



Implementasi Fuzzy Sugeno Berbasis IoT untuk Peringatan Kualitas Air Akuarium Ikan Mas Koki

Muhammad Taufikur Rahman, Febi Yanto*, Elin Haerani

Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Islam Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru, Indonesia

Email: ¹11950115134@students.uin-suska.ac.id, ^{2,*}febiyanto@uin-suska.ac.id, ³elin.haerani@uin-suska.ac.id

Email Penulis Korespondensi: febiyanto@uin-suska.ac.id

Abstrak-Pemantauan kualitas air akuarium secara manual seringkali tidak efektif karena keterbatasan waktu dan potensi keterlambatan dalam mendeteksi perubahan parameter krusial yang dapat mengancam kesehatan ikan. Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan kualitas air akuarium ikan mas koki secara real-time yang berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan metode logika fuzzy Sugeno. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno R4 WiFi untuk mengolah data dari sensor kekeruhan, Total Dissolved Solids (TDS), dan suhu air. Metode fuzzy Sugeno dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan output numerik yang presisi berdasarkan aturan fuzzy. Untuk menilai kualitas air, data sensor tersebut diproses melalui tahapan fuzzifikasi, evaluasi aturan, aplikasi fungsi implikasi/agregasi, dan defuzzifikasi. Hasil pengukuran kemudian diproses secara real-time dan dikirimkan melalui koneksi WiFi ke aplikasi Blynk, yang berfungsi sebagai media monitoring sekaligus pemberi notifikasi peringatan kepada pengguna ketika kualitas air berada di luar batas aman, sementara informasi juga dapat ditampilkan pada layar OLED pada sistem. Penilaian kualitas air diklasifikasikan berdasarkan nilai output fuzzy ke dalam beberapa kategori kondisi yaitu, 0-20 (Sangat Baik), 21-40 (Baik), 41-60 (Cukup), 61-80 (Buruk), 81-100 (Sangat Buruk). Berdasarkan hasil pengujian, sistem terbukti mampu mendeteksi serta mengklasifikasikan kondisi kualitas air dengan akurasi tinggi, serta memberikan notifikasi peringatan secara efektif. Sistem ini diharapkan dapat membantu pemilik akuarium dalam menjaga kondisi lingkungan yang optimal bagi kesehatan ikan mas koki secara otomatis, berkelanjutan, dan efisien.

Kata Kunci: Arduino; Blynk; Fuzzy Sugeno; Ikan Mas Koki; Kualitas Air

Abstract-The manual monitoring of aquarium water quality is often ineffective due to time constraints and the potential delays in detecting critical parameter changes that can threaten fish health. This research develops a real-time water quality monitoring system for goldfish aquaria based on the Internet of Things (IoT) using the Sugeno fuzzy logic method. The system utilizes an Arduino Uno R4 WiFi microcontroller to process data from turbidity, Total Dissolved Solids (TDS), and water temperature sensors. The Sugeno fuzzy method is chosen for its ability to produce precise numerical outputs based on fuzzy rules. To assess water quality, the sensor data undergoes fuzzification, rule evaluation, implication/aggregation function application, and defuzzification stages. The measurement results are then processed in real-time and sent via WiFi connection to the Blynk application, which serves as a monitoring medium and sender of warning notifications to users when water quality falls outside safe limits, while information is also displayed on the OLED screen of the system. Water quality assessment is classified based on fuzzy output values into several condition categories: 0-20 (Very Good), 21-40 (Good), 41-60 (Fair), 61-80 (Poor), 81-100 (Very Poor). Based on the test results, the system has been proven to effectively detect and classify water quality conditions with high accuracy, as well as provide effective warning notifications. This system is expected to assist aquarium owners in maintaining optimal environmental conditions for the health of goldfish in an automatic, sustainable, and efficient manner.

Keywords: Arduino; Blynk; Fuzzy; Goldfish; Water Quality

1. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) telah merevolusi berbagai bidang, termasuk sektor pemeliharaan ikan hias dan akuakultur. Penerapan IoT pada akuarium ikan mas koki memberikan peluang besar untuk menjaga kualitas air secara lebih presisi dan berkelanjutan [1]. Ikan mas koki, yang membutuhkan parameter lingkungan ideal seperti suhu 25°–30°C, pH 6,5–7,5, kekeruhan di bawah 10 NTU, Total Disolved Solid (TDS) kurang dari 300 ppm dan kadar garam sekitar 4 ppt, sangat rentan terhadap perubahan kondisi air[2], [3], [4]. Kesulitan pemantauan kualitas air akuarium secara manual yang tidak berkelanjutan, terutama bagi penghobi dengan waktu terbatas menimbulkan tantangan yang memerlukan adopsi teknologi otomatis untuk pengendalian parameter air secara efektif dan berkelanjutan [5], [6]. Untuk menjawab tantangan ini, sistem IoT telah digunakan dalam berbagai penelitian sebelumnya untuk pemantauan lingkungan secara otomatis dan real-time, seperti yang dikembangkan oleh Wicaksono dkk. [7] yang berhasil membangun sistem monitoring jarak jauh pada peternakan kandang ayam petelur terintegrasi telegram. Kemudian di bidang pertanian, Wiralaksana dkk. [8] mengembangkan sistem pemantauan penyiraman cabai, sementara Ridho'i dkk. [9] mengembangkan sistem untuk suhu dan kelembapan jamur tiram. Keberhasilan IoT dalam sistem monitoring juga terbukti dalam aplikasi pada kolam ikan baik dari menjaga kualitas air hingga kontrol dalam pemberian pakan ikan [10], [11], [12].

Dalam memantau kualitas air di akuarium, dibutuhkan sensor untuk mendeteksi suhu, kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan seperti fuzzy logic, yang menggunakan derajat kebenaran variatif sebagai metode untuk meningkatkan efektivitas deteksi kualitas air [13]. Logika fuzzy memanfaatkan variabel linguistik (misalnya, "tinggi", "sedang") untuk operasi berbasis kata yang meniru pemahaman manusia terhadap fenomena kompleks, seperti mendeteksi perubahan kualitas air (suhu, TDS, kekeruhan) yang mempengaruhi kesehatan ikan [14]. Penerapan IoT seperti pemantauan kualitas air, model Fuzzy Sugeno sangat efektif karena efisiensi komputasional dan outputnya yang tegas (crisp). Berbeda dari Mamdani dengan konsekuensi fuzzy, Sugeno menggunakan fungsi matematis (linear/konstan) dari input sebagai konsekuensi aturan. Alur kerja Sugeno meliputi fuzzifikasi input, evaluasi aturan IF-



THEN untuk mendapatkan *firing strength*, dan penggunaan *firing strength* ini untuk menghitung output crisp dari fungsi konsekuensi tiap aturan. Output sistem final adalah rata-rata terbobot (agregasi) dari output tiap aturan, menghasilkan nilai crisp tanpa defuzzifikasi terpisah, menjadikannya ideal untuk aplikasi kontrol dan IoT yang butuh respons cepat dan efisien[15], [16], [17].

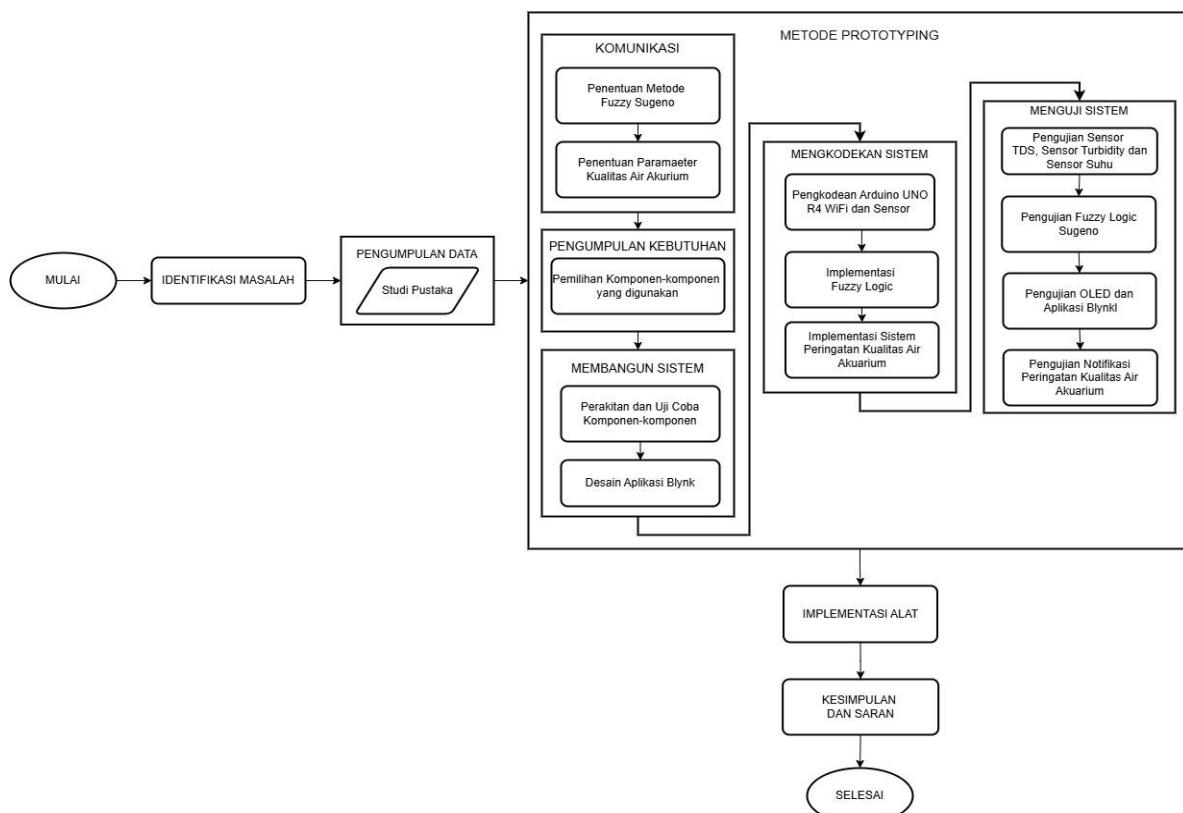
Beberapa penelitian yang berhasil mengintegrasikan pendekatan ini adalah studi yang dilakukan oleh Suryadi A. dkk. [18] yang membandingkan metode fuzzy mamdani, tsukamoto dan sugeno untuk optimasi planning produksi pada produk dea-tea. Kemudian juga pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo dkk. [19] yaitu Sistem Monitoring Kualitas Air Sumur Berbasis IoT Dengan *Fuzzy Logic* dan *Interface* Berbasis Web. Hasil pengukuran yang diperoleh melalui metode fuzzy Sugeno menunjukkan akurasi yang baik sesuai parameter yang dimasukkan. Selain itu, Ariefianto dkk. [20] juga mengembangkan sistem berbasis IoT dan fuzzy logic sugeno untuk budidaya ikan tombro. Keberhasilan metode fuzzy dalam menyelesaikan masalah pemantauan kualitas air pada budidaya ikan air tawar dan ikan hias lainnya telah dibuktikan dalam penelitian yang lain [21]. Meskipun pendekatan logika fuzzy, khususnya metode Sugeno, telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi seperti optimasi produksi dan pemantauan kualitas air, masih ada aspek yang perlu dieksplorasi lebih lanjut. Salah satunya adalah penerapan sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT dan logika fuzzy Sugeno pada ikan air tawar lain, seperti ikan mas koki. Meskipun sistem serupa telah diterapkan pada ikan tombro, penelitian mengenai penerapan metode ini pada akuarium hias dengan fokus pada parameter kualitas air yang lebih spesifik dan pemantauan jarak yang efektif masih terbatas. .

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan kualitas air akuarium menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) yang berlandaskan algoritma fuzzy Sugeno, dengan aplikasi khusus pada pemeliharaan ikan mas koki. Sistem ini mengintegrasikan tiga jenis sensor utama, yaitu sensor turbidity, TDS, dan suhu, yang data hasil pengukurnya diproses melalui mikrocontroller Arduino Uno R4 WiFi. Data ini kemudian dikirim ke cloud dan dapat dipantau melalui aplikasi Blynk, yang juga memiliki fitur notifikasi untuk memberi tahu pengguna ketika salah satu parameter kualitas air berada di luar batas optimal. Dengan demikian, riset ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pemantauan akuarium ikan hias yang lebih cerdas, efisien, dan ekonomis, serta memperluas penerapan teknologi IoT yang adaptif baik dalam skala rumah tangga maupun usaha kecil.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian

Pengembangan sistem peringatan kualitas air pada akuarium ikan mas koki menggunakan metode Fuzzy Sugeno berbasis Internet of Things dilakukan melalui sejumlah tahapan yang dirancang untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Rangkaian tahapan dalam penelitian ini disajikan secara visual pada Gambar 1.

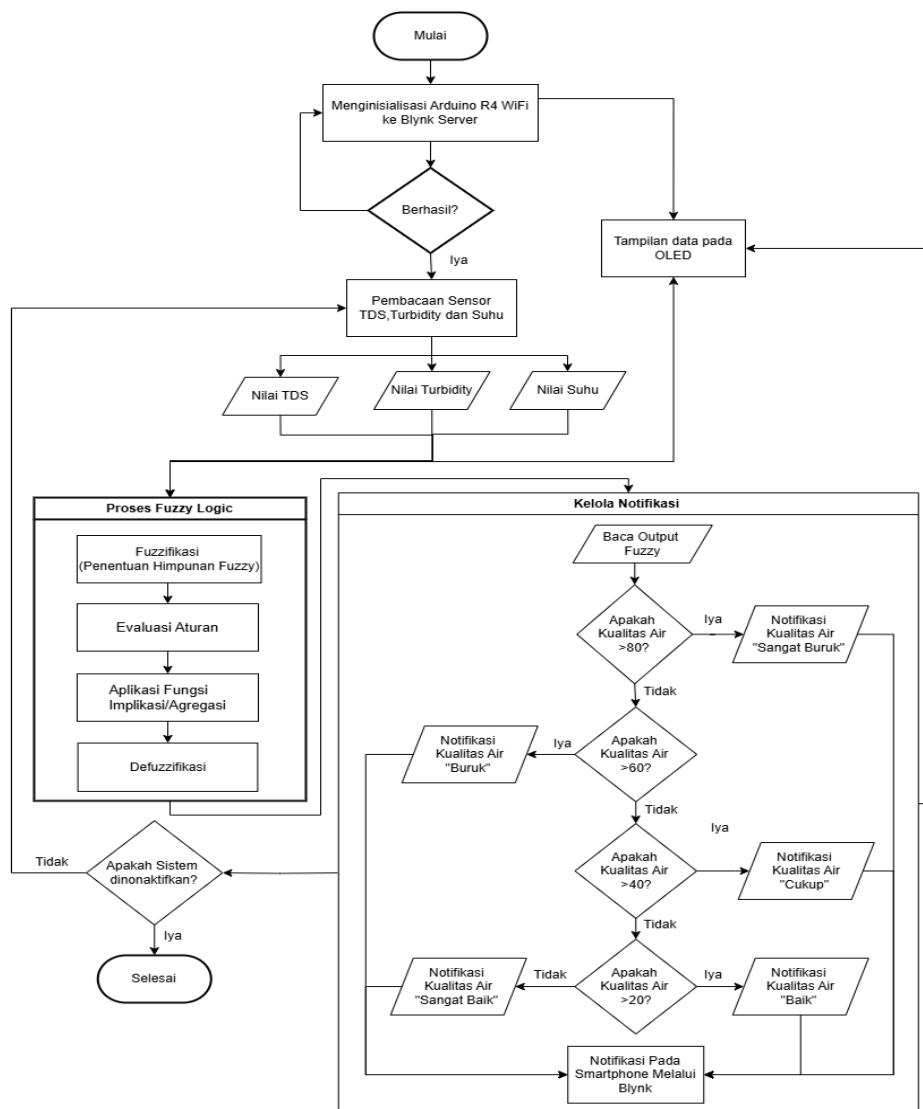


Gambar 1. Alur Penelitian



Pada Gambar 1, tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah melalui observasi dan studi pustaka terkait sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT dan fuzzy logic. Data dikumpulkan dari observasi langsung dan literatur relevan untuk merumuskan masalah secara tepat sebagai dasar pengembangan sistem. Pengembangan dilakukan dengan metode prototyping yang meliputi komunikasi (penentuan metode fuzzy Sugeno dan parameter kualitas air), pengumpulan kebutuhan (pemilihan komponen), pembangunan sistem (perakitan dan desain aplikasi Blynk), pengkodean (implementasi sensor, fuzzy logic, dan sistem peringatan), serta pengujian (sensor, fuzzy Sugeno, OLED, aplikasi Blynk, dan notifikasi). Sistem ini mengintegrasikan sensor turbidity, TDS, dan suhu, kemudian memproses data menggunakan fuzzy Sugeno untuk menilai kualitas air secara numerik, yang memiliki rentang nilai di berbagai kondisi kualitas air. Hasil penilaian tersebut dikirim ke aplikasi Blynk untuk memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna sesuai dengan kondisi kualitas air yang terdeteksi. Evaluasi dilakukan melalui uji coba selama sembilan hari guna memastikan keandalan dan respons sistem dalam berbagai kondisi air, sehingga sistem mampu memberikan peringatan kualitas air secara real-time, akurat, dan efisien.

2.2 Flowchart Sistem



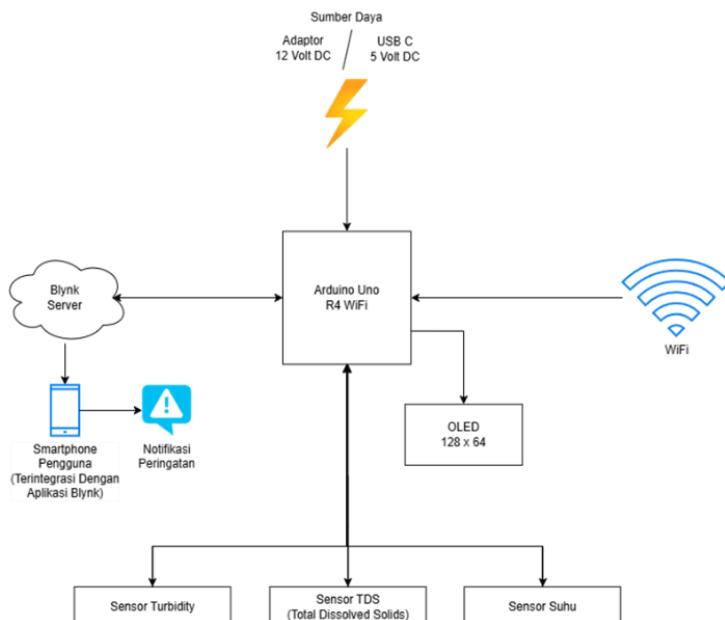
Gambar 2. Flowchart Sistem

Pada Gambar 2, Alur kerja sistem pemantauan kualitas air akuarium ikan mas koki berbasis Internet of Things (IoT) dengan logika fuzzy Sugeno dimulai dengan tahap inisialisasi Arduino R4 WiFi yang akan terhubung ke server Blynk. Setelah koneksi berhasil, sistem secara kontinu melakukan pembacaan data dari sensor suhu, TDS (Total Dissolved Solids), dan turbidity untuk mendapatkan nilai parameter kualitas air secara real-time, yang informasinya juga ditampilkan secara langsung pada layar OLED. Nilai-nilai sensor ini kemudian diproses lebih lanjut melalui serangkaian tahapan dalam logika fuzzy Sugeno: diawali dengan proses fuzzifikasi di mana nilai numerik sensor diubah menjadi himpunan fuzzy, dilanjutkan dengan evaluasi aturan-aturan fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian aplikasi fungsi implikasi atau agregasi, dan diakhiri dengan proses defuzzifikasi untuk menghasilkan satu nilai numerik (crisp) yang merepresentasikan kondisi kualitas air akuarium secara keseluruhan. Output crisp dari proses fuzzy ini selanjutnya



digunakan oleh modul kelola notifikasi untuk menentukan kategori kualitas air apakah 'Sangat Buruk' (jika nilai output fuzzy >80), 'Buruk' (jika >60), 'Cukup' (jika >40), 'Baik' (jika >20), atau 'Sangat Baik' (jika ≤ 20). Berdasarkan kategori tersebut, notifikasi peringatan kualitas air secara otomatis dikirimkan ke smartphone pengguna melalui aplikasi Blynk, dan tampilan data pada OLED juga akan diperbarui sesuai kondisi terkini. Sistem akan terus menjalankan siklus pembacaan, pemrosesan, dan notifikasi ini selama tidak ada perintah penonaktifan dari pengguna; jika sistem dinonaktifkan, maka seluruh proses akan dihentikan. Alur ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk bekerja secara otomatis, real-time, dan efisien guna menjaga kondisi air tetap ideal bagi ikan mas koki.

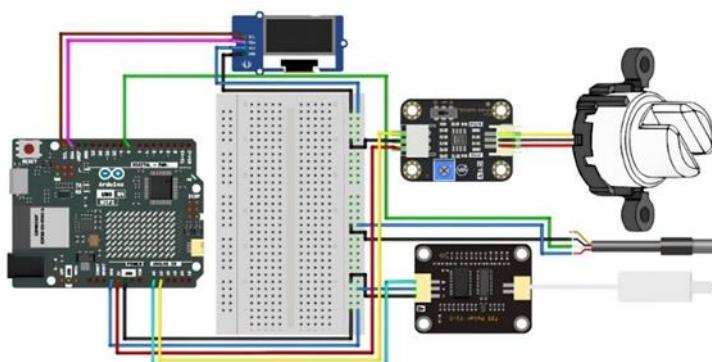
2.3 Block Diagram Sistem



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Sistem monitoring kualitas air akuarium ini dirancang dengan sejumlah komponen yang saling terhubung secara sinergis untuk mendukung pemantauan secara waktu nyata (real-time). Pada gambar 3, mikrokontroler Arduino Uno R4 WiFi bertindak sebagai pusat pengendali yang bertugas memproses data dari berbagai sensor, seperti sensor kekeruhan (turbidity), TDS (Total Dissolved Solids), dan suhu air. Selain itu, perangkat ini juga memungkinkan koneksi ke internet melalui modul WiFi yang telah terintegrasi. Sensor-sensor tersebut bekerja untuk mengukur parameter lingkungan akuarium, yakni kejernihan air, tingkat zat terlarut, serta suhu. Informasi hasil pengukuran ditampilkan langsung melalui layar OLED 128x64, sekaligus dikirim ke Blynk Server, yang berfungsi sebagai media penyimpanan serta penghubung data menuju aplikasi Blynk IoT yang terinstal di ponsel pengguna. Dengan aplikasi ini, pemilik akuarium dapat memantau kondisi air secara langsung dari perangkat seluler mereka dan menerima notifikasi otomatis ketika terjadi perubahan yang berada di luar batas normal. Seluruh sistem ini dijalankan dengan bantuan catu daya sebagai sumber energi utama yang menjamin kelancaran operasional tiap komponen.

2.4 Skema Rangkaian Alat



Gambar 4. Skema Rangkaian Alat

Pada gambar 4, rangkaian sistem berbasis Arduino Uno R4 WiFi yang terhubung dengan berbagai komponen untuk pemantauan kualitas air. Rangkaian menggunakan breadboard sebagai penghubung kabel antar komponen. Di bagian atas terdapat OLED display yang digunakan untuk menampilkan data secara real-time. Beberapa sensor terhubung



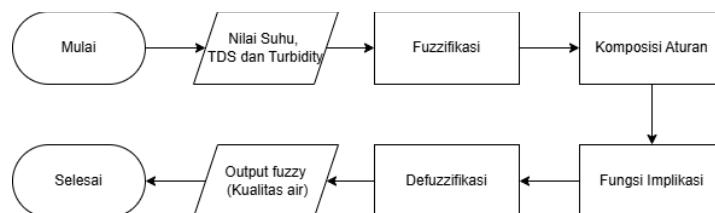
ke Arduino, seperti sensor turbidity (untuk mengukur kekeruhan air), sensor TDS (untuk mengukur Total Dissolved Solids / padatan zat yang terlarut), dan sensor suhu (untuk mengukur suhu air). Kabel dengan warna berbeda menunjukkan koneksi VCC (daya), GND (ground), dan data pin dari masing-masing sensor ke pin input/output Arduino. Rangkaian ini memungkinkan pengumpulan data dari sensor, pemrosesan melalui Arduino, dan penampilan hasil melalui OLED display atau perangkat lain yang terhubung. Konfigurasi pin keseluruhan sistem dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Konfigurasi Pin Keseluruhan

Nama Komponen	Asal	Tujuan
128x64 OLED	SCL	SCL
	SDA	SDA
	VCC	3.3V DC
	GND	GND
	Data	A1
	VCC	5V DC
Sensor Tubidity	GND	GND
	Data	D8
	VCC	5V DC
Sensor Suhu	GND	GND
	Data	A0
	VCC	5V DC
Sensor TDS	GND	GND
	Data	A0
	VCC	5V DC
	GND	GND

Konfigurasi pin untuk keseluruhan sistem ini, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1, dirancang untuk mengintegrasikan semua komponen secara fungsional ke dalam mikrokontroler. Layar 128x64 OLED berkomunikasi melalui protokol L2C dengan menghubungkan pin SCL dan SDA ke pin mikrokontroler yang sesuai, dan ditenagai oleh sumber 3.3V DC. Untuk pengumpulan data, sensor-sensor yang menghasilkan output analog seperti sensor turbidity dan sensor TDS masing-masing terhubung ke pin analog A1 dan A0 agar nilainya dapat dibaca. Sementara itu, sensor suhu yang berkomunikasi secara digital terhubung ke pin digital D8. Semua sensor ini (turbidity, suhu, dan TDS) mendapatkan pasokan daya yang sama dari sumber 5V DC. Terakhir, seluruh komponen dihubungkan ke pin Ground (GND) untuk melengkapi sirkuit, memastikan setiap bagian dapat beroperasi dengan benar sesuai dengan protokol komunikasinya masing-masing, baik itu analog, digital, maupun L2C.

2.5 Perancangan Fuzzy Logic

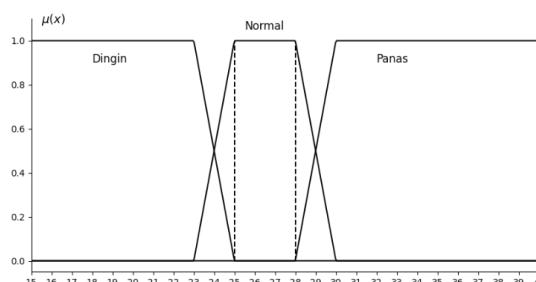


Gambar 5. Flowchart Fuzzy Sistem

Berdasarkan flowchart Gambar 5, proses menerapkan logika fuzzy dengan metode Sugeno yang digunakan untuk menentukan kualitas air akuarium ikan mas koki berdasarkan tiga parameter, yaitu suhu, kekeruhan (turbidity), dan TDS (Total Dissolved Solids). Penerapan metode logika fuzzy Sugeno melibatkan empat tahapan utama, yaitu:

a. Fuzzifikasi (Menentukan Himpunan Fuzzy)

Proses fuzzifikasi dalam sistem ini mengolah tiga input utama yang diperoleh dari sensor suhu, sensor TDS, dan sensor turbidity. Ketiga data tersebut awalnya berada dalam bentuk nilai kaku (crisp), yang kemudian dikonversi menjadi nilai fuzzy melalui fungsi keanggotaan. Dalam hal ini, sensor suhu dikategorikan ke dalam tiga tingkat kondisi berdasarkan fungsi keanggotaan, yaitu: dingin, normal, dan panas. Berikut adalah perancangan himpunan fuzzifikasi variabel suhu :

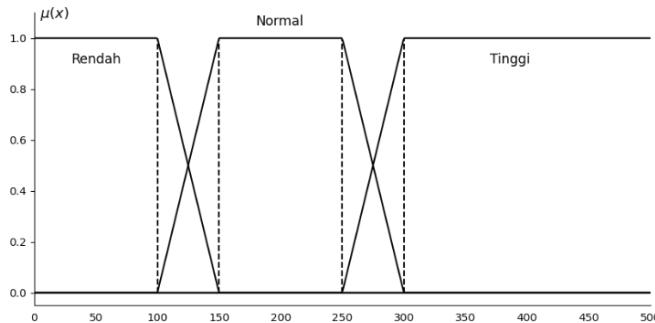


Gambar 6. Kurva Fungsi Keanggotaan Suhu



$$\begin{aligned}\mu_{dingin}(x) &= \begin{cases} 1, & \text{untuk } x \leq 23 \\ \frac{x-23}{25-23}, & \text{untuk } 23 \leq x \leq 25 \\ 0, & \text{untuk } x \geq 25 \end{cases} \\ \mu_{normal}(x) &= \begin{cases} \frac{x-23}{25-23}, & \text{untuk } 23 \leq x \leq 25 \\ 1, & \text{untuk } 25 \leq x \leq 28 \\ \frac{30-x}{30-28}, & \text{untuk } 28 \leq x \leq 30 \\ 0, & \text{untuk } x \geq 30 \end{cases} \\ \mu_{panas}(x) &= \begin{cases} 0, & \text{untuk } x \leq 25 \\ \frac{x-28}{30-28}, & \text{untuk } 28 \leq x \leq 30 \\ 1, & \text{untuk } x \geq 30 \end{cases}\end{aligned}$$

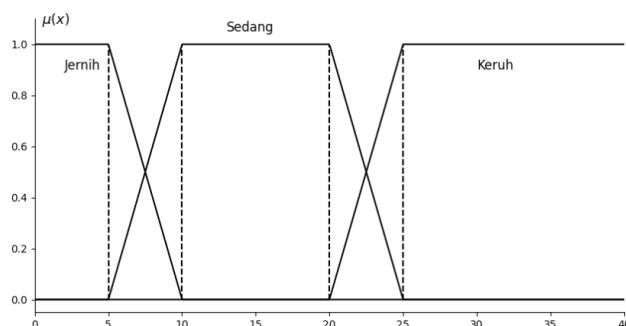
Fungsi keanggotaan sensor TDS memiliki 3 kondisi yaitu rendah, sedang dan tinggi. Berikut ini adalah perancangan himpunan fuzzifikasi variabel TDS :



Gambar 7. Kurva Fungsi Keanggotaan TDS

$$\begin{aligned}\mu_{rendah}(x) &= \begin{cases} 1, & \text{untuk } x \leq 100 \\ \frac{x-100}{150-100}, & \text{untuk } 100 \leq x \leq 150 \\ 0, & \text{untuk } x \geq 150 \end{cases} \\ \mu_{sedang}(x) &= \begin{cases} \frac{x-100}{150-100}, & \text{untuk } 100 \leq x \leq 150 \\ 1, & \text{untuk } 150 \leq x \leq 250 \\ \frac{300-x}{300-250}, & \text{untuk } 250 \leq x \leq 300 \\ 0, & \text{untuk } x \geq 300 \end{cases} \\ \mu_{tinggi}(x) &= \begin{cases} 0, & \text{untuk } x \leq 250 \\ \frac{x-250}{300-250}, & \text{untuk } 250 \leq x \leq 300 \\ 1, & \text{untuk } x \geq 300 \end{cases}\end{aligned}$$

Fungsi keanggotaan sensor Turbidity memiliki 3 kondisi yaitu jernih, sedang dan keruh. Berikut ini adalah perancangan himpunan fuzzifikasi variabel Turbidity :



Gambar 8. Kurva Fungsi Keanggotaan Turbidity

$$\begin{aligned}\mu_{jernih}(x) &= \begin{cases} 1, & \text{untuk } x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10-5}, & \text{untuk } 5 \leq x \leq 10 \\ 0, & \text{untuk } x \geq 10 \end{cases} \\ \mu_{sedang}(x) &= \begin{cases} \frac{x-5}{10-5}, & \text{untuk } 5 \leq x \leq 10 \\ 1, & \text{untuk } 10 \leq x \leq 20 \\ \frac{25-x}{25-20}, & \text{untuk } 20 \leq x \leq 25 \\ 0, & \text{untuk } x \geq 25 \end{cases}\end{aligned}$$



$$\mu_{keruh}(x) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } x \leq 20 \\ \frac{x-20}{25-20}, & \text{untuk } 20 \leq x \leq 25 \\ 1, & \text{untuk } x \geq 25 \end{cases}$$

Pada penelitian ini, Output yang diharapkan dari nilai fuzzy adalah kualitas air akuarium yang berfungsi sebagai parameter untuk menentukan apakah air tersebut layak bagi kondisi ikan mas koki. Nilai kualitas air akuarium akan ditetapkan dalam rentang 0 hingga 100, yang mencerminkan kondisi air untuk ikan mas koki. Dari penilaian ini, sistem akan memantau keadaan air dan memberikan notifikasi kepada pengguna melalui smartphone apabila diperlukan [22].

Tabel 2. Domain Kualitas Air

Kualitas Air	Domain
Sangat Baik	< 20
Baik	20 - 40
Cukup	40 - 60
Buruk	60 - 80
Sangat Buruk	> 80

b. Tahap Penentuan dan Evaluasi Rule

Aturan-aturan ditetapkan melalui penggabungan setiap kondisi dari variabel yang tersedia, yang dikenal sebagai aturan keputusan. Setiap aturan terdiri atas dua kondisi awal (anteseden) yang dihubungkan menggunakan operator logika DAN. Hubungan antara input dan output direpresentasikan dengan bentuk logika JIKA-MAKA. Berikut aturan rule fuzzy pada sistem monitoring ini.

Tabel 3. Fuzzy Rule

No Aturan	Pemeta	Suhu	Operator	TDS	Operator	Turbidity	Pemeta	Output
1	JIKA	Dingin	DAN	Rendah	DAN	Jernih	MAKA	Cukup
2		Dingin		Rendah		Sedang		Cukup
3		Dingin		Rendah		Keruh		Buruk
4		Dingin		Sedang		Jernih		Baik
5		Dingin		Sedang		Sedang		Baik
6		Dingin		Sedang		Keruh		Buruk
7		Dingin		Tinggi		Jernih		Buruk
8		Dingin		Tinggi		Sedang		Buruk
9		Dingin		Tinggi		Keruh		Buruk
10		Normal		Rendah		Jernih		Cukup
11		Normal		Rendah		Sedang		Cukup
12		Normal		Rendah		Keruh		Buruk
13		Normal		Sedang		Jernih		Sangat Baik
14		Normal		Sedang		Sedang		Baik
15		Normal		Sedang		Keruh		Buruk
16		Normal		Tinggi		Jernih		Buruk
17		Normal		Tinggi		Sedang		Buruk
18		Normal		Tinggi		Keruh		Buruk
19		Panas		Rendah		Jernih		Buruk
20		Panas		Rendah		Sedang		Buruk
21		Panas		Rendah		Keruh		Sangat Buruk
22		Panas		Sedang		Jernih		Baik
23		Panas		Sedang		Sedang		Cukup
24		Panas		Sedang		Keruh		Buruk
25		Panas		Tinggi		Jernih		Buruk
26		Panas		Tinggi		Sedang		Buruk
27		Panas		Tinggi		Keruh		Sangat Buruk

c. Fungsi Implikasi

Setelah tahap penetuan rule (rule base) selesai diterapkan, sistem akan melanjutkan ke proses infrensi. Pada tahap ini, setiap aturan diuji dalam pengambilan keputusan dengan fungsi min, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke-i dan dapat dinyatakan dengan:

$$\alpha_i = \mu_{Ai}(x) \cap \mu_{Bi}(x) = \min * (\mu_{Ai}(x), \mu_{Bi}(x)) \quad (1)$$



Pada rumus (1), simbol ai merepresentasikan nilai minimum dari dua himpunan kabur, A dan B, pada aturan ke-i. Untuk menghitung nilai tersebut, digunakan derajat keanggotaan x dari himpunan kabur A, yang dilambangkan dengan $\mu_{Ai}(x)$, dan derajat keanggotaan x dari himpunan kabur B, yang dilambangkan dengan $\mu_{Bi}(x)$. Nilai ai merupakan hasil pengambilan nilai minimum antara $\mu_{Ai}(x)$ dan $\mu_{Bi}(x)$. Selain itu, derajat keanggotaan konsekuensi dari himpunan kabur C pada aturan yang sama dinyatakan dengan $\mu_{Ci}(x)$.

d. Tahap Fuzzifikasi

Pada proses defuzzifikasi, input yang digunakan berasal dari nilai fuzzy yang diperoleh melalui komposisi aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat sebelumnya. Sedangkan output yang dihasilkan adalah nilai yang berada dalam rentang himpunan fuzzy tersebut. Artinya, setelah mendapatkan himpunan fuzzy dalam rentang tertentu, sistem harus bisa menghasilkan nilai crisp (nilai pasti) sebagai output. Dalam metode Sugeno, defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata tertimbang (weighted average). Proses ini dilakukan untuk mendapatkan nilai crisp yang mewakili kondisi sistem berdasarkan hasil evaluasi aturan fuzzy yang telah diterapkan.

$$W_A = \frac{\sum_{i=1}^N a_i z_i}{\sum_{i=1}^N a_i} \quad (2)$$

Rumus (2) merupakan perhitungan nilai rata-rata terbobot, yang dinyatakan dengan simbol W_A . Nilai ini diperoleh melalui penjumlahan dari hasil kali antara predikat ke-i, yang dilambangkan dengan a_i , dan konsekuensi ke-i yang dilambangkan dengan z_i , di mana penjumlahan ini dilakukan dari indeks 1 hingga N. Sebagai tambahan, total dari semua predikat ke-i tersebut digunakan sebagai penyebut dalam rumus, sehingga menghasilkan perhitungan yang proporsional sesuai bobot masing-masing predikat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rancang Bangun Prototype

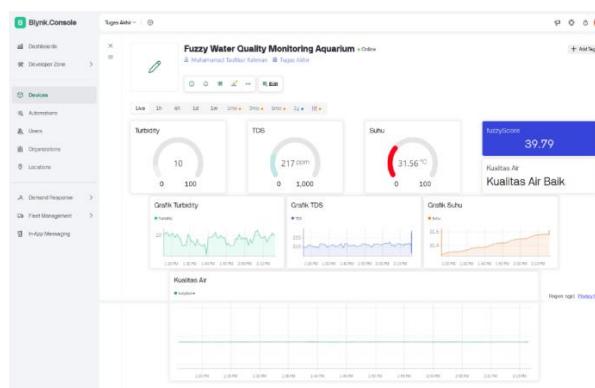


Gambar 9. Tampilan Prototipe Alat Monitoring

Perancangan alat dalam penelitian ini seperti pada gambar 9, dibagi menjadi dua bagian utama yang saling terintegrasi. Bagian pertama adalah sebuah wadah atau kotak pelindung yang berfungsi untuk menyimpan dan mengorganisasi seluruh komponen inti sistem, seperti Arduino Uno R4 WiFi, layar OLED, dan perangkat pendukung lainnya. Sementara itu, bagian kedua terdiri dari sensor-sensor seperti sensor suhu, TDS, dan kekeruhan, yang dirancang agar dapat langsung ditempatkan di dalam media air, seperti akuarium. Koneksi antara sensor dan modul pengendali dilakukan melalui jalur kabel, memungkinkan pengambilan data secara langsung dari lingkungan air tanpa harus menempatkan seluruh perangkat keras ke dalam air, sehingga sistem tetap terlindungi dan mudah dalam perawatan.

3.2 Tampilan Blynk

Berikut merupakan tampilan antarmuka Blynk Cloud Website pada sistem Pemantauan kualitas air akuarium yang menggunakan metode Fuzzy Sugeno.



Gambar 10. Tampilan Blink Cloud Website



Berikut merupakan tampilan antarmuka aplikasi Blynk pada smartphone untuk Pemantauan kualitas air akuarium yang menggunakan metode Fuzzy Sugeno.



Gambar 11. Tampilan *Blynk* pada *smartphone*

3.3 Pengujian Rule Fuzzy Pada Alat

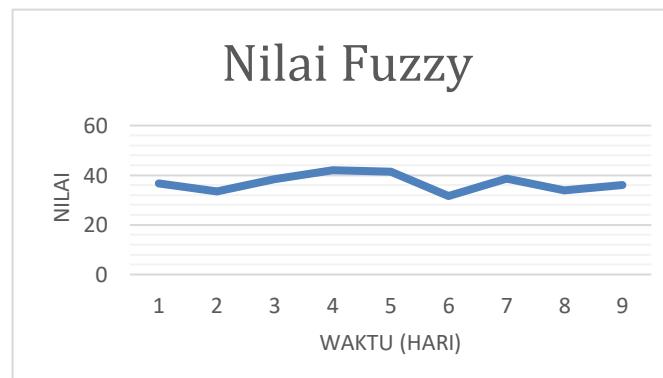
Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan oleh peneliti. Hasil pengujian ini dicatat dalam Tabel 3, yang memuat informasi mengenai waktu pelaksanaan, tanggal pengujian, hasil pengukuran suhu, TDS dan Turbidity, serta status kualitas air yang terdeteksi.

Tabel 4. Fuzzy Rule

Hari ke	Waktu (WIB)	Tanggal	Nilai Suhu (°C)	Nilai TDS (ppm)	Nilai Turbidity (NTU)	Nilai Fuzzy	Kualitas Air
1	07.05	Senin, 26 Mei 2025	31,1	217,4	10,5	36,6	Baik
2	07.12	Selasa, 27 Mei 2025	31,3	252,9	10,2	33,5	Baik
3	07.30	Rabu, 28 Mei 2025	31	256,5	8,9	38,3	Baik
4	07.01	Kamis, 29 Mei 2025	31	278,5	8,7	42	Cukup
5	07.45	Jumat, 30 Mei 2025	31,4	285,1	7,7	41,3	Cukup
6	07.18	Sabtu, 31 Mei 2025	29,5	288,1	6,7	31,6	Baik
7	07.11	Minggu, 1 Juni 2025	30,5	315,9	8,8	38,6	Baik
8	07.09	Senin, 2 Juni 2025	31,1	264,9	5,5	33,8	Baik
9	07.00	Selasa, 3 Juni 2025	30,8	238	5,7	36	Baik

3.4 Pengujian Data Pada Aplikasi Blynk dan Pada Alat Monitoring

Pengujian pada modul OLED dan aplikasi Blynk.IoT dilakukan untuk menilai kesesuaian dan akurasi tampilan data dari kedua output tersebut. Dalam proses ini, hasil yang muncul pada layar OLED dibandingkan secara langsung dengan data yang ditampilkan di aplikasi Blynk.IoT secara waktu nyata (real-time). Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa informasi yang dikirim oleh sistem dapat ditampilkan secara serempak dan akurat, baik melalui tampilan fisik di OLED maupun melalui platform digital Blynk.IoT. Dengan demikian, pengguna dapat melakukan pemantauan data dengan akurat, baik dari jarak dekat maupun dari lokasi yang jauh.



Gambar 12. Grafik Nilai Pada OLED



Gambar 13. Grafik Nilai Pada Blynk

3.5 Pengujian Notifikasi Peringatan Kualitas Air Akuarium

Pengujian notifikasi kualitas air pada akuarium ikan mas koki bertujuan untuk memastikan sistem dapat memberikan informasi dengan cepat dan tepat ketika terjadi penurunan kualitas air. Pada pengujian ini, sensor yang dipasang pada akuarium memantau parameter kualitas air seperti Turbidity, TDS, dan suhu. Jika nilai-nilai tersebut melampaui batas yang telah ditetapkan, sistem akan secara otomatis mengirimkan notifikasi ke smartphone pengguna melalui aplikasi yang terhubung. Notifikasi ini akan memberi peringatan mengenai kondisi kualitas air yang tidak sesuai, sehingga pengguna dapat segera mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk menjaga kesejahteraan ikan mas koki dalam akuarium. Gambar 14 menampilkan hasil dari notifikasi yang mengklasifikasikan kualitas air menjadi Sangat Baik, Baik, Sedang, Buruk, dan Sangat Buruk.



Gambar 14. Notifikasi Peringatan Kualitas Akuarium Menggunakan Metode Fuzzy sugeno

4. KESIMPULAN

Penelitian ini secara meyakinkan membuktikan bahwa sistem pemantauan kualitas air akuarium ikan mas koki berbasis Internet of Things (IoT) dengan algoritma Fuzzy Sugeno berhasil dikembangkan secara efektif. Sistem ini terbukti mampu mengatasi tantangan pemantauan manual yang memakan waktu dan rentan inkonsistensi, dengan algoritma Fuzzy Sugeno menunjukkan keandalan dalam menangani ketidakpastian data sensorik untuk menghasilkan penilaian kualitas air yang akurat. Dengan mikrokontroler Arduino Uno R4 WiFi sebagai pusat kendali dan dukungan sensor turbidity, TDS, serta suhu DS18B20, sistem secara efisien memproses data untuk penilaian holistik. Informasi kualitas air yang ditransmisikan ke aplikasi Blynk memfasilitasi pemantauan real-time jarak jauh dan notifikasi instan, memungkinkan tindakan korektif cepat demi kesehatan ikan. Dengan demikian, implementasi sistem ini mengukuhkan kemudahan signifikan pemantauan otomatis dibandingkan metode manual, sekaligus meningkatkan keberlanjutan budidaya melalui lingkungan akuarium yang stabil dan sehat serta efisiensi operasional, sehingga memberikan kontribusi praktis bagi penghobi dan pembudidaya. Prospek pengembangan selanjutnya adalah integrasi dengan aktuator otomatis, seperti kontrol adaptif sistem filtrasi atau pemanas/pendingin, menuju solusi manajemen akuarium yang lebih otonom dan cerdas.

REFERENCES

- [1] P. A. Rosyady and M. A. Agustian, "Sistem Monitoring dan Kontrol Keasaman Larutan dan Suhu Air pada Kolam Ikan Mas Koki dengan Smartphone Berbasis IoT," *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 2, pp. 169–188, 2022, doi: 10.31358/techn.e.v21i2.317.



- [2] B. M. Rusdi and Z. A. I. Supardi, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING pH, SUHU DAN ZAT TERLARUT PADA AIR AKUARIUM IKAN MAS KOKI BERBASIS IOT DENGAN NODEMCU ESP32," *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, vol. Volume 12, pp. 77–86, 2023.
- [3] T. H. Rochadiani, H. Santoso, W. Widjaja, U. D. N. Arikoh, R. A. S. Rahayu, and Y. Natasya, "Rancang Bangun Sistem IoT Untuk Peternakan Ikan Hias Koki Dan Molly," *Jurnal Teknik Informasi dan Komputer (Tekinkom)*, vol. 5, no. 2, p. 210, 2022, doi: 10.37600/tekinkom.v5i2.660.
- [4] M. Basri and J. A. Surbakti, "Rancang Bangun Akuarium Portable Menggunakan Teknologi Internet Of Things Untuk Budidaya Ikan Hias," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 11, no. 01, pp. 47–54, 2023, doi: 10.23960/jtaf.v10i2.3146.
- [5] U. F. S. Sitorus Pane and I. A. Andriyani, "Sistem Pendekripsi Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD)*, vol. 7, no. 1, p. 84, 2024, doi: 10.53513/jsk.v7i1.9562.
- [6] K. S. Bu'u, N. Nachrowie, and E. Sonalitha, "Monitoring Kualitas Air pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT)," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 184–190, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i2.321.
- [7] M. Wicaksono, B. Fatkhurrozi, and H. Teguh Setiawan, "Sistem Monitoring Jarak Jauh Pada Peternakan Kandang Ayam Petelur Terintegrasi Telegram," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 3, no. 2, pp. 419–436, 2024.
- [8] P. Ihwal Wiralaksana, W. Setyo Pembudi, and I. Masfufiah, "BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering Sistem Kendali Dan Monitoring Penyiraman Tanaman Cabai Menggunakan Metode Fuzzy Dengan Aplikasi Telegram," *Media Online*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [9] A. Ridho'i, K. Setyadjit, and B. E. Yordan, "Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya," *Jurnal FORTECH*, vol. 4, no. 1, pp. 20–26, 2023.
- [10] M. R. Satriawan, G. Priyandoko, and S. Setiawidayat, "Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 12–17, 2023, doi: 10.37905/jjeee.v5i1.16083.
- [11] S. Bella, "Implementasi Smart Akuarium Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Salma Akuarium Ikan Hias," *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, vol. 7, no. 2, pp. 322–330, 2023, doi: 10.59697/jtik.v7i2.127.
- [12] Siti Ma'shumah, Ellys Kumala Pramarthaningthyas, and Fathur Rohman, "Sistem Monitoring Pemberian Pakan Ikan Di Aquarium Ikan Hias Menggunakan Aplikasi Blynk Dengan Memanfaatkan Teknologi IoT," *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 2, no. 3, pp. 13–26, 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i3.194.
- [13] A. R. Duta, E. Nasrullah, and S. R. Sulistiyantri, "Pengendalian Kualitas Air Pada Akuarium Ikan Hias Mas Koki Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IoT (Internet of Things)," vol. 13, no. 1, pp. 501–513, 2025.
- [14] E. M. Indrawati, B. Suprianto, and U. T. Kartika, "Pemberi Pakan Ikan Otomatis berbasis IoT dengan FLC Berdasarkan Kualitas Air (Suhu , PH , Kekeruhan)," vol. 13, no. 3, pp. 383–394, 2024.
- [15] A. W. Al-Mutairi and K. M. Al-Aubidy, "IoT-Based Smart Monitoring and Management System for Fish Farming," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 12, no. 3, pp. 1435–1446, 2023, doi: 10.11591/eei.v12i3.3365.
- [16] M. A. Kharim, T. Andrasto, A. F. Suni, and K. Fathoni, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Reverse Osmosis (RO) Menggunakan Fuzzy Logic Metode Sugeno Berbasis Internet of Things," vol. 5, pp. 124–148, 2025.
- [17] A. Baiki, I. Lutfi, and P. Risma, "Implementasi Sistem Kendali Pompa Otomatis Menggunakan Fuzzy Logic Sugeno Pada Panyiraman Tanaman Bawang Merah di Kelompok Wanita Tani Kemuning," *Jurnal Teliska*, vol. 18, no. I, pp. 39–47, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15052688.
- [18] A. Suryadi and A. Romansyah, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani, Tsukamoto Dan Sugeno Untuk Optimasi Planning Produksi pada Produk Dea-Tea," *Jurnal Esensi Infokom : Jurnal Esensi Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 77–84, 2024, doi: 10.55886/infokom.v8i1.865.
- [19] B. D. Prasetyo, E. Widodo, and D. Ardiyatma, "Sistem Monitoring Kualitas Air Sumur Berbasis IoT Dengan Fuzzy Logic dan Interface Berbasis Web," vol. 11, no. 1, pp. 5–8, 2025.
- [20] D. Ariefianto, A. Sasmito, and A. Wahid, "Pemanfaatan Metode Fuzzy Untuk Budidaya Ikan Tombro Beberasis IoT (internet of Thing)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, no. 1, pp. 138–145, 2021.
- [21] A. S. Putra, S. Budiprayitno, and L. P. Rahayu, "Perancangan Sistem Kontrol pH dan Suhu Air Menggunakan Metode Fuzzy dan Terintregasi dengan Internet of Things (IoT) pada Budidaya Ikan Hias," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 2, pp. 444–449, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.74902.
- [22] A. Maulana and N. Ratama, "Sistem Monitoring dan Controlling Tingkat Kekeruhan Air pada Aquarium Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino Uno," *JORAPI : Journal of Research and Publication Innovation*, vol. 1, no. 2, pp. 167–171, 2023.