

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN KUALITAS AIR PADA AKUARIUM IKAN HIAS MAS KOKI MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC BERBASIS IoT (*Internet of Things*)

Andres Rachman Duta^{1*}, Emir Nasrullah², Sri Ratna Sulistiyanti³

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung; Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1, Lampung

Received: 12 Desember 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords:

Ikan Hias Mas Koki;
Internet of Things; *Fuzzy Logic*; *Thingspeak*.

Correspondent Email:

andresrachmanduta@gmail.com

Abstrak. Pemeliharaan ikan hias mas koki menjadi hobi yang populer di berbagai kalangan. Namun, kualitas air akuarium perlu dijaga untuk memastikan lingkungan yang ideal bagi kesehatan ikan. Mas koki memerlukan suhu air antara 27–28°C, pH 6,5–8,5, dan tingkat kekeruhan maksimal 25 NTU. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air berbasis IoT menggunakan ESP32. Sistem ini memantau parameter suhu, pH, dan kekeruhan air, yang datanya ditampilkan melalui platform *Thingspeak* dan diproses dengan metode logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan durasi kerja pompa air dan volume cairan pH yang diperlukan, guna menjaga kualitas air tetap optimal. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata selisih sensor suhu sebesar 0,256°C, sensor pH sebesar 0,066, dan sensor *turbidity* sebesar 0,48 NTU. Selain itu, pengujian pompa menunjukkan rata-rata penambahan cairan pH sebesar 20,30 ml/detik. Sistem ini juga memiliki akurasi *fuzzy logic* terhadap aturan yang dirancang sebesar 97,2%. Dengan kemampuan pemantauan dan pengendalian otomatis, sistem ini membantu penghobi ikan hias menjaga kualitas air akuarium secara efisien dan efektif. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi pemeliharaan ikan hias berbasis IoT, yang dapat meningkatkan kenyamanan dan kemudahan bagi penghobi dalam merawat ikan hias mas koki.

Abstract. The maintenance of ornamental goldfish has become a popular hobby among various communities. However, maintaining aquarium water quality is crucial to ensure an ideal environment for the fish's health. Goldfish require water temperatures between 27–28°C, pH levels of 6.5–8.5, and a maximum turbidity of 25 NTU. This research aims to design a water quality monitoring and control system based on IoT using the ESP32 microcontroller. The system monitors temperature, pH, and turbidity parameters, with data displayed on the *Thingspeak* platform and processed using fuzzy logic. Fuzzy logic is employed to determine the operation duration of the water pump and the volume of pH solution needed to maintain optimal water quality. The testing results show an average deviation of 0.256°C for the temperature sensor, 0.066 for the pH sensor, and 0.48 NTU for the turbidity sensor. Additionally, pump testing recorded an average pH solution addition of 20.30 ml/second. The system achieved a fuzzy logic accuracy of 97.2% based on the designed rules. With its automatic monitoring and control capabilities, this system assists ornamental fish enthusiasts in maintaining aquarium water quality efficiently and effectively. This research significantly contributes to the

development of IoT-based fishkeeping technology, enhancing convenience and ease for goldfish hobbyists.

1. PENDAHULUAN

Memelihara ikan adalah suatu hobi yang banyak diminati oleh masyarakat dari zaman dahulu hingga sekarang baik di kota maupun di desa. Dalam memelihara ikan sebenarnya para penghobi ini menemukan beberapa kesulitan ketika sedang bepergian dalam waktu yang cukup lama, sehingga mereka tidak dapat memantau secara langsung dalam hal pemberian pakan ikan berupa palet, lampu penerangan dalam akuarium, serta kejernihan air juga suhu dan pH dalam akuarium karena ikan hias membutuhkan kualitas air yang baik [1].

Dalam hal ini, kebanyakan para penghobi ikan hias mengkhawatirkan beberapa faktor tersebut seperti pergantian air yang harus dilakukan secara berkala karena semakin lama air dalam akuarium akan membuat kejernihan air berkurang, sedangkan pemilik rumah tidak berada di rumah [1]. Dengan sistem yang otomatis ini, diharapkan para penghobi ikan hias akan semakin mudah untuk memelihara ikan terutama pada saat tidak berada di rumah[2].

Dari permasalahan di atas maka diperlukan alat yang dapat mengontrol hal tersebut dalam sebuah sistem otomatis yang mana alat tersebut dapat melakukan pergantian air dalam akuarium yang sedang ditinggal oleh pemiliknya, juga dapat melakukan pemantauan suhu, kekeruhan dan pH pada akuarium ikan hias mas koki.

Dengan sistem yang otomatis ini, diharapkan para penggemar ikan hias akan semakin mudah untuk memelihara ikan dan mempermudah pemilik akuarium dalam pemantauan dan pengontrolan air dalam akuarium terutama pada saat sedang tidak berada di rumah. Sistem ini dibuat dengan menggunakan konsep IoT (*Internet of Things*). Dengan memanfaatkan konsep IoT, dapat dilakukannya kontrol jarak jauh pada hardware atau alat dengan menggunakan web *mobile* dan bantuan akses internet. Sistem tersebut menggunakan metode logika *fuzzy*, di mana metode ini memiliki hasil keakuratan yang tinggi dalam suatu pengambilan keputusan.

Dengan adanya sistem ini, pemantauan ikan hias dapat dilakukan secara otomatis tanpa adanya campur tangan dari sang pemilik [2]. Sehingga tidak perlu khawatir lagi jika lupa merawat ataupun untuk meninggalkan ikan hiasnya selama beberapa hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Air

Air merupakan substansi kimia dengan rumus H_2O yang secara alami terdapat di bumi, bersifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau dalam kondisi standar [3]. Kualitas air dapat dinilai dari aspek kimia, biologi, fisik, dan estetika, salah satunya melalui tingkat kekeruhan yang dinyatakan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Menurut WHO, batas maksimum kekeruhan air minum yang memenuhi syarat adalah 5 NTU. Kekeruhan yang tinggi dapat berdampak buruk pada ikan, menurunkan tingkat kelangsungan hidup embrio, dan menimbulkan bau tidak sedap [4].

pH air juga merupakan parameter penting dalam kualitas air. Proses biokimiawi seperti nitrifikasi dipengaruhi oleh pH, di mana pH kurang dari 4 atau lebih dari 11 bersifat mematikan bagi ikan. Pada pH antara 6,5 hingga 9,5 yang tidak stabil dalam waktu lama, pertumbuhan dan reproduksi ikan dapat terganggu. Penurunan pH akibat peningkatan CO_2 dapat diatasi dengan pergantian air secara rutin [5].

Suhu memengaruhi laju metabolisme ikan, di mana metabolisme meningkat seiring kenaikan suhu hingga batas optimum. Sisa metabolisme berupa NH_3 dan CO_2 juga meningkat, yang dapat memengaruhi pH air. Pengendalian kualitas air yang baik diperlukan untuk mendukung kehidupan ikan di habitatnya [5].

2.2 Ikan Hias Mas Koki

Ikan hias adalah jenis ikan yang dipelihara bukan untuk konsumsi, melainkan untuk memperindah taman atau ruang dalam rumah. Ikan hias memiliki nilai keindahan berdasarkan

bentuk, warna, dan karakter khasnya, menjadikannya komoditi perdagangan yang penting [6].

Salah satu ikan hias air tawar populer adalah ikan mas koki, yang memiliki warna dan bentuk menarik. Lingkungan air yang ideal untuk ikan mas koki adalah suhu 27–28°C, pH 6,5–8,5 [7]. Selain itu, untuk tingkat kekeruhan ikan mas koki yang ideal dalam rentang 0–25 NTU [8]. Kondisi lingkungan yang sesuai diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatan ikan hias.

2.3 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang memperluas konektivitas internet untuk menghubungkan mesin, perangkat, dan benda fisik lainnya menggunakan sensor dan aktuator. IoT memungkinkan perangkat untuk mengelola kinerja sendiri, berkolaborasi, dan bertindak berdasarkan data yang diperoleh secara mandiri [9]. Arsitektur IoT terdiri dari tiga elemen utama:

1. Barang fisik yang dilengkapi modul IoT.
2. Perangkat koneksi internet seperti *modem* atau *router*.
3. *Cloud Data Center* untuk penyimpanan aplikasi dan *database*.

IoT memungkinkan pengelolaan dan pemantauan sistem secara efisien melalui konektivitas dan analisis data berbasis *cloud* [10].

2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy*, yang diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965, merupakan metode yang memetakan ruang masukan ke keluaran dengan mempertimbangkan ketidakjelasan dan ketidakpastian. Konsep ini menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, menggunakan derajat keanggotaan untuk menangani informasi yang tidak pasti. Dalam logika *fuzzy*, informasi dinyatakan dalam bentuk himpunan *fuzzy*, di mana derajat keanggotaan elemen bervariasi antara 0 dan 1, menggambarkan sejauh mana elemen tersebut termasuk dalam himpunan. Fungsi keanggotaan, seperti linear, segitiga, dan trapesium, digunakan untuk mendefinisikan kondisi dalam konteks ini [11]. Sistem *fuzzy* beroperasi melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Fuzzifikasi: Mengubah nilai tegas menjadi nilai *fuzzy*.
2. Aturan *Fuzzy*: Pernyataan berbasis logika yang menggunakan format "*IF—THEN*" untuk menentukan keluaran berdasarkan kondisi *input*.
3. Inferensi *Fuzzy*: Menghubungkan kondisi *input* dengan keluaran *fuzzy* menggunakan aturan yang telah ditetapkan.
4. Defuzzifikasi: Mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas, yang sering dilakukan menggunakan *centroid* [12].

2.5 Thingspeak

Thingspeak adalah *platform open source* berbasis web yang dirancang untuk mendukung kebutuhan *Internet of Things* (IoT). *Platform* ini memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data secara *real-time* dari sensor atau perangkat IoT. Dengan menggunakan protokol HTTP, *Thingspeak* dapat berkomunikasi melalui jaringan internet dan mendukung integrasi dengan berbagai perangkat serta sensor melalui API yang disediakan. Selain itu, *Thingspeak* memfasilitasi pengembangan aplikasi seperti *logging* data, pelacakan lokasi, dan visualisasi data IoT secara mudah dan efisien [13].

2.6 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif* sebagai versi penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada papan mikrokontroler ESP32 sudah tersedia modul *Wi-Fi* dan juga modul *bluetooth* yang sangat mendukung untuk membuat alat dengan sistem IoT atau *Internet of Things* [14].

2.7 Sensor Turbidity SEN0189

Sensor *Turbidity* adalah sensor modul yang berkerja dengan membaca kekeruhan pada air, di mana pada dasarnya partikel kekeruhan tidak bisa dilihat oleh mata secara langsung. Semakin banyak partikel dalam air menunjukkan tingkat kekeruhan air juga tinggi [15].

Prinsip kerja dari sensor kekeruhan ini sama halnya dengan sensor *proximity* karena terdapat LED photodiode sebagai *transmitter* dan *receiver*. Pada sensor ini memanfaatkan cahaya yang dipancarkan pada LED yang kemudian

hasil pemantulan cahaya yang akan dibaca oleh sensor. Semakin tinggi tingkat kekeruhan air yang akan dideteksi maka tingkat pemantulan cahaya yang diterima akan semakin sedikit, dan sebaliknya [16].

2.8 Sensor Suhu DS18B20 Waterproof

Sensor suhu DS18B20 *Waterproof* adalah sensor tahan air yang dirancang untuk mengukur suhu pada lingkungan basah atau sulit dijangkau. Sensor ini dilengkapi pelindung karet untuk melindungi komponen elektronik dari air, memungkinkan pengukuran langsung di dalam air. DS18B20 menghasilkan keluaran data digital dengan resolusi yang dapat dikonfigurasi antara 9 bit hingga 12 bit, sehingga data dapat dikirim tanpa degradasi, bahkan pada jarak jauh [17].

2.9 Sensor pH 4502C

Sensor pH tipe 4502C ini merupakan modul yang bekerja untuk mendeteksi tingkat pH air yang di mana keluarannya berupa tegangan analog. pH merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam tubuh. Total skala pH berkisar dari 1 sampai 14, dengan 7 dianggap netral. Sebuah pH kurang dari 7 dikatakan asam dan larutan dengan pH lebih dari 7 dasar atau alkali. Alat ini dapat mengukur kualitas air. Sensor ini kompatibel dengan berbagai mikrokontroler seperti *Raspberry Pi*, ESP32 atau *arduino*, dan memang dirancang untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, serta dilengkapi dengan konektor yang praktis [18].

2.10 Relay

Relay adalah perangkat elektronika yang berfungsi sebagai saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik menggunakan prinsip elektromagnetik. Dengan memanfaatkan arus listrik kecil, *relay* dapat menghubungkan atau memutuskan arus listrik yang besar. *Relay* terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanisme kontak saklar. Saat tegangan diberikan pada terminal *relay*, kontak CO (*Change Over*) akan berpindah dari posisi NC (*Normally Close*) ke NO (*Normally Open*), memungkinkan kontrol daya tinggi dengan sinyal daya rendah [19].

2.11 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrate Development Enviroment) merupakan sebuah *software* yang dipakai untuk membuat, mengedit suatu kode program, memverifikasi, dan mengunggah kode program ke *arduino*. *Arduino* menggunakan bahasa pemrograman C. *Arduino IDE* terdiri dari teks editor untuk membuat, dan mengedit *code* program, area pesan, *console* teks, dan *tool* bar serta tombol – tombol dengan fungsi umum [20].

2.12 Heater Aquarium

Heater merupakan sebuah alat untuk memanaskan air yang menggunakan energi listrik. *Heater* yang dimaksud memiliki spesifikasi sebagai berikut daya: 100 watt, tegangan: 220V—240V 50/60 Hz, dan ukuran: 18x2,2 cm² [21].

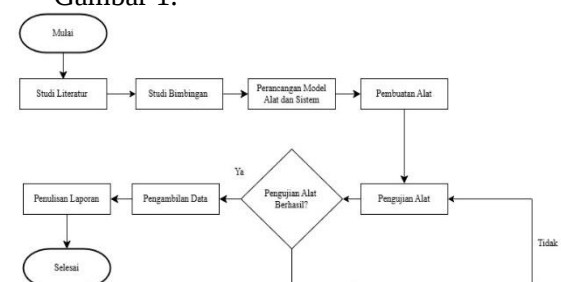
2.13 Pompa Air Mini Submersible

Pompa air mini merupakan alat yang digunakan untuk memompa air dengan jenis submersible memiliki ukuran sangat fleksibel yaitu 45 x 30 x 25 mm³. Pompa ini membutuhkan daya listrik yang besar yaitu 3—5 volt. Dengan daya tersebut pompa air ini dapat menghasilkan debit air 1,5 l/menit [22].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyusun penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

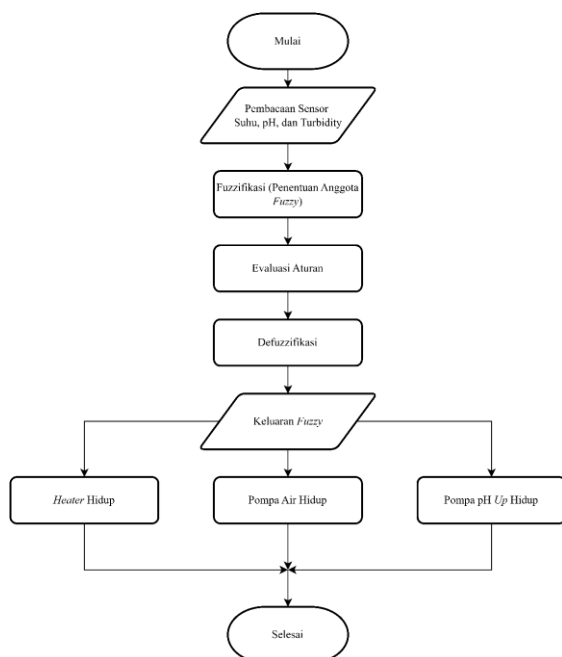


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1. Terdapat diagram alir penelitian, diawali dengan melakukan studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari materi-materi yang terkait dengan topik yang dibahas dalam tugas akhir, yaitu mengenai sensor pH, sensor suhu DS18B20 *Waterproof*, sensor *Turbidity*, mikrokontroler ESP32, dan

pemrograman di *Arduino IDE*, lalu perancangan *software* yang digunakan beberapa perangkat lunak yang diperlukan adalah dengan *arduino IDE* dan *Thingspeak*. Literatur yang digunakan merupakan artikel yang diambil dari jurnal yang informasinya dapat dipertanggungjawabkan. Tahap selanjutnya, yaitu studi bimbingan yang dilakukan dengan melakukan diskusi, bertanya dan mencari solusi bersama dosen pembimbing yang bertujuan untuk meningkatkan wawasan dan memahami lebih dalam proses penelitian yang dilakukan. Setelah itu, perancangan model alat dan sistem di mana dalam perancangan ini dilakukan penentuan komponen yang digunakan sesuai dengan kebutuhan alat, melakukan desain wiring dan pemrograman pada mikrokontroler dibawah bimbingan dosen pembimbing. Lalu tahap berikutnya yaitu pengujian alat apabila dalam pengujian belum berhasil maka akan dilakukan pengujian kembali hingga berhasil lalu dilakukan pengambilan data. Kemudian apabila pengambilan data sudah dilakukan tahap terakhir yaitu penulisan laporan. Proses diakhiri dengan tahap Selesai, di mana kesimpulan ditarik dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya disajikan.

3.2 Perancangan Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Logika Fuzzy

Pada Gambar 2. Terdapat diagram alir sistem logika *fuzzy*, di mana sistem ini

memantau suhu, pH, dan kekeruhan air, dengan suhu ideal antara 27–28 °C, pH antara 6,5–9,5 dan kekeruhan antara 0–25 NTU. Data dari sensor dikirim ke mikrokontroler untuk diproses. Informasi suhu, pH dan kekeruhan ditampilkan pada LCD dan dikirim ke platform IoT *Thingspeak* untuk pemantauan secara *real-time*.

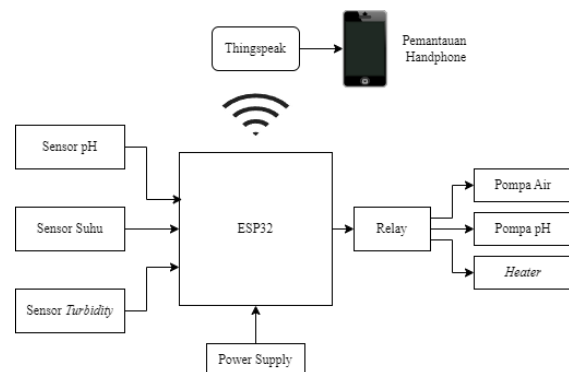
Tahap fuzzyfikasi, pada tahap ini sensor suhu dan pH akan dibagi menjadi tiga keanggotaan *fuzzy*, untuk suhu yaitu "Dingin", "Normal", dan "Panas", lalu "Asam", "Netral", dan "Basa" untuk pH, kemudian sensor kekeruhan akan dibagi menjadi dua keanggotaan *fuzzy* "Keruh" dan "Tidak Keruh".

Tahap evaluasi aturan *fuzzy*, pada proses ini dilakukan untuk mengubah nilai *input* menjadi *output fuzzy* sesuai dengan aturan yang dibuat. Evaluasi aturan *fuzzy* ini dilakukan dengan mempertimbangkan bagaimana setiap aturan menghubungkan *input* dengan *output*, dan respon yang dihasilkan terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Tahap defuzzifikasi, mengubah *output fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp*) yang akan mengendalikan heater, pompa air dan pompa pH sehingga memastikan pengelolaan suhu, pH dan kekeruhan air yang optimal untuk menjaga kondisi kualitas air akuarium.

Tahap *output fuzzy*, merupakan keluaran dari sistem logika *fuzzy* yang digunakan untuk mengendalikan *heater*, pompa air dan pompa pH yang nantinya akan melakukan tindakan terhadap perubahan pada lingkungan akuarium dengan pada tingkat yang optimal untuk memastikan kualitas air yang baik pada ikan hias di akuarium.

3.3 Perancangan Sistem



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Pada sistem pemantauan akuarium ikan hias mas koki berbasis IoT dengan *fuzzy logic*, terdapat tiga bagian utama: *input*, proses, dan *output*. *Input* melibatkan sensor pH untuk mendeteksi keasaman, sensor suhu DS18B20 untuk suhu air, dan sensor *turbidity* untuk mengukur kekeruhan air. Proses dilakukan oleh ESP32, yang memproses data dari sensor, mengendalikan *relay*, dan mengatur pompa air, pompa pH, serta *heater*. *Output* mencakup pompa air untuk mengatur kekeruhan, heater untuk mengatur suhu, dan pompa pH untuk menyesuaikan tingkat keasaman. Data sensor dikirim ke *Thingspeak* melalui internet dan dapat dipantau melalui *smartphone*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Komponen

Proses pengujian dilakukan untuk memastikan kondisi, kemampuan alat, dan tingkat akurasi dari berbagai komponen, termasuk Sensor Suhu DS18B20, Sensor pH 4502C dan Sensor *Turbidity* SEN0189. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa alat yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi, dengan tingkat kesalahan (*error*) yang minimal sehingga hasilnya memenuhi harapan dan kesesuaian sistem.

4.1.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai yang diperoleh dari termometer sebagai pembandingnya.

Tabel 1. Pengujian Sensor Suhu

No.	Sensor DSB1820 (°C)	Termometer (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1.	59,94	60	0,06	0,10
2.	54,06	54	0,06	0,11
3.	52,31	52	0,31	0,60
4.	51,06	51	0,06	0,12
5.	50,31	50	0,31	0,62
6.	45,44	45	0,44	0,98
7.	43,38	43	0,38	0,88
8.	31,25	31	0,25	0,81
9.	29,5	29	0,5	1,72
10.	29,19	29	0,19	0,66
Rata-rata			0,256	0,66

Tabel 1. Diatas menunjukkan perbedaan suhu yang terbaca pada termometer dan sensor DS18B20 berkisar antara 0–0,4 °C dengan rata-rata selisih sensor sebesar 0,256°C, dan didapatkan rata-rata *error* sebesar 0,66%.

4.1.2 Pengujian Sensor pH 4502C

Pengujian sensor suhu pH 4502C dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai yang diperoleh dari pH meter digital sebagai pembandingnya.

Tabel 2. Pengujian Sensor pH

No.	Sensor pH 4502C	PH Meter Digital	Selisih	Error (%)
1.	3,97	4,01	0,04	0,99
2.	3,91	4,01	0,1	2,49
3.	3,99	4,01	0,02	0,49
4.	6,76	6,86	0,1	1,45
5.	6,7	6,86	0,16	2,33
6.	6,71	6,86	0,15	2,18
7.	6,79	6,86	0,07	1,02
8.	9,18	9,18	0	0
9.	9,16	9,18	0,02	0,21
10.	9,18	9,18	0	0
Rata-rata			0,066	1,12

Tabel 2. Diatas menunjukkan perbedaan pH yang terbaca pada pH meter digital dengan sensor pH tipe 4502C berkisar antara 0 - 0,1 dengan rata-rata selisih sensor sebesar 0,066 dan didapatkan rata-rata *error* sebesar 1,12%.

4.1.3 Pengujian Sensor Turbidity SEN0189

Pengujian sensor suhu Turbidity SEN0189 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai yang diperoleh dari turbidity meter sebagai pembandingnya.

Tabel 3. Pengujian Sensor *Turbidity*

No.	Sensor <i>Turbidity</i> SEN0189	<i>Turbidity</i> Meter	Selisih	Error (%)
1.	0	0	0	0
2.	0	0	0	0
3.	0	0	0	0
4.	45,11	43,4	1,71	3,79
5.	43,82	43,4	0,42	0,95
6.	42,19	43,4	1,21	2,86
7.	42,54	43,4	0,86	2,02
8.	120	120,2	0,2	0,16
9.	120	120,2	0,2	0,16
10.	120	120,2	0,2	0,16
Rata-rata			0,48	1,01

Tabel 3. Diatas menunjukkan perbedaan kekeruhan yang terbaca pada *Turbidity* Meter dengan sensor *Turbidity* SEN0189 berkisar antara 0 – 1,7 dengan rata-rata selisih sensor sebesar 0,48 dan didapatkan rata-rata *error* sebesar 1,01%.

4.2 Pengujian Pompa Air

Pengujian ini digunakan untuk mengukur berapa jumlah air yang akan disalurkan melalui pompa tersebut dan mengukur berapa durasi air yang tersalurkan dari bak pengisian ke akuarium. Pengujian ini menggunakan gelas ukur 1000 ml dengan pengulangan 10 kali.

Tabel 4. Pengujian Pompa

Pompa	Jumlah Air (ml)	Durasi (detik)
Pengujian 1	1000	49,60
Pengujian 2	1000	48,06
Pengujian 3	1000	49,40
Pengujian 4	1000	49,45
Pengujian 5	1000	50,13
Pengujian 6	1000	49,56
Pengujian 7	1000	49,13
Pengujian 8	1000	48,59
Pengujian 9	1000	50,09
Pengujian 10	1000	48,41
Rata-rata		49,24

Tabel 4. pengujian pompa diatas yang dilakukan pengulangan selama 10 kali didapatkan rata-rata sebesar 49,24 detik. Berdasarkan data tersebut maka didapatkan perbandingan antara jumlah air dan durasi yaitu 20,30 ml/detik.

4.3 Pengujian Fuzzy Logic

Sistem pemantauan menggunakan metode *fuzzy logic* dirancang untuk menentukan parameter sensor, menampilkan data, dan mengendalikan keluaran berupa pompa air, pompa pH up, dan *heater*. Pengujian *fuzzy logic* dilakukan untuk memastikan keberhasilan pemrosesan data pada ESP32, menghasilkan *output crisp* yang sesuai sehingga menentukan status kualitas air baik melalui pengendalian perangkat. Terdapat tiga variabel *input*: suhu (panas, normal, dingin), pH (asam, netral, basa), dan kekeruhan (tidak keruh, keruh), serta dua variabel *output*: pompa air (mati, sebentar, lama) dan pompa pH up (kosong, sedikit, banyak).

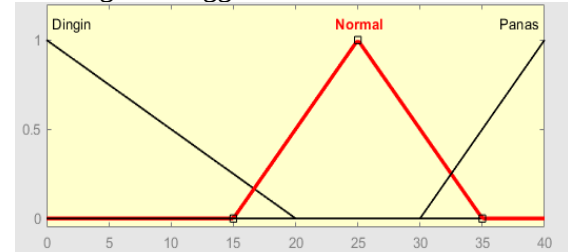
Tabel 5. Membership Function

Keterangan	Variabel	Himpunan	Domain	Parameter
Input	Suhu	Dingin	0 — 25	0 — 40 °C
		Normal	20 — 35	
		Panas	30 — 40	
	pH	Asam	0 — 7	1 — 14 pH
		Netral	6 — 8	
		Basa	7 — 14	
Output	Kekeruhan	Tidak Keruh	0 — 10	0 — 25 NTU
		Keruh	9 — 25	
	Pompa Air	Mati	0 — 2	0 — 10 Menit
		Sebentar	1 — 5	
		Lama	4 — 10	
	Pompa pH up	Kosong	0 — 20	0 — 100 ml
		Sedikit	10 — 50	
		Banyak	40 — 100	

Tabel 5. Datas dibuat berdasarkan lingkungan air yang ideal bagi ikan hias mas koki yaitu untuk suhu air berkisar antar 27—28°C, pH berkisar antara 6,5—8,5 dan untuk

kekeruhan air dalam rentang antara 0—25 NTU.

• Fungsi Keanggotaan Suhu



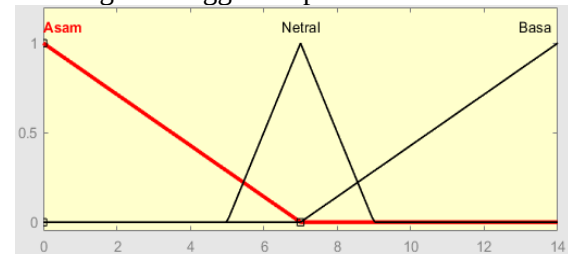
Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Suhu

$$\mu_{\text{dingin}}(x) = \begin{cases} \frac{20-x}{20-0} & ; 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; x \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{x-15}{25-15} & ; 15 \leq x \leq 25 \\ \frac{25-x}{35-25} & ; 25 \leq x \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{panas}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 30 \\ \frac{x-30}{40-30} & ; 30 \leq x \leq 40 \\ 1 & ; x = 40 \end{cases}$$

• Fungsi Keanggotaan pH



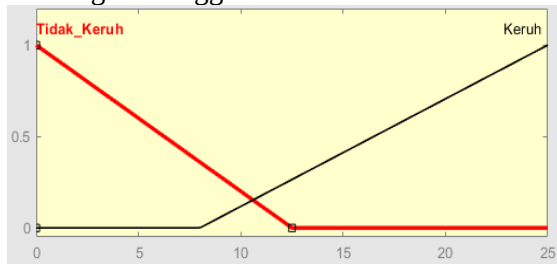
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Suhu

$$\mu_{\text{asam}}(x) = \begin{cases} \frac{7-x}{7-0} & ; 0 \leq x \leq 7 \\ 0 & ; x \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{netral}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 6 \text{ atau } x \geq 8 \\ \frac{x-6}{7-6} & ; 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{7-x}{8-7} & ; 7 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{basa}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 7 \\ \frac{x-7}{14-7} & ; 7 \leq x \leq 14 \\ 1 & ; x = 14 \end{cases}$$

• Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

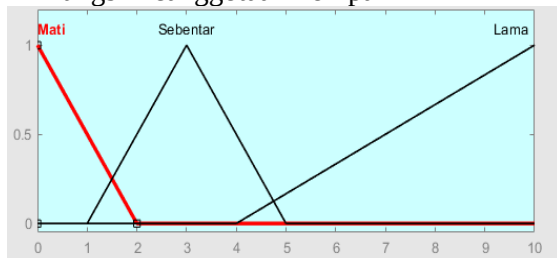


Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

$$\mu_{\text{tidak_keruh}}(x) = \begin{cases} \frac{12,5-x}{12,5-0} & ; 0 \leq x \leq 12,5 \\ 0 & ; x \geq 12,5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{keruh}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 8 \\ \frac{x-8}{25-8} & ; 8 \leq x \leq 25 \\ 1 & ; x = 25 \end{cases}$$

• Fungsi Keanggotaan Pompa Air



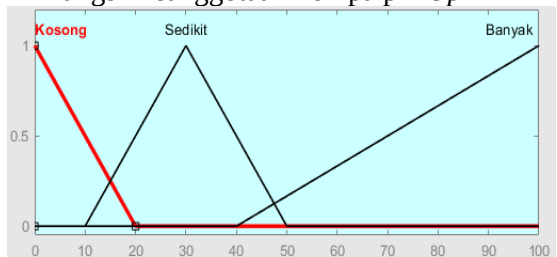
Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Pompa Air

$$\mu_{\text{mati}}(x) = \begin{cases} \frac{2-x}{2-0} & ; 0 \leq x \leq 2 \\ 0 & ; x \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sebentar}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1 \text{ atau } x \geq 5 \\ \frac{x-1}{3-1} & ; 1 \leq x \leq 3 \\ \frac{3-x}{5-3} & ; 3 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{lama}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 4 \\ \frac{x-4}{10-4} & ; 4 \leq x \leq 10 \\ 1 & ; x = 10 \end{cases}$$

• Fungsi Keanggotaan Pompa pH Up



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Pompa pH Up

$$\mu_{\text{kosong}}(x) = \begin{cases} \frac{20-x}{20-0} & ; 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; x \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 10 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x-10}{30-10} & ; 10 \leq x \leq 30 \\ \frac{30-x}{50-30} & ; 30 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{banyak}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 40 \\ \frac{x-40}{100-40} & ; 40 \leq x \leq 100 \\ 1 & ; x = 100 \end{cases}$$

Terdapat 9 aturan *fuzzy* yang diperoleh dari 18 kombinasi, dengan 3 variabel himpunan *fuzzy*, 3 variabel *input*, dan 2 variabel *output*. Aturan-aturan ini dinyatakan dalam bentuk logika *IF—THEN*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

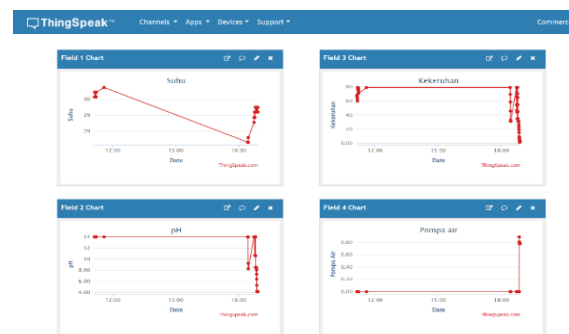
Tabel 6. Aturan Fuzzy

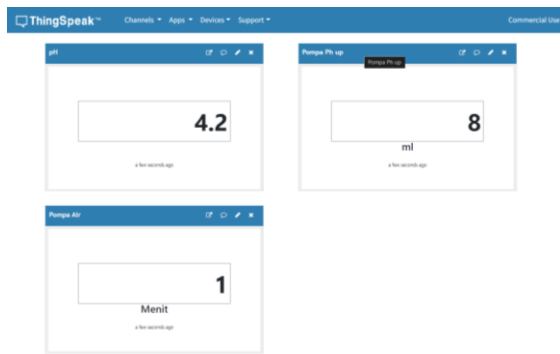
Aturan	Suhu	pH	Kekeruhan	Pompa Air	Pompa pH Up
Aturan 1	Dingin	Asam	Tidak Keruh	Mati	Banyak
Aturan 2	Normal	Asam	Keruh	Lama	Banyak
Aturan 3	Panas	Asam	Tidak Keruh	Sebentar	Banyak
Aturan 4	Dingin	Netral	Keruh	Sebentar	Sedikit
Aturan 5	Normal	Netral	Tidak Keruh	Mati	Kosong
Aturan 6	Panas	Netral	Keruh	Lama	Sedikit
Aturan 7	Dingin	Basa	Tidak Keruh	Mati	Kosong
Aturan 8	Panas	Basa	Keruh	Lama	Kosong
Aturan 9	Normal	Basa	Tidak Keruh	Mati	Kosong

4.4 Pengujian Sistem *Internet of Things* (IoT)

4.4.1 Pengujian pada *Thingspeak*

Sistem *Internet of Things* (IoT) menggunakan *thingspeak* sebagai alat visualisasi dan pengendalian manual pada komponen yang dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *thingspeak* dapat mengetahui dan membaca nilai dari sensor yang digunakan.





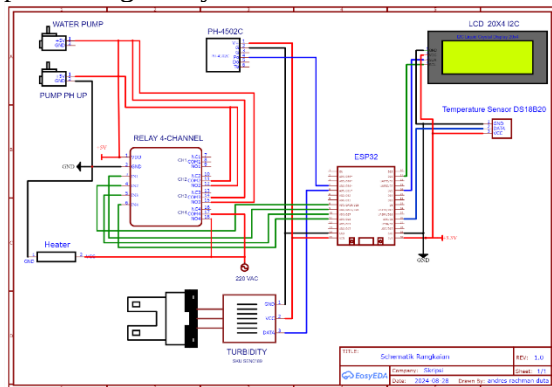
Gambar 9. Tampilan Pada *Thingspeak*

Pada Gambar 9. merupakan tampilan *channel* yang dibuat, dimana terdapat bentuk grafik untuk menampilkan data *real-time* dan data yang tersimpan sementara, lalu terdapat bentuk angka untuk menampilkan nilai yang terbaca oleh sensor.

4.5 Pengujian Sistem Keseluruhan

4.5.1. Realisasi Wiring

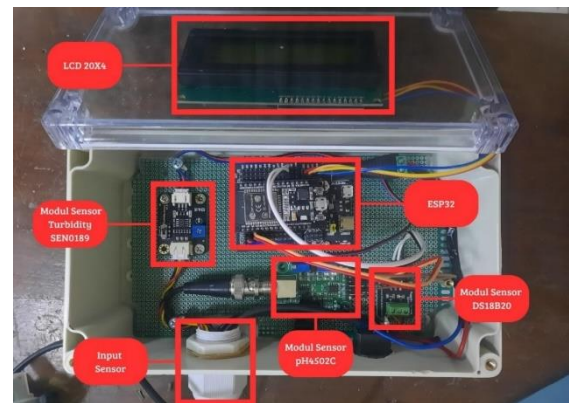
Realisasi *wiring* merupakan skematik rangkaian keseluruhan, dimana terdapat koneksi antara sensor dan komponen pendukung lainnya.



Gambar 10. Skematik Rangkaian

4.5.2. Realisasi Desain Alat

Realisasi desain alat merupakan implementasi dari realisasi *wiring*, dimana sensor dan komponen pendukung yang dipasang pada sebuah box.



Gambar 11. Realisasi Desain Alat

4.5.3. Prinsip Kerja Alat

Pada penelitian ini dirancang suatu alat yang dapat memudahkan untuk pemantauan dan melakukan pengendalian kualitas air pada akuarium ikan hias mas koki dengan menampilkan nilai suhu, pH, dan kekeruhan pada *Thingspeak* sehingga dapat mengendalikan pompa air, pompa pH dan heater dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.

Pada prinsipnya sistem kerja alat ini yaitu dengan mengkoneksikan ESP32 dengan sensor suhu, sensor pH, dan sensor *turbidity* yang akan dikoneksikan dengan *Internet of Things* berupa *Thingspeak* yang akan menampilkan pembacaan pada sensor-sensor tersebut yang dapat mengendalikan secara otomatis menggunakan metode *fuzzy logic* untuk mengatur nyala matinya *relay* yang berfungsi untuk mengendalikan pompa air, pompa pH dan heater sesuai *set point* atau aturan-aturan pada parameter yang telah dibuat pada *fuzzy logic*. Berikut implementasi sistem keseluruhan pada Gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Implementasi Sistem Keseluruhan

4.5.4. Perbandingan Logika Fuzzy Pada Sistem Dengan MATLAB

Perbandingan logika *Fuzzy* dalam sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air pada akuarium ikan hias mas koki menggunakan *fuzzy logic* dengan simulasi menggunakan MATLAB, bertujuan untuk menilai efektivitas metode *fuzzy* yang diterapkan dibandingkan dengan hasil simulasi.

Pengujian meliputi perbandingan durasi operasional pompa air dan penambahan cairan pH pada pompa pH *up*.

Hasil dari kedua sistem akan dianalisis untuk mengidentifikasi perbedaan respon terhadap masukan dari variasi suhu, pH, dan kekeruhan pada air akuarium, sehingga memberikan wawasan tentang kinerja sistem kontrol *fuzzy* dan membantu optimalisasi pada masa mendatang.

Tabel 7. Perbandingan Output Pompa Air

Input			Output		Selisih
pH	Suhu	Turbidity	Sistem Pompa Air (menit)	Matlab Pompa Air (menit)	
4,16	37,94	11,13	3,00	3,00	0
4,16	37,94	12,26	3,00	3,00	0
4,16	38,44	1,47	3,00	3,00	0
4,16	38,44	0,28	3,00	3,00	0
4,16	29,69	10,87	7,25	7,27	0,02
4,16	29,69	10,17	7,29	7,21	0,08
4,16	29,69	9,37	7,12	7,14	0,02
4,16	29,69	9,27	7,15	7,14	0,01
4,16	15,69	10,35	4,12	4,36	0,24
4,16	15,63	10,19	4,37	4,11	0,26
5,88	17,37	0,54	0,89	0,86	0,03
5,78	17,19	0,54	0,91	0,87	0,04
7,05	34,31	18,97	7,59	7,61	0,02
7,01	34,31	18,42	7,59	7,61	0,02
7,89	37,00	8,14	7,01	7,05	0,04
7,95	37,00	8,12	7,01	7,05	0,04
6,33	28,69	12,88	7,14	7,17	0,03
6,38	27,37	12,63	7,13	7,16	0,03
7,50	24,19	4,44	0,83	0,70	0,13
7,40	24,19	4,42	0,82	0,70	0,12
7,91	18,81	11,34	2,20	2,17	0,03
7,97	19,12	11,13	1,92	1,89	0,03
6,35	19,25	1,67	0,84	0,78	0,06
6,25	18,75	1,45	0,85	0,80	0,05
11,28	31,50	12,32	7,01	7,04	0,03
11,34	32,06	12,00	6,88	6,90	0,02
10,45	32,06	8,12	1,76	1,31	0,45
10,38	32,38	8,12	1,93	1,36	0,57
11,06	27,37	10,66	0,93	0,90	0,03
11,04	27,37	11,85	0,97	0,95	0,02
11,23	27,31	5,98	0,82	0,74	0,08
11,20	27,31	6,11	0,82	0,74	0,08
8,54	18,19	22,26	3,00	3,00	0
8,99	19,69	24,50	3,00	3,00	0

9,59	16,12	2,92	0,91	0,88	0,03
9,66	16,19	2,94	0,91	0,88	0,03
Rata-rata					0,733

Tabel 7. menunjukkan hasil pengujian sistem pada bagian Pompa Air menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan durasi hidupnya. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan antara sistem yang dibuat dengan simulasi MATLAB. Perbedann ini disebabkan oleh perbedaan metode pembulatan antara sistem dengan simulasi MATLAB. Rata-rata nilai selisih pompa air adalah 0,733.

Tabel 8. Perbandingan Output Pompa pH Up

Input			Output		Selisih
pH	Suhu	Turbidity	Sistem Pompa pH Up (ml)	Matlab Pompa pH Up (ml)	
4,16	37,94	11,13	70,89	71,70	0,81
4,16	37,94	12,26	70,29	70,60	0,31
4,16	38,44	1,47	75,57	75,80	0,23
4,16	38,44	0,28	75,57	75,80	0,23
4,16	29,69	10,87	72,46	72,70	0,24
4,16	29,69	10,17	72,54	72,10	0,44
4,16	29,69	9,37	71,19	71,40	0,21
4,16	29,69	9,27	71,29	71,40	0,11
4,16	15,69	10,35	72,68	72,80	0,12
4,16	15,63	10,19	72,50	72,90	0,40
5,88	17,37	0,54	50,09	48,90	1,19
5,78	17,19	0,54	52,55	50,90	1,65
7,05	34,31	18,97	29,69	29,90	0,21
7,01	34,31	18,42	29,78	30,00	0,22
7,89	37,00	8,14	24,96	24,50	0,46
7,95	37,00	8,12	23,32	24,50	1,18
6,33	28,69	12,88	71,40	71,70	0,30
6,38	27,37	12,63	71,31	71,60	0,29
7,50	24,19	4,44	8,27	7,02	1,25
7,40	24,19	4,42	8,17	7,01	1,16
7,91	18,81	11,34	22,02	21,70	0,32
7,97	19,12	11,13	19,18	18,90	0,28
6,35	19,25	1,67	25,98	23,20	2,78
6,25	18,75	1,45	33,96	31,30	2,66
11,28	31,50	12,32	9,18	9,02	0,16
11,34	32,06	12,00	9,01	8,75	0,26
10,45	32,06	8,12	9,29	8,36	0,93
10,38	32,38	8,12	9,42	8,50	0,92
11,06	27,37	10,66	9,28	9,03	0,25
11,04	27,37	11,85	9,74	9,50	0,24
11,23	27,31	5,98	8,23	7,43	0,80
11,20	27,31	6,11	8,23	7,47	0,80
8,54	18,19	22,26	30,00	30,00	0
8,99	19,69	24,50	30,00	30,00	0
9,59	16,12	2,92	9,07	8,81	0,26
9,66	16,19	2,94	9,08	8,82	0,26
Rata-rata					0,609

Tabel 8. menunjukkan hasil pengujian sistem pada bagian Pompa pH *Up* menggunakan logika *fuzzy* untuk jumlah penambahan cairan pH *up*. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan antara sistem yang dibuat dengan simulasi

MATLAB. Perbedann ini disebabkan oleh perbedaan metode pembulatan antara sistem dengan simulasi MATLAB. Rata-rata nilai selisih pompa air adalah 0,609.

4.5.5. Kesesuaian Output Terhadap Aturan Fuzzy

Kesesuaian *output* sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air pada akuarium ikan hias mas koki menggunakan *fuzzy logic* berbasis IoT terhadap aturan *fuzzy* yang telah dirancang. Data operasi pompa air dan pompa pH *up* dari sistem berbasis IoT dikumpulkan dan dianalisis untuk memastikan bahwa durasi dan respons operasi pompa tersebut sesuai dengan aturan *fuzzy* yang telah dirancang.

Tabel 9. Kesesuaian Output dengan Aturan Fuzzy

Input			Output Sistem		Sesuai Aturan Fuzzy
pH	Suhu	Turbidity	Pompa Air (menit)	Pompa pH Up (ml)	
4,16	37,94	11,13	3,00	70,89	✓
4,16	37,94	12,26	3,00	70,29	✓
4,16	38,44	1,47	3,00	75,57	✓
4,16	38,44	0,28	3,00	75,57	✓
4,16	29,69	10,87	7,25	72,46	✓
4,16	29,69	10,17	7,29	72,54	✓
4,16	29,69	9,37	7,12	71,19	✓
4,16	29,69	9,27	7,15	71,29	✓
4,16	15,69	10,35	4,12	72,68	✓
4,16	15,63	10,19	4,37	72,50	✓
5,88	17,37	0,54	0,89	50,09	✓
5,78	17,19	0,54	0,91	52,55	✓
7,05	34,31	18,97	7,59	29,69	✓
7,01	34,31	18,42	7,59	29,78	✓
7,89	37,00	8,14	7,01	24,96	✓
7,95	37,00	8,12	7,01	23,32	✓
6,33	28,69	12,88	7,14	71,40	✓
6,38	27,37	12,63	7,13	71,31	✓
7,50	24,19	4,44	0,83	8,27	✓
7,40	24,19	4,42	0,82	8,17	✓
7,91	18,81	11,34	2,20	22,02	✓
7,97	19,12	11,13	1,92	19,18	✗
6,35	19,25	1,67	0,84	25,98	✓
6,25	18,75	1,45	0,85	33,96	✓
11,28	31,50	12,32	7,01	9,18	✓
11,34	32,06	12,00	6,88	9,01	✓
10,45	32,06	8,12	1,76	9,29	✓
10,38	32,38	8,12	1,93	9,42	✓
11,06	27,37	10,66	0,93	9,28	✓
11,04	27,37	11,85	0,97	9,74	✓
11,23	27,31	5,98	0,82	8,23	✓
11,20	27,31	6,11	0,82	8,23	✓
8,54	18,19	22,26	3,00	30,00	✓
8,99	19,69	24,50	3,00	30,00	✓
9,59	16,12	2,92	0,91	9,07	✓
9,66	16,19	2,94	0,91	9,08	✓

Tabel 9. Terdapat hasil yang tidak sesuai dengan aturan yang ditentukan, yang disebabkan oleh perbedaan metode pembulatan pada sistem, sehingga hasilnya tidak sesuai dengan *output* simulasi pada MATLAB, kondisi di mana seharusnya pompa air beroperasi sebentar dan pompa pH *up* beroperasi sedikit tetapi terbaca sebagai pompa air beroperasi mati dan pompa pH *up* beroperasi kosong. Pengiriman data ke *platform Thingspeak* berjalan dengan baik, ditandai dengan semua data berhasil dikirim dan ditampilkan pada *platform* tersebut.

Akurasi dari hasil pengujian sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air pada akuarium ikan hias mas koki menggunakan *fuzzy logic* dilakukan dengan perhitungan akurasi.

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{Data Uji Sesuai}}{\sum \text{Jumlah Data Uji}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{35}{36} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 97,2 \%$$

5. KESIMPULAN

- Telah terealisasi rancang bangun sistem pemantauan dan pengendalian kekeruhan, suhu dan pH air pada akuarium ikan hias mas koki menggunakan *fuzzy logic* berbasis IoT yang dapat bekerja dengan baik, ditunjukkan dengan data hasil pembacaan sensor yang dapat ditampilkan dengan baik pada *platform Thingspeak* secara *real-time*.
- Metode *fuzzy logic* berhasil diterapkan pada alat yang dirancang untuk memberikan pengendalian berdasarkan parameter kualitas air yang telah ditentukan ditunjukkan dengan tingkat akurasi sebesar 97,2%. Hal tersebut menandakan *fuzzy logic* yang digunakan mampu memberikan keputusan pengendalian yang akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Santoso and A. D. Arfianto, "Sistem Pengganti Air Berdasarkan Kekeruhan Danpemberi Pakan Ikan Pada Akuarium Air Tawar Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 8, no. 2, pp. 33–48, 2014.
- [2] L. Chee Han, I. Muhaini Binti Mohd Noor, S. Mohd Bahrin, and R. Abdula, "Automatic Aquarium Water Change System With Real Time Monitoring Through IoT," *J. Appl. Technol. Innov.*, vol. 7, no. 2, pp. 2600–7304, 2023.
- [3] A. Maulana and N. Ratama, "Sistem Monitoring dan Controlling Tingkat Kekeruhan Air pada Aquarium Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino Uno," *JORAPI J. Res. Publ. Innov.*, vol. 1, no. 2, pp. 167–171, 2023.
- [4] A. N. Salim and A. Rahman, "Implementasi Fuzzy-Mamdani untuk Pengendalian Suhu dan Kekeruhan Air Aquascape Berbasis IoT," *J. Algoritma*, vol. 2, no. 2, pp. 159–169, 2022.
- [5] V. Yanuar, "Effect of Different Types of Feed on Growth Rate of Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*) and Water Quality in The Aquarium Maintenance," *Ziraa'ah*, vol. 42, no. 2, pp. 91–99, 2017.
- [6] B. Priono and D. Satyani, "Penggunaan Berbagai Jenis Filter Untuk Pemeliharaan Ikan Hias Air Tawar Di Akuarium," *Media Akuakultur*, vol. 7, no. 2, p. 76, 2012, doi: 10.15578/ma.7.2.2012.76-83.
- [7] N. Rochyani, "Analisis Karakteristik Lingkungan Air Dan Kolam Dalam Mendukung Budidaya Ikan," *J. Ilmu-ilmu Perikan. dan Budid. Perair.*, vol. 13, no. 1, pp. 51–56, 2018, doi: 10.31851/jipbp.v13i1.2856.
- [8] M. R. Satriawan, G. Priyandoko, and S. Setiawidayat, "Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–17, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.16083.
- [9] D. J. James, "The Internet of Things in Agriculture," *J. Ind. Inf. ...*, vol. 1, no. September, p. 3, 2017, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X16000066>
- [10] M. S. Novelan, Z. Syahputra, and P. H. Putra, "Sistem Kendali Lampu Menggunakan NodeMCU dan Mysql Berbasis IOT (Internet Of Things)," *J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 1, 2020.
- [11] G. L. Fikri *et al.*, "Rancang Bangun Alat Pemantau Dan Pengendali Suhu Dan pH Air Pada Kolam Ikan Gabus Berbasis IoT," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.*, vol. 12, no. 3, pp. 4221–4232, 2024.
- [12] R. Saatchi, "Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation," *Inf.*, vol. 15, no. 10, 2024, doi: 10.3390/info15100656.
- [13] Pandimadevi Ganesan, Thushara Hameed, and Maheswari Maruthakutti, "IOT based water flow meter using ThingSpeak," *Int. J. Sci. Res. Arch.*, vol. 11, no. 2, pp. 1956–1962, 2024, doi: 10.30574/ijrsra.2024.11.2.0717.
- [14] D. Harianto, "Development and Evaluation of an ESP32-based Temperature and Humidity Control Unit for Textile Storage," pp. 1–19.
- [15] F. R. Herawan, D. Darlis, and T. Haryanti, "Level And Turbidity Measurements System For Water Inside Tank Using Visible Light Communication Technology And Android Application," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 1230–1237, 2023.
- [16] W. L. Hakim, L. Hasanah, B. Mulyanti, and A. Aminudin, "Characterization of turbidity water sensor SEN0189 on the changes of total suspended solids in the water," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1280, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1280/2/022064.
- [17] D. Yunita, A. S. Nurazis, J. Juanda, I. S. Nasution, and S. Satriana, "Design and Examination of Yogurt Maker Machine with Sensor Temperature DS18B20," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.*, vol. 13, no. 1, p. 250, 2024, doi: 10.23960/jtep-l.v13i1.250-259.
- [18] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. N. R. Barokah, "Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.
- [19] Z. Lubis, M. I. Nasution, and N. Nasution, "Design and Construction of Mice Detection and Removal Equipment in the House Based on the Internet of Things (IoT)," *J. Pijar Mipa*, vol. 19, no. 3, pp. 529–534, 2024, doi: 10.29303/jpm.v19i3.6771.
- [20] J. Rivera and P. Salinas, "Low-Cost and Accessible Scale Body Maceration Control System: Integration of Internet of Things-NodeMCU with Arduino-IDE," *Int. J. Morphol.*, vol. 42, no. 5, pp. 1239–1247, 2024, doi: 10.4067/S0717-95022024000501239.
- [21] J. Junaedi and H. Ki, "Smart Aquarium with IoT based as Monitoring in Fish Farming," *bit-Tech*, vol. 4, no. 3, pp. 116–122, 2022, doi:

- 10.32877/bt.v4i3.441.
- [22] D. Aztisyah, T. Yuniati, and Y. Adi Setyoko, "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Pada pH Air dalam Sistem Otomatisasi Suhu dan pH Air Aquascape Ikan Guppy," *J. Informatics, Inf. Syst. Softw. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 58–70, 2021.