



Smart Aquarium berbasis Internet of Things menggunakan Metode Fuzzy Logic untuk Otomatisasi Pemeliharaan dan Monitoring Kondisi Aquarium

Ahmad Fatnan Ali *, Muslim Hidayat, Nahar Mardiyantoro

Program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al Qur'an, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): fatnanali12345@gmail.com

Abstrak. Pemeliharaan ikan hias memerlukan pengawasan yang berkelanjutan terhadap kualitas air dan ketepatan pemberian pakan agar kondisi lingkungan tetap optimal. Namun, proses pemeliharaan yang masih dilakukan secara manual sering menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kualitas air sehingga dapat berdampak pada kesehatan dan pertumbuhan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem Smart Aquarium berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Fuzzy Logic guna melakukan monitoring kondisi akuarium serta mendukung otomatisasi pemeliharaan secara real-time. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor suhu DS18B20, sensor kekeruhan (turbidity sensor), motor servo sebagai pemberi pakan otomatis, modul relay sebagai pengendali perangkat, serta platform IoT untuk menampilkan data hasil monitoring. Metode Fuzzy Logic digunakan untuk mengolah data sensor sehingga sistem mampu menentukan kondisi akuarium dan menghasilkan keputusan otomatis berdasarkan aturan (rule base) yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan terhadap setiap komponen perangkat keras, komunikasi IoT, serta implementasi metode Fuzzy Logic untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring suhu dan tingkat kekeruhan air secara real-time, mengirimkan data ke platform IoT, memberikan notifikasi ketika kondisi berada di luar batas normal, serta menjalankan fungsi otomatisasi sesuai hasil inferensi Fuzzy Logic. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemeliharaan akuarium serta membantu pengguna menjaga kualitas lingkungan akuarium secara berkelanjutan.

Kata kunci: Smart Aquarium; Internet of Things; Fuzzy Logic; Monitoring; ESP32

Abstract. The maintenance of ornamental fish requires continuous monitoring of water quality and timely feeding to ensure optimal environmental conditions. However, manual maintenance practices often result in delays in detecting changes in water quality, which may negatively affect fish health and growth. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based Smart Aquarium using the Fuzzy Logic method to perform real-time aquarium monitoring and support automated maintenance. The proposed system employs an ESP32 microcontroller integrated with a DS18B20 temperature sensor, a turbidity sensor, a servo motor for automatic feeding, a relay module for device control, and an IoT platform for real-time data visualization. The Fuzzy Logic method is utilized to process sensor data and determine appropriate actions based on predefined rule sets. System evaluation was conducted by testing the hardware components, IoT communication, and the implementation of the Fuzzy Logic algorithm to assess overall system performance. The results demonstrate that the proposed system is capable of monitoring water temperature and turbidity in real time, transmitting sensor data to the IoT platform, providing notifications when water conditions exceed predefined thresholds, and performing automated

control based on Fuzzy Logic inference. Therefore, the developed system can improve the effectiveness and efficiency of aquarium maintenance while assisting users in maintaining optimal water quality and ensuring a healthier environment for ornamental fish.

Keywords: : Smart Aquarium; Internet of Things; Fuzzy Logic; Real-Time Monitoring; ESP32

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan dampak yang signifikan terhadap berbagai bidang, termasuk akuakultur dan pemeliharaan ikan hias. Salah satu ikan hias yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah ikan Channa (Armando & Monalisa, 2021). Popularitas ikan Channa terus meningkat karena memiliki bentuk tubuh yang unik, warna yang menarik, serta nilai jual yang relatif tinggi sehingga banyak dipelihara oleh penghobi maupun pembudidaya. Meningkatnya jumlah penghobi ikan Channa menyebabkan kebutuhan akan sistem pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien juga semakin tinggi. Kondisi tersebut menuntut adanya teknologi yang mampu membantu pemilik dalam menjaga kualitas lingkungan akuarium secara berkelanjutan agar pertumbuhan dan kesehatan ikan tetap optimal (Hamid et al., 2023).

Keberhasilan pemeliharaan ikan Channa sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan akuarium, terutama suhu air, tingkat kekeruhan, dan keteraturan pemberian pakan. Ketiga parameter tersebut berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan, kesehatan, serta tingkat kelangsungan hidup ikan. Perubahan suhu yang berada di luar kisaran optimal maupun meningkatnya tingkat kekeruhan air dapat menyebabkan ikan mengalami stres, menurunkan sistem kekebalan tubuh, menghambat pertumbuhan, bahkan meningkatkan risiko kematian apabila tidak segera ditangani (Febriansyah & Hidayah, n.d.). Selain berdampak terhadap kesehatan ikan, kondisi tersebut juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi bagi penghobi maupun pembudidaya karena ikan Channa memiliki nilai jual yang relatif tinggi. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air secara cepat, akurat, dan berkelanjutan menjadi aspek yang sangat penting dalam mendukung keberhasilan pemeliharaan ikan Channa (Marianis et al., 2022).

Pada praktiknya, sebagian besar pemilik akuarium masih melakukan pemantauan kondisi air dan pemberian pakan secara manual. Cara tersebut memiliki berbagai keterbatasan, terutama ketika pemilik memiliki aktivitas yang padat atau berada di luar rumah dalam waktu yang lama. Kondisi tersebut sering menyebabkan keterlambatan pemberian pakan, perubahan suhu air yang tidak segera diketahui, serta meningkatnya tingkat kekeruhan akibat penumpukan sisa pakan dan kotoran ikan (Herawati et al., 2021). Keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kualitas air menyebabkan tindakan penanganan tidak dapat dilakukan secara cepat sehingga berpotensi memperburuk kondisi lingkungan akuarium. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa proses pemantauan manual tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan pemeliharaan ikan hias yang memerlukan pengawasan secara terus-menerus. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring dan pengendalian otomatis yang mampu bekerja secara real-time tanpa bergantung sepenuhnya pada keberadaan pemilik akuarium (Haq et al., 2024).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui sistem monitoring yang mampu melakukan pengamatan kondisi akuarium secara *real-time* (Sandy et al., n.d.). Dengan memanfaatkan sensor yang terhubung ke internet, data kualitas air dapat dikirimkan secara langsung ke platform

monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi akuarium kapan pun dan dari mana pun. Selain itu, integrasi perangkat IoT dengan aktuator memungkinkan sistem tidak hanya melakukan monitoring, tetapi juga mengendalikan perangkat secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi (Setiawan & Sonalitha, 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem *smart aquarium* berbasis IoT untuk melakukan monitoring kondisi akuarium secara *real-time*. Penelitian oleh (Andhika et al., n.d.). mengembangkan sistem monitoring suhu dan kualitas air berbasis IoT yang memungkinkan pengguna memantau kondisi akuarium dari jarak jauh. Penelitian lain oleh (Bella et al., 2023). serta (Febriansyah & Hidayah, n.d.) mengintegrasikan fungsi pemberian pakan otomatis pada sistem akuarium cerdas. Sementara itu, (Susilo et al., 2021). memanfaatkan sensor suhu DS18B20 untuk pemantauan kondisi air, sedangkan Hidayat mengembangkan sistem pendeteksi kekeruhan menggunakan sensor turbidity. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada fungsi monitoring atau otomatisasi tertentu secara terpisah serta belum mengintegrasikan mekanisme pengambilan keputusan cerdas berdasarkan beberapa parameter kualitas air secara bersamaan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode Fuzzy Mamdani yang memproses dua parameter kualitas air, yaitu suhu dan tingkat kekeruhan, secara bersamaan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengendalikan tiga aktuator, yaitu heater, kipas, dan pompa air, dalam satu sistem Smart Aquarium berbasis IoT yang didukung komunikasi MQTT dan dashboard monitoring berbasis web. Berbeda dengan penelitian Andhika dkk. yang berfokus pada monitoring kondisi akuarium serta Bella dkk. yang menitikberatkan pada otomatisasi pemberian pakan, penelitian ini mengintegrasikan fungsi monitoring, pengambilan keputusan cerdas berbasis Fuzzy Mamdani, komunikasi data *real-time*, penyimpanan berbasis cloud, dan pengendalian beberapa aktuator secara terpadu dalam satu sistem. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi berupa sistem Smart Aquarium yang lebih komprehensif, adaptif, dan mampu mendukung proses pemeliharaan ikan Channa secara otomatis dan berkelanjutan.

Metode Fuzzy Logic dipilih karena memiliki kemampuan dalam menangani data yang bersifat tidak pasti serta mampu menghasilkan keputusan yang menyerupai proses pengambilan keputusan manusia. Pada penelitian ini digunakan metode Fuzzy Mamdani untuk mengolah data yang diperoleh dari sensor suhu air dan sensor kekeruhan sehingga sistem dapat menentukan kondisi kualitas air secara otomatis (Ummi Athiyah, Adela Putri Handayani, Muhammad Yusril Aldean, Novantri Prasetya Putra, 2021). Hasil inferensi digunakan sebagai dasar pengendalian pompa air melalui relay, sedangkan proses pemberian pakan dilakukan secara otomatis menggunakan motor servo sesuai jadwal yang telah ditentukan. Seluruh data sensor dan status perangkat dikirimkan ke database Supabase menggunakan protokol MQTT sehingga dapat dimonitor secara real-time melalui dashboard berbasis web (Maulana et al., 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem *Smart Aquarium* berbasis *Internet of Things* menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk melakukan monitoring kualitas air dan otomatisasi pemeliharaan ikan Channa. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor DS18B20, Turbidity Sensor, ESP32, relay, motor servo, MQTT, dan Supabase dalam satu sistem yang mampu melakukan pemantauan, pengambilan keputusan, serta pengendalian perangkat secara otomatis. Kontribusi penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi

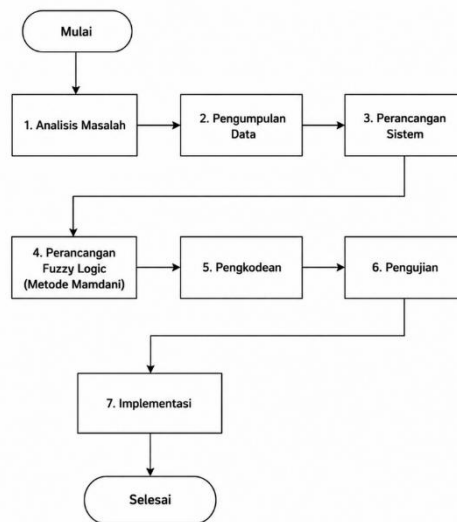
pemeliharaan ikan Channa, mengurangi ketergantungan terhadap pengawasan manual, serta menjadi salah satu implementasi *Internet of Things* dan kecerdasan buatan pada bidang akuakultur berbasis *Smart Aquarium*.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dalam mengembangkan sistem *Smart Aquarium* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk melakukan monitoring kualitas air dan otomatisasi pemeliharaan ikan Channa. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli 2026 dengan objek penelitian berupa akuarium ikan hias Channa. Parameter utama yang diamati meliputi suhu air, tingkat kekeruhan air, serta sistem pemberian pakan otomatis (Tri Ongko Priyono, 2023). Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor DS18B20 sebagai pengukur suhu air, Turbidity Sensor sebagai pengukur tingkat kekeruhan, relay sebagai pengendali pompa air, serta motor servo sebagai penggerak *automatic feeder*. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE, database Supabase, protokol komunikasi MQTT, dan dashboard berbasis web untuk menampilkan hasil monitoring secara real-time (Rizkianto, A. I., Endryansyah, E., Suprianto, B., & Rusimanto, 2017).

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui pembacaan sensor DS18B20 dan Turbidity Sensor yang terpasang pada akuarium, serta hasil pengujian aktuator berupa relay, pompa air, dan motor servo. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur yang bersumber dari jurnal ilmiah, prosiding, buku, dan referensi lain yang berkaitan dengan *Internet of Things*, *Smart Aquarium*, metode Fuzzy Mamdani, ESP32, sensor DS18B20, sensor turbidity, MQTT, dan Supabase. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, observasi terhadap kondisi akuarium, pembacaan data sensor secara real-time, serta dokumentasi berupa foto, rancangan sistem, program, dan hasil pengujian.

Tahapan penelitian diawali dengan analisis permasalahan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem monitoring dan otomatisasi pemeliharaan akuarium. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dan perancangan sistem yang meliputi penyusunan arsitektur perangkat keras, perangkat lunak, komunikasi data, serta perancangan metode Fuzzy Mamdani. Tahap berikutnya adalah implementasi sistem pada ESP32 melalui proses pengkodean menggunakan Arduino IDE, kemudian dilanjutkan dengan pengujian seluruh komponen dan implementasi sistem pada akuarium ikan Channa. Alur penelitian secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Data hasil pembacaan sensor diproses menggunakan metode Fuzzy Mamdani melalui tahapan fuzzifikasi, pembentukan fungsi keanggotaan, penyusunan basis aturan (*rule base*), inferensi, dan defuzzifikasi. Variabel masukan terdiri atas suhu air dan tingkat kekeruhan, sedangkan keluaran berupa kondisi kualitas air yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Berdasarkan hasil inferensi, sistem mengendalikan relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai kondisi kualitas air. Selain itu, motor servo bekerja secara otomatis untuk memberikan pakan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Seluruh data sensor beserta status aktuator dikirimkan ke database Supabase menggunakan protokol MQTT sehingga dapat dipantau melalui dashboard berbasis web secara real-time.

Evaluasi sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing dengan menguji fungsi setiap komponen berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) tanpa memperhatikan struktur kode program. Pengujian meliputi pembacaan sensor suhu dan kekeruhan, proses inferensi Fuzzy Mamdani, pengendalian relay dan motor servo, komunikasi data menggunakan MQTT, penyimpanan data pada Supabase, serta tampilan dashboard monitoring. Hasil pengujian digunakan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan sehingga Smart Aquarium mampu melakukan monitoring kualitas air dan otomatisasi pemeliharaan ikan Channa secara efektif dan real-time.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian disajikan berdasarkan tahapan implementasi sistem yang telah dilakukan pada metode penelitian, meliputi implementasi perangkat keras Smart Aquarium berbasis *Internet of Things*, integrasi sensor suhu DS18B20 dan sensor Turbidity dengan mikrokontroler ESP32, implementasi metode *Fuzzy Logic* sebagai pengendali otomatis, pengujian komunikasi data menggunakan protokol MQTT, serta implementasi dashboard berbasis web untuk menampilkan hasil monitoring kondisi akuarium secara *real-time*. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap kinerja sistem untuk mengevaluasi kemampuan monitoring dan pengendalian otomatis berdasarkan kondisi suhu dan kekeruhan air.

3.1. Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 dan sensor kekeruhan (*Turbidity Sensor*) yang terpasang pada sistem Smart Aquarium berbasis *Internet of Things* (IoT). Data tersebut diperoleh secara *real-time* dari kondisi air akuarium selama proses implementasi dan pengujian sistem. Parameter suhu dinyatakan dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), sedangkan tingkat kekeruhan dinyatakan dalam satuan Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

Data hasil pembacaan sensor digunakan sebagai masukan (*input*) pada metode *Fuzzy Logic* untuk menentukan kondisi akuarium dan menghasilkan keputusan pengendalian terhadap aktuator berupa *heater*, kipas pendingin, dan pompa sirkulasi air. Selain itu, sistem juga mengirimkan data sensor beserta status aktuator melalui protokol MQTT untuk disimpan pada basis data Supabase dan ditampilkan pada dashboard berbasis web secara *real-time*.

Selama proses pengujian, data dikumpulkan pada berbagai kondisi suhu dan tingkat kekeruhan air untuk merepresentasikan kondisi lingkungan akuarium yang berbeda, seperti air bersuhu rendah, normal, dan tinggi, serta kondisi air jernih hingga keruh. Variasi data tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan monitoring serta pengambilan keputusan secara otomatis berdasarkan aturan *Fuzzy Logic* yang telah dirancang

3.2. Basis Aturan Fuzzy Mamdani

Basis aturan (*rule base*) Fuzzy Mamdani digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam mengendalikan aktuator berdasarkan kondisi suhu dan kekeruhan air akuarium. Aturan disusun dari kombinasi tiga himpunan fuzzy pada variabel suhu, yaitu dingin, normal, dan panas, serta tiga himpunan fuzzy pada variabel kekeruhan, yaitu jernih, keruh sedang, dan keruh banget, sehingga menghasilkan sembilan aturan. Setiap aturan menentukan kondisi keluaran berupa aktivasi heater, kipas, dan pompa sesuai dengan kondisi air yang terdeteksi.

Basis Aturan Fuzzy (Tabel 4.2) — Baris aktif disorot

Aturan	Suhu	Kekeruhan	Heater	Kipas	Pompa
R1	Dingin	Jernih	100%	0%	0%
R2	Dingin	Keruh Sedang	100%	0%	100%
R3	Dingin	Keruh Banget	100%	0%	100%
R4	Normal	Jernih	0%	0%	0%
R5	Normal	Keruh Sedang	0%	0%	100%
R6	Normal	Keruh Banget	0%	0%	100%
R7	Panas	Jernih	0%	100%	0%
R8	Panas	Keruh Sedang	0%	100%	100%
R9	Panas	Keruh Banget	0%	100%	100%

Gambar 2. Basis Aturan Fuzzy

3.3. Hasil Pengujian Sistem Fuzzy Logic

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan metode *Fuzzy Logic* dalam menentukan keputusan pengendalian aktuator berdasarkan nilai suhu dan tingkat

kekeruhan air yang dibaca oleh sensor DS18B20 dan sensor Turbidity. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi air yang berbeda untuk memastikan bahwa setiap aturan (*rule*) fuzzy dapat bekerja sesuai dengan rancangan sistem.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Fuzzy Logic

No	Suhu	Kekeruhan	Heater	Kipas	Pompa	Hasil
1	23,8	33	Off	Off	On	Sesuai
2	23,6	29	Off	Off	Off	Sesuai
3	21,0	10	On	Off	Off	Sesuai
4	31,0	15	Off	On	Off	Sesuai
5	25,0	45	Off	Off	On	Sesuai

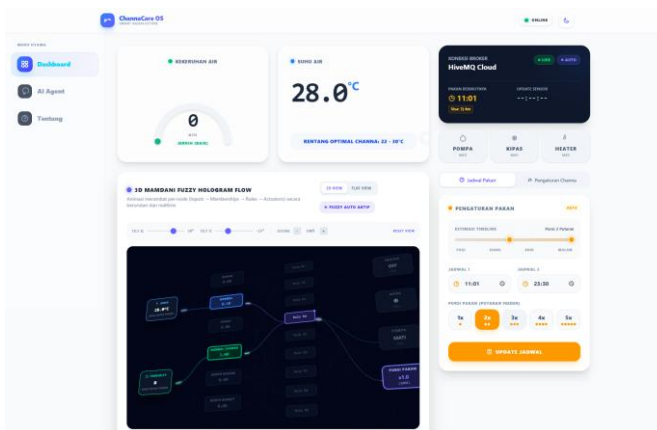
Berdasarkan Tabel 1, seluruh pengujian menunjukkan bahwa keputusan yang dihasilkan sistem telah sesuai dengan aturan *Fuzzy Logic* yang dirancang. Aktuator memberikan respons secara otomatis terhadap perubahan suhu maupun tingkat kekeruhan air sehingga proses monitoring dan pengendalian kualitas air dapat berlangsung secara optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* mampu diterapkan sebagai mekanisme pengambilan keputusan pada sistem Smart Aquarium berbasis *Internet of Things*.



Gambar 3. Hasil Pengujian Sistem Fuzzy Logic

3.4. Hasil Monitoring Berbasis Web

Hasil implementasi sistem ditampilkan melalui dashboard berbasis web yang berfungsi sebagai media monitoring kondisi akuarium secara *real-time*. Dashboard menampilkan informasi utama berupa nilai suhu air, tingkat kekeruhan, status aktuator (*heater*, kipas, dan pompa), serta informasi jadwal pemberian pakan otomatis. Seluruh data diperbarui secara langsung berdasarkan hasil pembacaan sensor yang dikirim oleh ESP32 melalui protokol MQTT dan disimpan pada basis data Supabase.



Gambar 4. Dashboard Monitoring *Smart Aquarium* Berbasis Web

Gambar 2 menunjukkan tampilan dashboard monitoring yang telah berhasil diimplementasikan. Dashboard dirancang dengan antarmuka yang sederhana sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi akuarium dari berbagai lokasi yang memiliki akses internet. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai suhu air, tingkat kekeruhan, status pompa air, serta status pemberian pakan otomatis. Selain sebagai media monitoring, dashboard juga berfungsi sebagai sarana evaluasi kinerja sistem karena seluruh hasil pembacaan sensor dan status aktuator ditampilkan secara real-time. Dengan demikian, pengguna dapat mengetahui kondisi akuarium secara cepat serta memantau keputusan yang dihasilkan oleh metode Fuzzy Mamdani dalam mengendalikan sistem secara otomatis.

3.5 Hasil Pengujian Komunikasi IoT

Pengujian komunikasi Internet of Things (IoT) dilakukan untuk mengevaluasi keandalan pertukaran data antara mikrokontroler ESP32, broker HiveMQ Cloud menggunakan protokol MQTT, dashboard monitoring berbasis web, dan basis data Supabase. Pengujian meliputi proses *publish-subscribe*, kemampuan sistem melakukan *reconnect* ketika koneksi internet terputus, mekanisme proteksi *anti-override*, serta keberhasilan penyimpanan data hasil monitoring ke database cloud. Pengujian dilakukan menggunakan jaringan Wi-Fi dengan koneksi MQTT over TLS pada port 8883, di mana ESP32 mengirimkan data sensor dan status aktuator secara berkala setiap satu detik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data berlangsung dengan baik tanpa mengalami kegagalan pengiriman. Seluruh data yang dipublikasikan oleh ESP32 berhasil diterima oleh dashboard melalui mekanisme *publish-subscribe*. Selain itu, ESP32 mampu melakukan *reconnect* secara otomatis ketika koneksi internet terputus dengan waktu pemulihan rata-rata sekitar 3 detik. Mekanisme *anti-override* juga berhasil mencegah perubahan status aktuator yang tidak sesuai dengan hasil keputusan metode Fuzzy Mamdani, sehingga kendali sistem tetap berada pada mode otomatis. Seluruh data hasil monitoring berhasil disimpan pada database Supabase tanpa kehilangan data, dan hasil pengujian integritas menunjukkan bahwa data yang tersimpan memiliki nilai yang sama dengan data yang dikirim oleh ESP32. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi IoT yang diterapkan pada sistem memiliki tingkat keandalan yang baik untuk mendukung proses monitoring secara real-time.

Tabel 2. Hasil Pengujian Komunikasi IoT

no	Parameter pengujian	Hasil
1	Publish-Subscribe MQTT	Berhasil
2	Reconnect MQTT	Berhasil (rata-rata 3 detik)
3	Mekanisme Anti-Override	Berhasil
4	Pengiriman Data ke Supabase	Berhasil
5	Integritas Data	100% Sesuai

3.6. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem Smart Aquarium berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode Fuzzy Mamdani berhasil diimplementasikan untuk melakukan monitoring kualitas air dan pengendalian aktuator secara otomatis. Integrasi antara mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor kekeruhan, algoritma Fuzzy Mamdani, komunikasi MQTT, dashboard berbasis web, dan database Supabase mampu membentuk sistem yang bekerja secara terpadu. Berdasarkan hasil pengujian, metode Fuzzy Mamdani dapat menghasilkan keputusan pengendalian yang sesuai dengan kondisi suhu dan tingkat kekeruhan air sehingga aktuator seperti heater, kipas, dan pompa dapat beroperasi secara otomatis sesuai aturan (*rule base*) yang telah ditetapkan.

Penerapan metode Fuzzy Mamdani memberikan kemampuan bagi sistem untuk mengambil keputusan berdasarkan kombinasi beberapa parameter kualitas air, sehingga lebih adaptif dibandingkan metode berbasis nilai ambang (*threshold*). Selain itu, penerapan filter Moving Average sebelum proses inferensi mampu meningkatkan kestabilan pembacaan sensor dengan mengurangi pengaruh derau (*noise*), sehingga data masukan yang diproses menjadi lebih representatif dan menghasilkan keputusan yang lebih konsisten.

Dari sisi komunikasi data, penggunaan protokol MQTT berhasil mendukung pertukaran data secara real-time antara ESP32, broker HiveMQ Cloud, dashboard monitoring, dan database Supabase. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses *publish-subscribe*, *reconnect*, serta penyimpanan data pada Supabase berjalan dengan baik tanpa kehilangan data. Selain itu, mekanisme anti-override berhasil mempertahankan kendali sistem pada mode otomatis sehingga keputusan yang dihasilkan tetap mengacu pada hasil inferensi Fuzzy Mamdani dan tidak mudah diubah oleh intervensi pengguna. Hal ini meningkatkan keandalan sistem dalam menjaga kondisi lingkungan akuarium secara otomatis.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi teknologi Internet of Things, metode Fuzzy Mamdani, komunikasi MQTT, dan penyimpanan data berbasis cloud mampu menghasilkan sistem Smart Aquarium yang dapat melakukan monitoring dan pengendalian kualitas air secara otomatis dan real-time. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu pengambilan keputusan hanya menggunakan dua parameter kualitas air, yaitu suhu dan tingkat kekeruhan. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan parameter lain, seperti pH, oksigen terlarut (DO), atau TDS, serta mengembangkan aplikasi monitoring berbasis Android agar sistem menjadi lebih komprehensif dan mudah digunakan.



Gambar 5. box kontrol keseluruhan

Implementasi perangkat keras Smart Aquarium terdiri atas mikrokontroler ESP32, modul relay, OLED Display, sensor suhu DS18B20, sensor turbidity, serta catu daya yang terintegrasi dalam satu panel kontrol. Seluruh komponen berhasil bekerja sesuai dengan rancangan dan mampu melakukan proses pembacaan sensor serta pengendalian aktuator secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan keputusan yang sesuai dengan kondisi lingkungan akuarium. Pada kondisi suhu rendah, sistem secara otomatis mengaktifkan *heater* untuk menjaga suhu air tetap berada pada rentang yang diinginkan. Sebaliknya, ketika suhu meningkat di atas batas normal, sistem mengaktifkan kipas pendingin untuk menurunkan suhu air. Selain itu, ketika tingkat kekeruhan meningkat, pompa sirkulasi diaktifkan secara otomatis untuk membantu menjaga kualitas air.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem Smart Aquarium berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Fuzzy Mamdani berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk melakukan monitoring kualitas air serta pengendalian aktuator secara otomatis. Sistem mampu membaca parameter suhu air menggunakan sensor DS18B20 dan tingkat kekeruhan menggunakan Turbidity Sensor, kemudian memproses data tersebut melalui metode Fuzzy Mamdani untuk menghasilkan keputusan pengendalian heater, kipas, dan pompa sesuai dengan kondisi kualitas air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keputusan yang dihasilkan telah sesuai dengan *rule base* yang dirancang, sehingga sistem mampu menjaga kondisi akuarium secara otomatis.

Selain itu, implementasi komunikasi MQTT dan penyimpanan data pada Supabase berhasil mendukung proses monitoring secara real-time melalui dashboard berbasis web. Pengujian komunikasi menunjukkan bahwa proses *publish-subscribe*, *reconnect*, mekanisme anti-override, serta penyimpanan data ke database cloud berjalan dengan baik tanpa kehilangan data. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan teknologi IoT, metode Fuzzy Mamdani, dan layanan cloud menjadi sebuah Smart Aquarium yang dapat membantu pengguna dalam memantau kualitas air serta mengotomatisasi proses pemeliharaan ikan *Channa* secara efektif dan efisien.

Daftar Pustaka

Andhika, R., Saputro, U. A., Informatika, P. S., & Yogyakarta, U. A. (N.D.). *Perancangan Smart Aquarium Dengan Pemantauan Dan*. 14(1), 1101–1108.

- Armando, D., & Monalisa, S. S. (2021). *Kinerja Pertumbuhan Benih Ikan Gabus (Channa Striata) The Growth Performance Of Juvenile Snakehead (Channa Striata) Raised In Different Water Media*. 16, 23–32.
- Bella, S., Teknologi, I., & Alam, P. (2023). *Implementasi Smart Aquarium Berbasis Internet Of Things (Iot) Pada Salma Aquarium Ikan Hias*. 7(2), 322–330.
- Febriansyah, B., & Hidayah, A. K. (N.D.). *Sistem Smart Aquarium : Monitoring Kekeruhan Air , Pencapaian Dan Pakan Otomatis Berbasis Iot*. 660–670.
- Hamid, F. F., Elektronika, L., Fisika, J., Unand, K., & Manis, L. (2023). *Sistem Kontrol Kualitas Air Pada Aquarium Ikan Hias Air Tawar Dan Monitoring Via Telegram Berbasis Iot*. 12(3), 452–458.
- Haq, M., Irawan, D., Elektro, T., Teknik, F., Gresik, U. M., Timur, J., & Air, K. (2024). *Sistem Monitoring Dan Kontrol Kualitas*. 19, 76–82.
- Herawati, R., Arkantoro, A. W., Kriscahyanto, A., & Rosyid, E. N. (2021). *Pengatur Lampu Aquarium Dan Pakan Ikan Otomatis Berbasis Internet Of Things*. 27(1), 43–49. <https://doi.org/10.36309/Goi.V27i1.143>
- Marianis, E., Jasa, L., & Rahardjo, P. (2022). *Sistem Pemantauan Kekeruhan Dan Suhu Air Pada Aquarium Ikan Hias Air Tawar Berbasis Iot (Internet Of Things)*. 21(2).
- Maulana, A. S., Bella, A., Utama, P., Kasanah, A. N., Fauziah, A., Murbarani, D., & Murti, P. (2024). *Fuzzy Logic Algorithm : Review And Implementation*. 4(9). <https://doi.org/10.17977/Um068.V4.I9.2024.3>
- Rizkianto, A. I., Endryansyah, E., Suprianto, B., & Rusimamto, P. W. (2017). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Tracking Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic Controller*.
- Sandy, Y. A., Elektro, S. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (N.D.). *Sistem Kendali Suhu Dan Pengganti Air Otomatis Pada Aquarium Menggunakan Fuzzy Logic Controller Berbasis Internet Of Things Endryansyah , Bambang Suprianto , Puput Wanarti Rusimamto*. 163–173.
- Setiawan, K., & Sonalitha, E. (2023). *Monitoring Kualitas Air Pada Aquarium Berbasis Internet Of Things (Iot)*.
- Susilo, D., Sari, C., & Krisna, G. W. (2021). *Sistem Kendali Lampu Pada Smart Home Berbasis Iot (Internet Of Things)*. 2(1), 23–30.
- Tri Ongko Priyono, S. (2023). No Title. *Jurnal Elektro*, 11(1), 57–68.
- Ummi Athiyah, Adela Putri Handayani, Muhammad Yusril Aldean, Novantri Prasetya Putra, R. R. (2021). *Journal Of Dinda*. 1(2), 73–76.

CC BY-SA 4.0 (Attribution-ShareAlike 4.0 International).

This license allows users to share and adapt an article, even commercially, as long as appropriate credit is given and the distribution of derivative works is under the same license as the original. That is, this license lets others copy, distribute, modify and reproduce the Article, provided the original source and Authors are credited under the same license as the original.

