

**SKRIPSI**  
**SISTEM *DECISION MAKING* KUALITAS AIR TERBAIK BERBASIS  
ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROL* (FLC) PADA SISTEM  
KERAMBA JARING APUNG (KJA)**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada**

**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**MUHAMMAD DEKA RULIANSYAH**

**03041281924024**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM *DECISION MAKING* KUALITAS AIR TERBAIK BERBASIS  
ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROL (FLC)* PADA SISTEM  
KERAMBA JARING APUNG (KJA)



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

Oleh :  
**MUHAMMAD DEKA RULIANSYAH**  
03041281924024

Indralaya, 5 Agustus 2023

Menyetujui,  
Pembimbing Utama

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM,  
NIP. 197502112003121002

### HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan :  \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.

Tanggal : 5 / Agustus / 2023

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Deka Ruliansyah  
NIM : 03041281924024  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 1 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Sistem *Decision Making* Kualitas Air Terbaik Berbasis Algoritma *Fuzzy Logic Control* (FLC) Pada Sistem Keramba Jaring Apung (KJA)”. 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, 5 Agustus 2023



Muhammad Deka Ruliansyah  
NIM.03041281924024

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

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

Nama : Muhammad Deka Ruliansyah

NIM : 03041281924024

Jurusan/Prodi : 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:

**SISTEM *DECISION MAKING* KUALITAS AIR TERBAIK BERBASIS  
ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROL (FLC)* PADA SISTEM  
KERAMBA JARING APUNG (KJA)**

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 Indralaya

Pada Tanggal : 5 Agustus 2023

Yang menyatakan,



Muhammad Deka Ruliansyah  
NIM. 03041181924041

## ABSTRAK

### SISTEM *DECISION MAKING* KUALITAS AIR TERBAIK BERBASIS ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROL* (FLC) PADA SISTEM KERAMBA JARING APUNG (KJA)

(Muhammad Deka Ruliansyah, 03041281924024, 2023, 57 halaman)

---

Masalah kualitas air yang buruk dapat menyebabkan ikan yang ada di dalam keramba jaring apung (KJA) mengalami kematian massal. Untuk mengatasi hal tersebut, pada penelitian ini dikembangkan KJA otomatis yang dapat menyesuaikan diri dengan kondisi kualitas air. KJA tersebut perlu dilengkapi *autonomous buoy* (pelampung) yang memiliki aktuator dan juga sensor sehingga dapat bergerak mencari tempat dengan kualitas air yang baik dengan membandingkan nilai kualitas air melalui nilai sensor pada *buoy* lain dan KJA. Dalam membuat keputusan untuk mencari posisi kualitas air terbaik diantara *buoy* dan KJA, dibutuhkan algoritma *decision making* yang berbasis algoritma *fuzzy logic control*. Pada awal pengujian dilakukan simulasi menggunakan *software* MATLAB, kemudian dilakukan pengujian secara langsung kepada sistem keramba jaring apung di perairan. Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan *fuzzy logic control* menunjukkan bahwa sistem keramba jaring apung akan mempertahankan posisi apabila kondisi kualitas air KJA “baik”, namun pada saat kondisi kualitas air KJA, *buoy* 1, *buoy* 2, dan *buoy* 3 “sangat buruk” maka sistem akan berpindah ke posisi *buoy* 4 lalu pada saat kondisi kualitas air KJA, *buoy* 1, dan *buoy* 2 “sangat buruk” maka sistem akan berpindah ke posisi *buoy* 3. Dengan demikian, penggunaan algoritma *fuzzy* berhasil digunakan sebagai penentuan kualitas air. Serta keluaran dari algoritma *fuzzy* juga berhasil digunakan pada algoritma *decision making* untuk menentukan target lokasi perpindahan selanjutnya pada sistem KJA *autonomous* apabila KJA memiliki kualitas air yang buruk.

**Kata kunci:** *Buoy, fuzzy logic, KJA, kualitas air, MATLAB, decision making.*

7. Teman Teknik Kendali dan Robotika Angkatan 2019 yang telah berjuang bersama, memberikan dukungan dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Indralaya, 5 Agustus 2023



Muhammad Deka Ruliansyah

NIM. 03041281924024

## DAFTAR ISI

<b>COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</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 .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. State of the Art .....	5
2.2. Kualitas Air .....	14
2.3. Algoritma <i>Fuzzy Logic Control</i> (FLC).....	14
2.3.1. Fuzzifikasi .....	15
2.3.2. Inferensi <i>Fuzzy</i> .....	17
2.3.3. Defuzzifikasi .....	19
2.4. Keramba Jaring Apung Otomatis .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Alur Penelitian.....	21
3.2. Studi Literatur.....	22
3.3. Perancangan Sistem.....	22
3.3.1. Perancangan <i>Hardware</i> .....	23
3.3.1.1. Desain Keramba Jaring Apung Otomatis & <i>Autonomous Buoy</i> .....	23
3.3.1.2. Modul ESP32.....	24
3.3.1.3. Sensor .....	24
3.3.1.4. Ublox Neo-M8n.....	25
3.3.1.5. Sensor pH (pH Meter) .....	25
3.3.1.6. Sensor Suhu DS18B20 .....	26



3.3.2. Perancangan Pemrograman.....	26
3.4. Pengambilan Data & Pengujian .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1. Perancangan Alat.....	29
4.2. Pengujian Sensor pada Alat.....	30
4.2.1. Pengujian Sensor Suhu .....	31
4.2.2. Pengujian Sensor pH.....	31
4.2.3. Performansi Sensor pada Penelitian.....	32
4.3. Implementasi <i>Fuzzy Logic Control</i> .....	34
4.3.1. <i>Fuzzy Membership</i> (Keanggotaan Sistem <i>Fuzzy</i> ) .....	34
4.3.1.1. pH .....	35
4.3.1.2. Suhu .....	36
4.3.1.3. Fuzzifikasi.....	38
4.3.2. <i>Fuzzy Rules</i> .....	39
4.3.2.1. Keluaran Himpunan <i>Fuzzy Rules</i> .....	40
4.3.3. Defuzzifikasi .....	41
4.4. Pengujian Sistem <i>Decision Making</i> .....	41
4.4.1. Pengujian <i>Batch</i> .....	41
4.4.2. Pengujian Sistem <i>Decision Making</i> pada Sistem KJA <i>Autonomous</i> .....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbandingan GQI Tradisional dan FGQI Untuk Musim Sebelum Musim Hujan.....	7
Gambar 2.2. Perbandingan GQI Tradisional dan FGQI Untuk Musim Setelah Musim Hujan.....	7
Gambar 2.3. Validasi GQI Tradisional dan FGQI Untuk Musim Sebelum Musim Hujan.....	8
Gambar 2.4. Validasi GQI Tradisional dan FGQI Untuk Musim Setelah Musim Hujan.....	8
Gambar 2.5. Diagram Proses Evaluasi Kualitas Air <i>Fuzzy</i> Metode Indeks.....	9
Gambar 2.6. Fungsi Keanggotaan DO.....	10
Gambar 2.7. <i>Output Fuzzy Set</i> Untuk Inferensi dan Peringkat FWPI.....	10
Gambar 2.8. Diagram Alur Skematis dari FWQI.....	13
Gambar 2.9. <i>Membership Function</i> .....	15
Gambar 2.10. Linear Naik.....	16
Gambar 2.11. Linear Turun.....	16
Gambar 2.12. Kurva Segitiga.....	17
Gambar 2.13. Kurva Trapesium.....	17
Gambar 2.14. Alur Sistem Kontrol <i>Fuzzy Logic</i> .....	19
Gambar 2.15. Keramba Jaring Apung Konvensional.....	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian.....	21
Gambar 3.2. Diagram Alir Perancangan Sistem.....	22
Gambar 3.3. Desain 3D KJA dan <i>Autonomous Buoy</i> .....	24
Gambar 3.4. Desai 3D <i>Autonomous Buoy</i> .....	24
Gambar 3.5. Modul ESP32.....	24
Gambar 3.6. Ublox Neo-M8n.....	25
Gambar 3.7. Sensor pH ( <i>pH Meter</i> ).....	26
Gambar 3.8. Sensor Suhu DS18B20.....	26
Gambar 4.1. KJA Otomatis.....	29
Gambar 4.2. <i>Autonomous Buoy</i> .....	30

Gambar 4.3. Kurva Bahu untuk Variabel pH.....	35
Gambar 4.4. Kurva Bahu untuk Variabel Suhu .....	37
Gambar 4.5. Fuzzifikasi pada Arduino .....	38
Gambar 4.6. Keluaran dari Aturan <i>Fuzzy</i> pada Matlab.....	40
Gambar 4.7. Pengujian <i>Batch</i> Sistem Keramba Jaring Apung .....	42
Gambar 4.8. Rute Pengujian Sistem Keramba Jaring Apung Menggunakan <i>Decision Making</i> .....	43
Gambar 4.9. Pengujian Sistem Keramba Jaring Apung dengan <i>Decision Making</i> Titik 1 (a), Titik 2 (b), Titik 3 (c).....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Statistik Dasar Kualitas Air Tanah Musiman, Nilai Ambang Batas Parameter Kualitas Air, dan Metode Interpolasi yang Digunakan untuk Pemetaan Konsentrasi.....	5
Tabel 2.2. Hasil dan Perbandingan dari Tiga Metode.....	10
Tabel 2.3. Parameter Kualitas Air Berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 .....	14
Tabel 2.4. Metode Fuzzy Logic .....	18
Tabel 3.1. Standar Parameter Kualitas Air Pada pH dan Suhu .....	27
Tabel 4.1. Pembacaan Sensor Suhu .....	31
Tabel 4.2. Selisih Nilai Pengujian Sensor Suhu.....	31
Tabel 4.3. Pengujian Sensor pH.....	32
Tabel 4.4. Selisih Nilai Pengujian Sensor pH.....	32
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Nilai <i>Percentage Error</i> dan MAPE Sensor.....	33
Tabel 4.6. <i>Membership</i> pH.....	35
Tabel 4.7. <i>Membership</i> Suhu .....	37
Tabel 4.8. Aturan-Aturan pada <i>Fuzzy</i> .....	39
Tabel 4.9. Hasil Pengujian <i>Batch</i> .....	42
Tabel 4.10. Hasil Pengujian <i>Decision Making</i> pada Sistem KJA <i>Autonomous</i> .....	44

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari daratan dan lautan. Dikutip dari *United Nation Convention on the Law of the Sea*, luas laut Indonesia mencapai hampir 2 kali lipat dari wilayah daratan Indonesia, yaitu sebesar 3.257.357 km<sup>2</sup> berbanding 1.919.443 km<sup>2</sup> [1]. Sudah banyak usaha yang dilakukan untuk memanfaatkan laut salah satunya membudidayakan ikan menggunakan keramba jaring apung. Keramba jaring apung (KJA) bisa menjadi tempat pembudidayaan ikan air tawar maupun ikan laut. Umumnya KJA ditempatkan di lokasi air tenang dan mudah dijangkau pada waduk, danau, maupun laut [2]. Keramba jaring apung juga menghasilkan limbah akibat kelebihan pakan maupun ekskresi dari ikan itu sendiri. Limbah yang tercampur dengan air akan menyebabkan turunnya kualitas air. Menurunnya kualitas air pada batas tertentu juga akan menyebabkan kematian masal ikan yang sedang dibudidayakan [3]. Hal tersebut menyebabkan keramba jaring apung harus dipindahkan secara berkala. Pindahan keramba jaring apung (KJA) masih dilakukan secara konvensional dengan menariknya menggunakan perahu nelayan. Proses tersebut kurang efektif karena harus mengerahkan sumber daya manusia. Merujuk pada Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, terdapat faktor kimia yang mempengaruhi kualitas air, beberapa diantaranya adalah derajat keasaman (pH), dan temperatur. Kualitas air yang optimal harus diawasi karena mempengaruhi pertumbuhan ikan yang dibudidayakan pada KJA [4].

Sistem keramba jaring apung (KJA) yang akan diuji akan menyerupai *swarm robot*. Terdapat satu KJA sebagai *leader*, dan empat *autonomous buoy* kecil sebagai *follower* yang mengelilingi KJA. Nilai pengaksesan sensor yang didapat akan dijadikan acuan untuk lokasi perpindahan selanjutnya setelah diolah menggunakan algoritma *decision making*. Untuk mendapatkan nilai optimal

dibutuhkan sebuah algoritma pengambilan keputusan. Salah satu algoritma yang umum digunakan yaitu *Fuzzy Logic Control* (FLC).

Penelitian yang membahas mengenai algoritma *Fuzzy Logic Control* (FLC) sudah banyak dilakukan pada permukaan perairan secara langsung untuk mendapatkan keluaran kualitas air. Namun secara khusus belum ada penelitian yang mengimplementasikan algoritma FLC pada keramba jaring apung (KJA). penelitian yang membahas tentang penilaian kualitas air di Sungai Qu berdasarkan indeks 2 pencemaran air dengan metode *fuzzy* yang diteliti oleh Ranran Li, dkk [5]. Penelitian ini menggunakan metode indeks pencemaran air *fuzzy* mencapai penilaian dengan menetapkan aturan *fuzzy*. Namun sejumlah besar parameter akan menyebabkan peningkatan aturan inferensi yang luar biasa. Untuk mengatasi masalah ini, dapat diterapkan pengurangan dimensi parameter terlebih dahulu dengan menggunakan beberapa metode seperti analisis komponen utama. Penulis masih bekerja dalam pengembangan indeks dengan lebih banyak parameter untuk evaluasi badan air yang lebih realistis. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Zaher Mundher Yaseen, dkk [6] yang membahas tentang model *neuro-fuzzy* adaptif *hybrid* untuk estimasi indeks kualitas air. Hasil dari penelitian ketiga model hibrida memberikan estimasi yang baik untuk WQI di DAS yang diteliti. Menurut rata-rata statistik yang diterapkan, ANFIS-SC dan ANFISFCM berbasis kluster memiliki akurasi yang lebih tinggi daripada ANFIS-GP. Pada penelitian ini, kemampuan dari tiga metode *neuro-fuzzy* yang berbeda dalam memodelkan parameter kualitas air DAS Selangor diuji.

Berdasarkan uraian di atas diperlukan pembuatan sistem *decision making* untuk memilih kualitas air terbaik pada sistem keramba jaring apung *autonomous* juga untuk mengotomatisasikan perpindahan KJA di atas air dengan mencari posisi kualitas air yang terbaik menggunakan algoritma *Fuzzy Logic Control* (FLC). Penelitian ini akan menggunakan sensor suhu ds18b20 dan sensor pH serta algoritma *Fuzzy Logic Control* (FLC). Algoritma *Fuzzy* pada keramba jaring apung (KJA) digunakan sebagai algoritma pengambilan keputusan, sehingga KJA bisa menentukan posisi kualitas air terbaik untuk menetap. Pada akhirnya penelitian yang dibuat akan memungkinkan otomatisasi pergerakan untuk KJA,

sehingga pembudidayaan ikan akan efektif dalam faktor pertumbuhan dan perkembangbiakan ikan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas dan penelitian terdahulu yang telah dijelaskan dalam pemanfaatan algoritma *Fuzzy Logic Control* (FLC) sebagai algoritma pengambilan keputusan didapatkan hasil yang diinginkan. Selanjutnya, Sistem keramba jaring apung (KJA) *autonomous* menggunakan sensor yang saling berkaitan dalam menentukan kualitas air dan sebagai penentuan posisi pergerakan / target. Oleh karena itu dibutuhkan algoritma yang mampu melakukan pengambilan keputusan (*decision making*) yang tepat. sehingga posisi / target dapat sesuai dengan yang diinginkan dari hasil pembacaan sensor.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan implementasi dan menguji unjuk kerja algoritma *fuzzy* dalam menjalankan *decision making* pada sistem keramba jaring apung (KJA) *autonomous*.

## **1.4. Batasan Masalah**

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

- a. Algoritma pengambilan keputusan yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Control* (FLC).
- b. Penelitian dilakukan di perairan darat.
- c. Menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit.
- d. Menggunakan bahasa pemrograman Arduino

## **1.5. Keaslian Penelitian**

Penelitian yang membahas mengenai algoritma *Fuzzy Logic Control* (FLC) sudah banyak dilakukan untuk mendapatkan keluaran kualitas air yang diinginkan. Namun secara khusus belum ada penelitian yang

mengimplementasikan algoritma FLC pada keramba jaring apung (KJA). Penelitian yang dilakukan oleh Madan Kumar Jha, dkk [7] membahas tentang penilaian kualitas air tanah untuk pasokan air minum menggunakan hibrida indeks kualitas air berbasis *fuzzy*-GIS.

Selanjutnya penelitian yang membahas tentang penilaian kualitas air di Sungai Qu berdasarkan indeks 2 pencemaran air dengan metode *fuzzy* yang diteliti oleh Ranran Li, dkk [5]. Penelitian ini menggunakan metode indeks pencemaran air *fuzzy* mencapai penilaian dengan menetapkan aturan *fuzzy*. Namun sejumlah besar parameter akan menyebabkan peningkatan aturan inferensi yang luar biasa. Untuk mengatasi masalah ini, dapat diterapkan pengurangan dimensi parameter terlebih dahulu dengan menggunakan beberapa metode seperti analisis komponen utama. Penulis masih bekerja dalam pengembangan indeks dengan lebih banyak parameter untuk evaluasi badan air yang lebih realistis.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Zaher Mundher Yaseen, dkk [6] yang membahas tentang model *neuro-fuzzy* adaptif *hybrid* untuk estimasi indeks kualitas air. Hasil dari penelitian ketiga model hibrida memberikan estimasi yang baik untuk WQI di DAS yang diteliti. Menurut rata-rata statistik yang diterapkan, ANFIS-SC dan ANFISFCM berbasis kluster memiliki akurasi yang lebih tinggi daripada ANFIS-GP. Pada penelitian ini, kemampuan dari tiga metode *neuro-fuzzy* yang berbeda dalam memodelkan parameter kualitas air DAS Selangor diuji.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Ammar Tiri, dkk [8] yang membahas tentang evaluasi kualitas air permukaan untuk keperluan minum menggunakan sistem inferensi *fuzzy*. Hasil dari penelitiannya yaitu interaksi air-batuan dan proses antropogenik merupakan faktor utama yang mengendalikan kualitas air permukaan di daerah penelitian. Perhitungan WQI menunjukkan bahwa 60% sampel permukaan di stasiun pertama dan kedua dan 100% sampel air di stasiun terakhir mewakili "kualitas air yang buruk". Kualitas air permukaan dinilai dengan indeks FWQI, dan hasilnya menunjukkan bahwa nilai WQI dan FWQI memiliki karakteristik yang mirip dengan indeks kualitas air.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] United Nations, “United Nations Convention on the Law of the Sea,” 1982.
- [2] G. Karnatak *et al.*, “Environmental parameters and stocking density influence growth, feed utilization and economics of butter catfish, *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794) production in floating net cages in a large tropical reservoir, India,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, no. 42, pp. 59720–59730, Nov. 2021.
- [3] H. Syandri, A. Azrita, and A. Mardiah, “Water Quality Status and Pollution Waste Load from Floating Net Cages at Maninjau Lake, West Sumatera Indonesia,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 430, no. 1, 2020.
- [4] Y. Koniyo, “Analisis Kualitas Air Pada Lokasi Budidaya Ikan Air Tawar Di Kecamatan Suwawa Tengah,” *Jurnal Technopreneur (JTech)*, vol. 8, no. 1, pp. 52–58, 2020.
- [5] R. Li, Z. Zou, and Y. An, “Water quality assessment in Qu River based on fuzzy water pollution index method,” *J Environ Sci (China)*, vol. 50, pp. 87–92, 2016.
- [6] Z. M. Yaseen, M. M. Ramal, L. Diop, O. Jaafar, V. Demir, and O. Kisi, “Hybrid Adaptive Neuro-Fuzzy Models for Water Quality Index Estimation,” *Water Resources Management*, vol. 32, no. 7, pp. 2227–2245, 2018.
- [7] M. K. Jha, A. Shekhar, and M. A. Jenifer, “Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index,” *Water Res*, vol. 179, p. 115867, 2020.
- [8] A. Tiri, L. Belkhiri, and L. Mouni, “Evaluation of surface water quality for drinking purposes using fuzzy inference system,” *Groundw Sustain Dev*, vol. 6, no. January, pp. 235–244, 2018.

- [9] PERMEN RI NO 82 TAHUN 2001, “Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air,” *Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*, pp. 1–22, 2001.
- [10] F. Wahab, A. Sumardiono, A. Rafi, A. Tahtawi, A. Faisal, and A. Mulayari, “Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control untuk Pengendalian Suhu Ruangan,” *Direvisi: 23 Mei*, vol. 2, no. 1, p. 22, 2017.
- [11] D. S. Hooda and Vivek. Raich, *Fuzzy Logic Models and Fuzzy Control : an Introduction*. Alpha Science International, 2016.
- [12] T. M. Guerra, A. Sala, and K. Tanaka, “Fuzzy control turns 50: 10 years later,” *Fuzzy Sets Syst*, vol. 281, pp. 168–182, 2015.
- [13] B. Baasandorj, A. Reyaz, P. J. Ho, C. W. Cheol, D. J. Lee, and K. T. Chong, “A mobile robot obstacle avoidance using fuzzy logic and model predictive control,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 548–549, pp. 922–927, 2014.
- [14] A. T. Nguyen, T. Taniguchi, L. Eciolaza, V. Campos, R. Palhares, and M. Sugeno, “Fuzzy control systems: Past, present and future,” *IEEE Comput Intell Mag*, vol. 14, no. 1, pp. 56–68, 2019.