Performance Comparison of Type-1 and Type-2 Fuzzy Logic Systems*. IEEE, 2017.
- [21] I. Rosyidah and A. Rizal Chaidir, “MITOR: Jurnal Teknik Elektro MITOR: Jurnal Teknik Elektro Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air pada



- Budidaya Bandeng Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 2023, doi: 10.23917/emitor.v1i1.21551.
- [22] M. Nurhidayanti, B. Al Khindi, and F. Imaduddin Adhim, “Implementasi Logika Fuzzy untuk Kontrol pH dan Salinitas Tambak,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, 2021.
- [23] D. Hermansyah-1 A\* A Program *et al.*, “Penentuan Status Mutu Air Sungai Kapuas Menggunakan Metode Storet dan Logika Fuzzy Mamdani,” *PRISMA FISIKA*, vol. 10, no. 2, pp. 128–134, 2022.
- [24] Af. Adella, M. Fardika Pratama Putra, F. Taufiqurrahman, and A. Baso Kaswar, “Pintu Otomatis Berbasis Ultrasonic Internet Of Things,” 2020.
- [25] Aswardi, C. Oriza, and Z. Saputra, “Sistem Pemanas Logam dengan Induction Heater Berbasis Atmega32,” *Seminar Fortei*, 2019.
- [26] Y. Mirza, H. Deviana, and J. Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, “Sistem Monitoring Parkir Mobil Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” 2020.
- [27] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, “Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web,” 2022.
- [28] Y. Mirza and H. Deviana, “Sistem Monitoring Parkir Mobil Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” 2020.
- [29] I. Firdaus, J. Teknik Elektro, P. Negeri Padang Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, J. Limau, and K. Kunci, “Komparasi Akurasi Global Position System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter,” *Elektron Jurnal Ilmiah*, vol. 12, 2020.
- [30] K. S. Wibawa, I. P. Y. P. Pratama, and I. M. A. D. Suarjaya, “Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino I Putu Yoga Pramesia Pratama a1, Kadek Suar Wibawa a2, I Made Agus Dwi Suarjaya a3,” 2022.

- [31] M. Bagus, R. Huda, and W. D. Kurniawan, “Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino,” 2022.
- [32] N. Shaghghi, T. Nguyen, J. Patel, A. Soriano, and J. Mayer, “DOxy: Dissolved Oxygen Monitoring,” in *2020 IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Oct. 2020. doi: 10.1109/GHTC46280.2020.9342916.