

RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU DAN PENGENDALI SUHU DAN PH AIR PADA KOLAM IKAN GABUS BERBASIS IoT

Gusti Lutfi Fikri*, Emir Nasrullah², Umi Murdika³

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

Received: 31 Agustus 2024

Accepted: 5 Oktober 2024

Published: 12 Oktober 2024

Keywords:

Ikan Gabus;
Internet of Things;
Logika Fuzzy;
Thingspeak;

Correspondent Email:

gustilutfi123@gmail.com

Abstrak. Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menghadirkan inovasi dalam bidang perikanan. Kondisi lingkungan kolam ikan dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis menggunakan teknologi IoT. Ikan gabus dikenal karena memiliki kandungan albumin yang tinggi, menjadikannya sebagai obat alternatif untuk penyakit hipoalbumin dan penyembuhan luka pasca operasi. Salah satu faktor yang dapat menghambat pembudidayaan ikan gabus adalah kualitas air. Terdapat beberapa parameter yang diperhatikan dalam kualitas air, di antaranya suhu dan pH. Penelitian ini merancang prototipe alat pemantau dan pengontrol suhu serta pH berbasis IoT, dengan menggunakan sensor suhu dan pH sebagai parameter utama serta dua buah aktuator, yaitu pompa *filter* dan pompa *aerator*. Data dari sensor diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada platform *Thingspeak*. Sistem ini menerapkan metode *fuzzy logic* yang menghasilkan durasi operasional dari pompa *aerator* dan pompa *filter* untuk menjaga kualitas air pada kolam ikan gabus. Air kolam ikan gabus yang diinginkan memiliki rentang suhu antara 25-32 °C dan rentang pH antara 6,5-9. Saat pengujian sensor, didapatkan rata-rata selisih yang dihasilkan oleh sensor suhu sebesar 0,174 °C dan sensor pH sebesar 0,176. Selain itu, pengujian hasil pada output logika *fuzzy* sistem terhadap aturan (*rule*) menunjukkan akurasi sebesar 97,2%.

Abstract. *Internet of Things* (IoT) technology has brought innovation in the field of fisheries. The environmental conditions of fish ponds can be monitored and controlled automatically using IoT technology. Snakehead fish is known for its high albumin content, making it an alternative medicine for hypoalbumin disease and postoperative wound healing. One of the factors that can hinder the cultivation of snakehead fish is water quality. There are several parameters that are considered in water quality, including temperature and pH. This research designs a prototype of an IoT-based temperature and pH monitoring and control device, using temperature and pH sensors as the main parameters and two actuators, namely a filter pump and an aerator pump. Data from the sensors is processed by ESP32 and displayed on the Thingspeak platform. This system applies a fuzzy logic method that generates the operational duration of the filter pump and aerator pump to maintain water quality in the snakehead fish pond. The desired snakehead fish pond water has a temperature range between 25-32°C and a pH range between 6.5-9. When testing the sensors, the average difference produced by the temperature sensor is 0.174 °C and the pH sensor is 0.176. In addition, testing the results on the system's fuzzy logic output against the rules shows an accuracy of 97.2%.

1. PENDAHULUAN

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa berbagai kemajuan signifikan dalam bidang perikanan, khususnya dalam pengelolaan lingkungan budidaya ikan gabus. Dengan kemampuan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan seperti suhu dan pH air kolam secara real-time, teknologi ini menawarkan solusi yang lebih efisien dibandingkan metode tradisional yang sering kali mengandalkan pengawasan manual[1]. Namun, tantangan yang dihadapi oleh para peternak ikan gabus masih besar, terutama dalam mendeteksi perubahan kondisi lingkungan dengan cepat.

Beberapa penelitian telah mengeksplorasi penerapan teknologi IoT dalam pengelolaan kualitas air pada budidaya perikanan. Salah satunya mengembangkan sistem monitoring pH dan suhu menggunakan mikrokontroler ESP32, yang menyimpan data sensor dalam aplikasi berbasis Android untuk memberikan kemudahan akses informasi kepada pengguna[2]. Penelitian lainnya menciptakan sistem kontrol kualitas air yang mengintegrasikan berbagai parameter, seperti salinitas dan pH, untuk menjaga kestabilan kualitas air dengan memanfaatkan teknologi microbubbles[3]. Selain itu, terdapat penelitian yang memanfaatkan metode *fuzzy logic* dalam sistem pemantauan kualitas air secara real-time, di mana data dari berbagai sensor diproses untuk memberikan informasi mengenai kondisi air yang ditampilkan di platform digital[4].

Meskipun penelitian-penelitian ini telah menunjukkan kemajuan yang signifikan, masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut, terutama dalam menciptakan sistem otomatis yang mampu mengelola parameter suhu dan pH secara efektif dan responsif dalam budidaya ikan gabus. Pendekatan yang mengintegrasikan *fuzzy logic* dengan teknologi IoT menawarkan solusi inovatif untuk pengelolaan yang lebih adaptif.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe alat pemantau dan pengendali suhu serta pH, yang mengintegrasikan teknologi sensor presisi dengan algoritma *fuzzy logic*. Dengan mengembangkan sistem yang mampu menjaga kondisi optimal secara otomatis, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam budidaya ikan gabus, sekaligus menjadi langkah awal dalam

penerapan teknologi IoT yang lebih luas di sektor perikanan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Gabus

Ikan Gabus (*Channa striata*) adalah ikan tawar yang populer di Asia, dikenal karena morfologinya yang unik dan nilai gizinya yang tinggi, mencapai 42% protein. Pembudidayaan ikan gabus memerlukan perhatian pada parameter pH dan suhu untuk pertumbuhan optimal. Standar kualitas air untuk ikan gabus meliputi suhu 25-32°C dan pH 6,5-9[5].

2.2 Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy*, yang diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965, merupakan metode yang memetakan ruang masukan ke keluaran dengan mempertimbangkan ketidakjelasan dan ketidakpastian[6]. Konsep ini menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, menggunakan derajat keanggotaan untuk menangani informasi yang tidak pasti[7]. 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.

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 metode centroid[8].

2.3 Sensor pH

Sensor pH tipe 4502C digunakan untuk mengukur keasaman atau kebasaan larutan, penting untuk menjaga kualitas air dalam

budidaya ikan. Sensor ini bekerja dengan mengukur potensi listrik melalui elektroda, memberikan informasi akurat tentang tingkat pH[9].

2.4 Sensor Suhu

Sensor suhu DS18B20 adalah perangkat digital yang dirancang untuk mengukur suhu dalam rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ untuk rentang suhu antara -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Sensor ini menggunakan protokol satu kabel (one-wire), yang memungkinkan beberapa sensor DS18B20 terhubung secara paralel melalui satu jalur penghubung, sehingga mengurangi penggunaan kabel dan memudahkan instalasi. Ketika sensor terendam dalam air, ujung logam sensor mendeteksi suhu dan memberikan output dalam bentuk digital yang dapat dengan mudah dibaca dan diolah oleh mikrokontroler[10].

2.5 Relay

Relay adalah perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar listrik yang dioperasikan secara otomatis. Terdiri dari dua bagian utama, yaitu kumparan (coil) dan kontak saklar, relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan, ia menghasilkan medan magnet yang menarik atau menjauhkan kontak saklar, sehingga dapat mengalirkan listrik dengan arus yang lebih tinggi dibandingkan arus yang digunakan untuk mengoperasikannya[11].

2.6 Aerator

Aerator adalah perangkat yang digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air, yang penting bagi kesehatan ikan. Dengan mempertemukan air dengan oksigen dari udara, *aerator* mendorong air ke atas dan meningkatkan interaksi antara keduanya. Dalam budidaya perikanan, aerasi tidak hanya menambah oksigen tetapi juga membantu stabilitas pH air, mencegah penumpukan senyawa organik yang dapat menurunkan pH dan mengurangi akumulasi CO_2 dalam kolam.

2.7 Filter Akuarium

Filter akuarium berperan penting dalam menjaga kualitas air dengan menyaring kotoran dan partikel tidak diinginkan. Dalam sistem akuakultur, penggunaan *filter* mekanis dan

biologis membantu menciptakan lingkungan yang bersih untuk kesehatan ikan. *Filter* mekanis menyaring kotoran secara fisik menggunakan media seperti spons atau serat kapas, sementara *filter* biologis menyediakan media untuk pertumbuhan bakteri yang mengubah amonia dan nitrit berbahaya menjadi nitrat yang lebih aman.

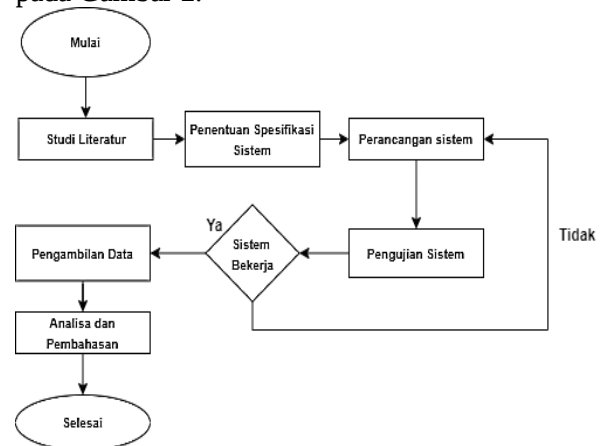
2.8 Thingspeak

Thingspeak adalah platform IoT yang memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data dari perangkat yang terhubung. Dalam konteks budidaya ikan gabus, *Thingspeak* dapat digunakan untuk mengirim data dari sensor secara otomatis ke cloud, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh[12].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian mencakup tahap-tahap dari studi literatur hingga pengujian sistem, yang digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 2.



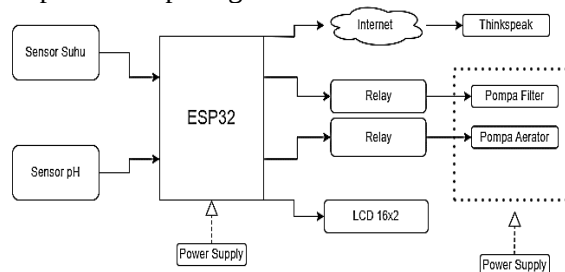
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir yang disajikan menggambarkan langkah-langkah penelitian dari awal hingga akhir. Tahap pertama adalah Studi Literatur, di mana literatur terkait dikaji untuk memahami kontrol suhu dan pH dalam kolam ikan gabus, yang penting untuk menetapkan dasar teori dan spesifikasi sistem. Selanjutnya, pada Penentuan Spesifikasi Sistem dan Perancangan Sistem, spesifikasi teknis dirumuskan dan desain sistem, termasuk penggunaan logika *fuzzy* dan platform IoT *Thingspeak*, dikembangkan. Setelah desain

selesai, Pengambilan Data dilakukan untuk mengumpulkan data suhu dan pH air guna menguji efektivitas sistem. Data tersebut digunakan dalam Pengujian Sistem untuk memastikan sistem berfungsi sesuai spesifikasi dan kriteria kinerja. Hasil pengujian kemudian dianalisis dalam Analisa dan Pembahasan untuk mengevaluasi kinerja dan identifikasi perbaikan. Proses diakhiri dengan tahap Selesai, di mana kesimpulan ditarik dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya disajikan.

3.4 Diagram Blok Perancangan Alat

Adapun diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada gambar berikut:



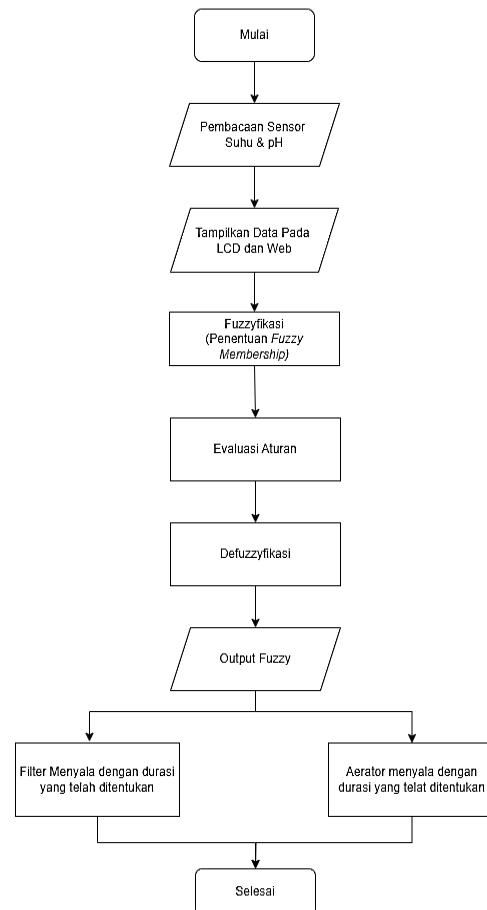
Gambar 2 Diagram Blok Perancangan Alat

Diagram blok yang disajikan menggambarkan sistem pemantauan dan pengendali suhu dan pH pada kolam ikan gabus berbasis IoT. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan sensor DS18B20 dan sensor PH 4502c. Data suhu dan pH yang dibaca oleh sensor akan ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke jaringan internet menggunakan ESP32 yang terhubung dengan jaringan WiFi. Data tersebut akan diterima dan ditampilkan melalui Platform *Thingspeak* yang dapat diakses melalui *smartphone* atau laptop. ESP32 juga terhubung ke relay yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan aktuator berupa pompa *filter* sebagai sirkulasi pada kolam, dan pompa *aerator* untuk menjaga dan menaikkan pH agar tetap stabil pada range yang diinginkan.

3.5 Diagram Alir Sistem Fuzzy Logic

Pada penelitian ini, sistem kontrol yang digunakan adalah kontrol logika fuzzy. Pemilihan sistem ini didasarkan pada konsepnya yang mudah dimengerti, fleksibel, dan toleran terhadap data yang tidak tetap. Sistem ini mengandalkan dua input utama, yaitu sensor DS18B20 dan pH-4502C, yang berfungsi untuk mengukur suhu dan pH air di

kolam ikan gabus. Hasil dari pembacaan sensor ini akan mempengaruhi durasi operasi pompa *filter* dan pompa *aerator*.



Gambar 3 Diagram Alir Logika Fuzzy

Sistem ini memantau suhu dan pH air, dengan suhu ideal antara 25–32 °C dan pH antara 6,5–9. Data dari sensor dikirim ke mikrokontroler untuk diproses. Informasi suhu dan pH ditampilkan pada LCD dan dikirim ke platform IoT *Thingspeak* untuk pemantauan real-time.

Proses fuzzifikasi membagi nilai sensor menjadi keanggotaan fuzzy, yaitu "Dingin", "Normal", "Panas" untuk suhu, dan "Asam", "Netral", "Basa" untuk pH. Output fuzzy dari pompa *filter* dan *aerator* diatur berdasarkan keanggotaan tersebut, dengan pompa *filter* memiliki kategori "Mati", "Sebentar", "Lama" dan pompa *aerator* "Off", "Sedikit", "Banyak".

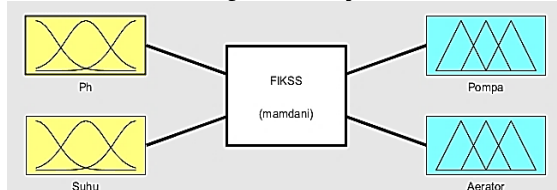
Pada tahap aturan fuzzy, kombinasi nilai keanggotaan dari sensor akan menghubungkan masukan dengan keluaran pompa. Contohnya,

jika (suhu adalah dingin) dan (pH adalah asam), maka (*Filter* lama) dan (*Aerator* Banyak).

Defuzzifikasi mengubah output *fuzzy* menjadi instruksi konkret untuk perangkat keras, sehingga memastikan pengelolaan suhu dan pH yang optimal. Output *fuzzy* untuk pompa *filter* mencakup "Sebentar", "Sedang", dan "Lama", sementara untuk pompa *aerator* mencakup "Sebentar" dan "Lama". Hal ini memungkinkan pengaturan durasi operasi pompa untuk menjaga kondisi lingkungan kolam ikan gabus.

3.6 Perancangan Fuzzy pada Matlab

Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* untuk membuat keputusan tentang nilai yang dihasilkan sensor. MATLAB 2020, perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan perancangan *fuzzy logic*, digunakan. Berikut adalah tampilan *Fuzzy* MATLAB 2020.



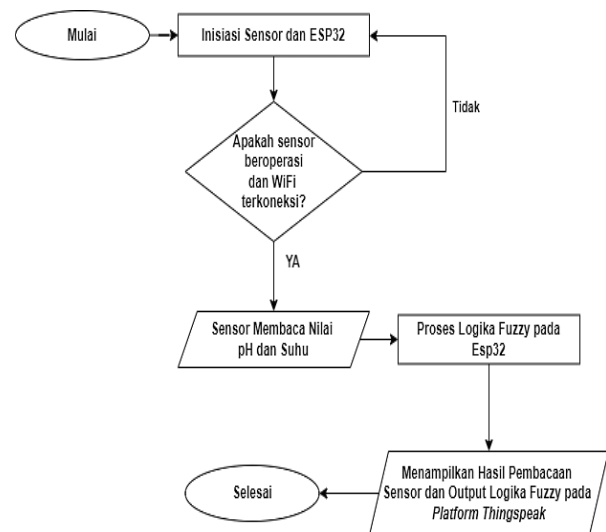
Gambar 4 Tampilan *Fuzzy* pada MATLAB

Berdasarkan Gambar 4 pada kolom yang berwarna kuning merupakan input yang terdiri dari 2 variabel, lalu kolom putih merupakan proses yang terdiri dari aturan *fuzzy* dan kolom biru merupakan output pada *fuzzy*.

3.6 Perancangan Sistem Internet of Things

Dalam penelitian ini, *Thingspeak* digunakan sebagai platform *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan mengelola data dari sensor suhu dan pH secara efisien.

Berdasarkan Gambar 5, tahapan pengiriman data ke *Thingspeak* dimulai dengan menginisiasi sensor suhu, pH, dan mikrokontroler ESP32. Setelah memastikan sensor berfungsi dan ESP32 terhubung ke WiFi, sensor membaca nilai pH dan suhu air kolam. Hasil pembacaan diproses menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan waktu operasi pompa *filter* dan pompa *aerator*. Data suhu, pH, dan output logika *fuzzy* kemudian ditampilkan di *Thingspeak*, yang dapat diakses melalui *smartphone* atau laptop.



Gambar 5 Diagram Alir Pengiriman Data ke *Thingspeak*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Perancangan

Implementasi perancangan sistem pemantauan dan pengendali suhu serta pH air pada kolam ikan gabus ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar ini mengilustrasikan hubungan antar komponen dalam sistem yang telah dirancang, termasuk peran mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH 4502C untuk memonitor kondisi air, dengan data yang diproses menggunakan metode *fuzzy logic*, yang kemudian menentukan durasi operasi pompa *filter* dan *aerator* untuk menjaga kestabilan lingkungan kolam.



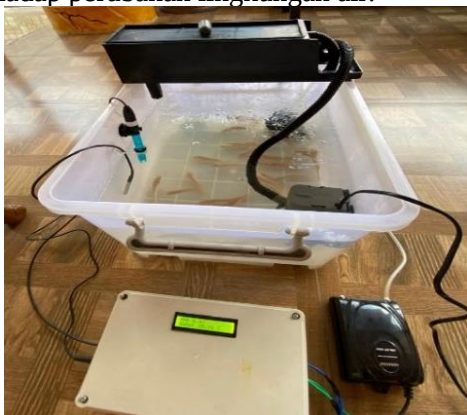
Gambar 6 Rangkaian Sistem Pemantau dan Pengendali Suhu dan pH

4.1.2 Prinsip Kerja Sistem Perancangan

Pada penelitian ini, alat pemantau dan pengendali suhu serta pH pada air kolam ikan gabus dirancang untuk melalui tiga tahap utama: pembacaan input, pengolahan data, dan pengeluaran output.

Pada tahap pembacaan input, sensor suhu DS18B20 dan sensor pH 4502C mengukur kondisi air kolam secara terus-menerus. Data suhu dan pH yang dikumpulkan kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32, di mana proses pengolahan data berlangsung. Mikrokontroler menggunakan metode *fuzzy logic* untuk memproses informasi dari sensor dan menentukan apakah pompa *filter* dan *aerator* perlu diaktifkan.

Pada tahap pengeluaran output, relay yang terhubung ke mikrokontroler mengendalikan pompa *filter* dan *aerator* berdasarkan hasil proses *fuzzy logic*. Jika suhu air berada di luar rentang 25°C-32°C atau pH di luar 6,5-9, mikrokontroler memerintahkan relay untuk mengaktifkan pompa. Sebaliknya, jika suhu dan pH berada dalam rentang yang diinginkan, relay tetap tidak aktif, menjaga kestabilan lingkungan air kolam sesuai parameter yang telah ditentukan. Sistem ini dirancang untuk memastikan kondisi optimal bagi ikan gabus dengan respons yang adaptif terhadap perubahan lingkungan air.



Gambar 7 Implementasi Sistem Keseluruhan

4.2 Pengujian Alat

Proses pengujian dilakukan untuk memastikan kondisi, kemampuan alat, dan tingkat akurasi dari berbagai komponen, termasuk LCD 16x2, Sensor Suhu DS18B20, dan Sensor pH 4502C. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa alat yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi, dengan

tingkat kesalahan (error) yang minimal, sehingga hasilnya memenuhi harapan dan kebutuhan sistem.

4.2.1 Pengujian LCD

Pengujian LCD untuk memastikan bahwa komponen ini dapat menampilkan output dari sistem dengan benar dan berfungsi sesuai harapan. Pengujian dilakukan menggunakan mikrokontroler ESP32, LCD 16x2, kabel USB type C, kabel jumper, laptop, dan software Arduino IDE. Langkah pertama adalah menghubungkan LCD 16x2 ke ESP32, di mana pin SCL dihubungkan ke pin 22 ESP32, pin SDA ke pin 21 ESP32, dan pin GND ke pin GND ESP32. Setelah semua koneksi terpasang, source code diunggah ke mikrokontroler untuk memulai pengujian. Hasil pengujian tersebut ditampilkan pada Gambar 10 berikut.



Gambar 8 Pengujian LCD 16x2

4.2.2 Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan dengan membandingkan nilai sensor pH yang akan digunakan dengan hasil pengukuran pH meter.

Tabel 1 Pengujian Sensor pH

Sensor pH	pH Meter	Selisih
7,68	7,98	0,30
9,28	9,18	0,1
7,27	7,18	0,09
4,1	4,01	0,09
4,76	5,06	0,30
Rata-Rata		0,176

Tabel 1 di atas menunjukkan perbandingan pembacaan pH antara sensor pH dan pH meter. Dari lima kali pengambilan data, ditemukan bahwa perbedaan nilai pH antara kedua alat berkisar antara 0,09 hingga 0,3, dengan rata-rata selisih nilai pH sebesar 0,176.

4.2.3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil

pembacaan sensor dengan nilai yang diperoleh dari termometer sebagai referensi.

Tabel 2 Pengujian Sensor Suhu

Sensor Suhu	Thermometer	Selisih
68.9	69	0.1
63.79	64	0.21
57.15	57	0.15
52.31	52	0.31
48.1	48	0.1
Rata-Rata		0,174

Tabel 2 di atas menunjukkan perbandingan pembacaan suhu antara sensor suhu DS18B20 dan termometer. Setelah lima kali pengambilan data, nilai perbedaan suhu yang dicatat pada keduanya berkisar antara 0,1°C dan 0,31°C, dengan perbedaan suhu rata-rata 0,174 °C.

4.3 Perancangan Fuzzy pada MATLAB

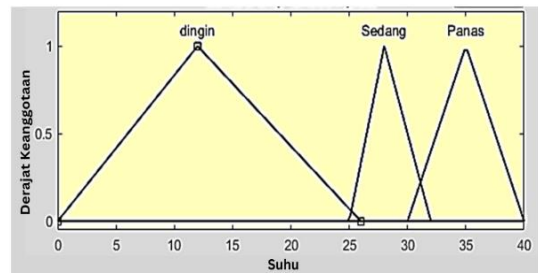
4.3.1 Fuzzifikasi

Pada tahap *fuzzifikasi*, masukkan Fuzzy yang digunakan berupa suhu dan pH, serta *Output* yang digunakan adalah *Filter* dan *Aerator*.

Tabel 3 Membership Function

No.	Bagian	Variable	Himpunan Fuzzy	Parameter
1.	INPUT	Suhu Air (°C)	Dingin	0 – 26
			Sedang	25 – 32
			Panas	30 – 40
2.	INPUT	Tingkat Keasaman (pH)	Asam	0 – 7
			Netral	6 – 9
			Basa	8 – 14
3.	OUTPUT	Aerator	Off	0 – 2
			Sedikit	1 – 65
			Banyak	55 – 120
4.	OUTPUT	Filter	Mati	0 – 2
			Sebentar	1 – 35
			Lama	25 – 60

• Fungsi Keanggotaan Suhu



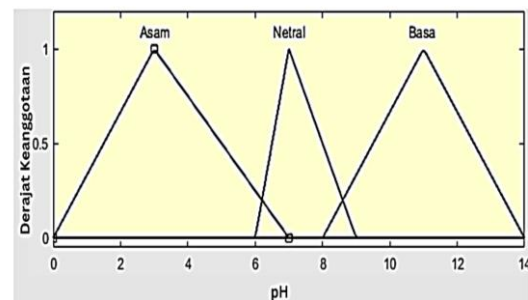
Gambar 9 Fungsi Keanggotaan Suhu

$$\mu_{Dingin}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 26 \\ \frac{x-0}{12-0}; & 0 \leq x \leq 12 \\ \frac{26-x}{26-12}; & 12 \leq x \leq 26 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 32 \\ \frac{x-25}{28-25}; & 25 \leq x \leq 28 \\ \frac{32-x}{32-28}; & 28 \leq x \leq 32 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Panas}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-30}{35-30}; & 30 \leq x \leq 35 \\ \frac{40-x}{40-35}; & 35 \leq x \leq 40 \end{cases} \quad (3)$$

• Fungsi Keanggotaan pH



Gambar 10 Fungsi Keanggotaan pH

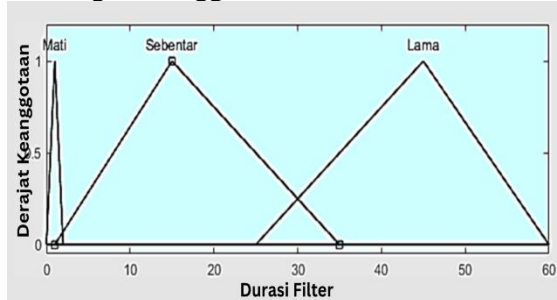
$$\mu_{Asam}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 7 \\ \frac{x-0}{3-0}; & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{7-x}{7-3}; & 3 \leq x \leq 7 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Netral}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x-6}{7-6}; & 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{9-x}{9-7}; & 7 \leq x \leq 9 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Basa}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 8 \text{ atau } x \geq 14 \\ \frac{x-8}{11-8}; & 8 \leq x \leq 11 \\ \frac{14-x}{14-11}; & 11 \leq x \leq 14 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{Banyak}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 55 \text{ atau } x \geq 120 \\ \frac{x-55}{90-55}; & 55 \leq x \leq 90 \\ \frac{120-x}{120-90}; & 90 \leq x \leq 120 \end{cases} \quad (12)$$

• Fungsi Keanggotaan Filter Air



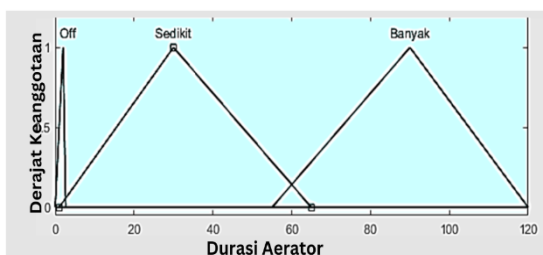
Gambar 11 Fungsi Keanggotaan Filter Air

$$\mu_{Mati}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 2 \\ \frac{x-0}{1-0}; & 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{2-x}{2-1}; & 1 \leq x \leq 2 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Sebentar}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{x-1}{15-1}; & 1 \leq x \leq 15 \\ \frac{35-x}{35-15}; & 15 \leq x \leq 35 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{Lama}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x-25}{45-25}; & 25 \leq x \leq 45 \\ \frac{60-x}{60-45}; & 45 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (9)$$

• Fungsi Keanggotaan Aerator



Gambar 12 Fungsi Keanggotaan Aerator

$$\mu_{Off}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 2 \\ \frac{x-0}{1-0}; & 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{2-x}{2-1}; & 1 \leq x \leq 2 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{Sedikit}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1 \text{ atau } x \geq 65 \\ \frac{x-1}{30-1}; & 1 \leq x \leq 30 \\ \frac{65-x}{65-30}; & 30 \leq x \leq 65 \end{cases} \quad (11)$$

4.3.2 Aturan Fuzzy

Rancangan pengendali Fuzzy menggunakan inferensi Fuzzy berbasis aturan untuk menarik kesimpulan dari himpunan yang ada. Metode inferensi yang digunakan adalah Mamdani, menghasilkan keluaran dalam bentuk nilai tegas untuk durasi operasional aktuatur. Terdapat 9 aturan Fuzzy yang diperoleh dari 32 kombinasi, dengan 3 variabel himpunan Fuzzy dan 2 variabel input. Aturan-aturan ini dinyatakan dalam bentuk logika IF-THEN, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.

Tabel 4 Rule Fuzzy

No.	Suhu	pH	Filter	Aerator
1	Dingin	Asam	Lama	Banyak
2	Sedang	Asam	Sebentar	Banyak
3	Panas	Asam	Lama	Banyak
4	Dingin	Basa	Lama	Sedikit
5	Sedang	Basa	Sebentar	Sedikit
6	Panas	Basa	Lama	Sedikit
7	Dingin	Netral	Lama	Sedikit
8	Sedang	Netral	Mati	Sedikit
9	Panas	Netral	Lama	Sedikit

4.5 Perbandingan Logika Fuzzy Pada Sistem Dengan MATLAB

Perbandingan implementasi logika fuzzy dalam sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta pH kolam ikan gabus dengan simulasi menggunakan MATLAB. Bertujuan menilai efektivitas metode fuzzy yang diterapkan di lapangan dibandingkan dengan hasil simulasi.

Pengujian meliputi perbandingan durasi operasi pompa aerator dan pompa filter antara sistem berbasis ESP32 dan simulasi MATLAB. Hasil dari kedua sistem akan dianalisis untuk mengidentifikasi perbedaan respons terhadap variasi suhu dan pH, sehingga memberikan wawasan tentang kinerja sistem kontrol fuzzy

dan membantu dalam optimalisasi desain di masa mendatang.

Tabel 5 Perbandingan Output *Filter*

Input		Output Sistem	Output Simulasi MATLAB	Selisih
pH	Suhu (°C)	Filter Out (Menit)	Filter Out (Menit)	
5.78	29.67	17,57 (Sebentar)	17,6 (Sebentar)	0,03
4.24	29.67	17,25 (Sebentar)	17,2 (Sebentar)	0,05
6.9	27.56	8,94 (Sebentar)	9,04 (Sebentar)	0,1
5.16	29.18	17,38 (Sebentar)	17,4 (Sebentar)	0,02
5.28	21.35	42,89 (Lama)	42,9 (Lama)	0,01
5.92	23.86	42,69 (Lama)	42,7 (Lama)	0,01
6,45	24.1	42,7 (Lama)	42,7 (Lama)	0
5.87	23.74	42,70 (Lama)	42,7 (Lama)	0
5.78	34.95	42,86 (Lama)	42,9 (Lama)	0,04
6.20	34.55	42,7 (Lama)	42,7 (Lama)	0
4.41	32.67	43,09 (Lama)	43,1 (Lama)	0,01
5.82	33.47	42,85 (Lama)	42,8 (Lama)	0,05
7.56	27.72	1 (Mati)	1,04 (Mati)	0,04
7.53	29.18	1 (Mati)	1,04 (Mati)	0,04
7.49	29.00	1 (Mati)	1,04 (Mati)	0,04
7.50	28.39	1 (Mati)	1,04 (Mati)	0,04
7.38	21.39	42,9 (Lama)	42,9 (Lama)	0
7.71	22.46	42,80 (Lama)	42,8 (Lama)	0
7.63	23.24	42,74 (Lama)	42,7 (Lama)	0,04
7.66	24.69	42,62 (Lama)	42,6 (Lama)	0,02
7.56	34.69	43,23 (Lama)	43,2 (Lama)	0,03
7.58	33.19	43,17 (Lama)	43,2 (Lama)	0,03
7,63	32,92	43,1 (Lama)	43,1 (Lama)	0
7.68	32.39	43,03 (Lama)	43 (Lama)	0,03
9.02	28.39	17,52 (Sebentar)	17,5 (Sebentar)	0,02

8.72	29.54	17,13 (Sebentar)	17,2 (Sebentar)	0,07
8.82	28.70	17,31 (Sebentar)	17,4 (Sebentar)	0,09
8.56	27.61	16,74 (Sebentar)	17,1 (Sebentar)	0,36
8.96	24.34	42,56 (Lama)	42,6 (Lama)	0,04
9.12	21.60	42,87 (Lama)	42,9 (Lama)	0,03
9.08	23.47	42,72 (Lama)	42,7 (Lama)	0,02
8.89	22.21	42,82 (Lama)	42,8 (Lama)	0,02
8.87	32.55	42,84 (Lama)	42,8 (Lama)	0,04
8.99	33.11	42,89 (Lama)	42,9 (Lama)	0,01
9.08	35.05	42,9 (Lama)	42,9 (Lama)	0
9.11	34.67	42,93 (Lama)	42,9 (Lama)	0,03
Rata-Rata				0,029

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian sistem pada bagian Pompa *Filter* menggunakan logika *Fuzzy* untuk menentukan durasi hidupnya. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan antara alat yang dibuat dengan simulasi MATLAB. Contohnya, pada pH 7,63 dan suhu 23,24°C, keluaran pompa *filter* pada alat adalah 42,74 menit, sedangkan pada simulasi MATLAB adalah 42,7 menit. Perbedaan ini disebabkan oleh pembulatan yang berbeda antara sistem dengan simulasi MATLAB. Rata-rata nilai selisih pompa *Filter* adalah 0,29.

Tabel 6 Perbandingan Output *Aerator*

Input		Output Sistem	Output Simulasi MATLAB	Selisih
pH	Suhu (°C)	Aerator Out (Menit)	Aerator Out (Menit)	
5.78	29.67	87,86 (Banyak)	87,9 (Banyak)	0,04
4.24	29.67	88,13 (Banyak)	88,1 (Banyak)	0,03
6.9	27.56	54,75 (Sedikit)	55,1 (Sedikit)	0,35
5.16	29.18	88,02 (Banyak)	88 (Banyak)	0,02
5.28	21.35	87,89 (Banyak)	87,9 (Banyak)	0,01

5.92	23.86	87,69 (Banyak)	87,7 (Banyak)	0,01
6,45	24.1	60,46 (Banyak)	60,4 (Banyak)	0,06
5.87	23.74	87,70 (Banyak)	87,7 (Banyak)	0
5.78	34.95	87,86 (Banyak)	87,9 (Banyak)	0,04
6.20	34.55	60,45 (Banyak)	60,45 (Banyak)	0
4.41	32.67	88,09 (Banyak)	88,1 (Banyak)	0,01
5.82	33.47	87,85 (Banyak)	87,8 (Banyak)	0,05
7.56	27.72	1 (Off)	1,2 (Off)	0,2
7.53	29.18	1 (Off)	1,2 (Off)	0,2
7.49	29.00	1 (Off)	1,2 (Off)	0,2
7.50	28.39	1 (Off)	1,2 (Off)	0,2
7.38	21.39	32,54 (Sedikit)	32,5 (Sedikit)	0,04
7.71	22.46	32,64 (Sedikit)	32,6 (Sedikit)	0,04
7.63	23.24	32,72 (Sedikit)	32,7 (Sedikit)	0,02
7.66	24.69	32,86 (Sedikit)	32,8 (Sedikit)	0,06
7.56	34.69	32,12 (Sedikit)	32,1 (Sedikit)	0,02
7.58	33.19	32,19 (Sedikit)	32,2 (Sedikit)	0,01
7,63	32,92	32,2 (Sedikit)	32,2 (Sedikit)	0
7.68	32.39	32,36 (Sedikit)	32,4 (Sedikit)	0,04
9.02	28.39	32,52 (Sedikit)	32,5 (Sedikit)	0,02
8.72	29.54	32,05 (Sedikit)	32,3 (Sedikit)	0,25
8.82	28.70	32,23 (Sedikit)	32,4 (Sedikit)	0,17
8.56	27.61	31,64 (Sedikit)	32 (Sedikit)	0,36
8.96	24.34	32,8 (Sedikit)	32,8 (Sedikit)	0
9.12	21.60	32,56 (Sedikit)	32,6 (Sedikit)	0,04
9.08	23.47	32,74 (Sedikit)	32,7 (Sedikit)	0,04
8.89	22.21	32,62 (Sedikit)	32,6 (Sedikit)	0,02
8.87	32.55	32,6 (Sedikit)	32,59 (Sedikit)	0,01

8.99	33.11	32,54 (Sedikit)	32,5 (Sedikit)	0,04
9.08	35.05	32,5 (Sedikit)	32,5 (Sedikit)	0
9.11	34.67	32,49 (Sedikit)	32,49 (Sedikit)	0
Rata-Rata				0,064

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian sistem pada bagian Pompa *Aerator* menggunakan logika *Fuzzy* untuk menentukan durasi operasional dari pompa *aerator*. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan antara alat yang dibuat dengan simulasi MATLAB. Contohnya, pada pH 7,63 dan suhu 23,24°C, keluaran pompa *filter* pada alat adalah 32,72 menit, sedangkan pada simulasi MATLAB adalah 32,7 menit. Perbedaan ini disebabkan oleh pembulatan yang berbeda antara alat yang dibuat dengan simulasi MATLAB. Didapatkan nilai selisih rata-rata 0,064.

4.5 Kesesuaian Output Terhadap Rule *Fuzzy*

Kesesuaian output sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta pH kolam ikan gabus terhadap rule *fuzzy* yang telah dirancang. Data operasi pompa *aerator* dan pompa *filter* dari sistem berbasis ESP32 dikumpulkan dan dianalisis untuk memastikan bahwa durasi dan respons operasi pompa konsisten sesuai dengan rule *fuzzy* yang telah dirancang.

Tabel 7 Kesesuaian Output dengan Rule

Input		Output Sistem		Kirim ke Web	Sesuai Rule
pH	Suhu (°C)	Filter Out (Menit)	Aerator Out (Menit)		
5.78	29.67	17,57 (Sebentar)	87,86 (Banyak)	✓	✓
4.24	29.67	17,25 (Sebentar)	88,13 (Banyak)	✓	✓
6.92	27.56	8,0 (Sebentar)	50,15 (Sedikit)	✓	✗
5.16	29.18	17,38 (Sebentar)	88,02 (Banyak)	✓	✓
5.28	21.35	42,89 (Lama)	87,89 (Banyak)	✓	✓
5.92	23.86	42,69 (Lama)	87,69 (Banyak)	✓	✓
6,45	24.1	42,7 (Lama)	60,46 (Banyak)	✓	✓
5.87	23.74	42,70 (Lama)	87,70 (Banyak)	✓	✓
5.78	34.95	42,86 (Lama)	87,86 (Banyak)	✓	✓

6.20	34.55	42,7 (Lama)	60,45 (Banyak)	✓	✓
4.41	32.67	43,09 (Lama)	88,09 (Banyak)	✓	✓
5.82	33.47	42,85 (Lama)	87,85 (Banyak)	✓	✓
7.56	27.72	1 (Mati)	1 (Off)	✓	✓
7.53	29.18	1 (Mati)	1 (Off)	✓	✓
7.49	29.00	1 (Mati)	1 (Off)	✓	✓
7.50	28.39	1 (Mati)	1 (Off)	✓	✓
7.38	21.39	42,9 (Lama)	32,54 (Sedikit)	✓	✓
7.71	22.46	42,80 (Lama)	32,64 (Sedikit)	✓	✓
7.63	23.24	42,74 (Lama)	32,72 (Sedikit)	✓	✓
7.66	24.69	42,62 (Lama)	32,86 (Sedikit)	✓	✓
7.56	34.69	43,23 (Lama)	32,12 (Sedikit)	✓	✓
7.58	33.19	43,17 (Lama)	32,19 (Sedikit)	✓	✓
7,63	32,92	43,1 (Lama)	32,2 (Sedikit)	✓	✓
7.68	32.39	43,03 (Lama)	32,36 (Sedikit)	✓	✓
9.02	28.39	17,52 (Sebentar)	32,52 (Sedikit)	✓	✓
8.72	29.54	17,13 (Sebentar)	32,05 (Sedikit)	✓	✓
8.82	28.70	17,31 (Sebentar)	32,23 (Sedikit)	✓	✓
8.56	27.61	16,74 (Sebentar)	31,64 (Sedikit)	✓	✓
8.96	24.34	42,56 (Lama)	32,8 (Sedikit)	✓	✓
9.12	21.60	42,87 (Lama)	32,56 (Sedikit)	✓	✓
9.08	23.47	42,72 (Lama)	32,74 (Sedikit)	✓	✓
8.89	22.21	42,82 (Lama)	32,62 (Sedikit)	✓	✓
8.87	32.55	42,84 (Lama)	32,6 (Sedikit)	✓	✓
8.99	33.11	42,89 (Lama)	32,54 (Sedikit)	✓	✓
9.08	35.05	42,9 (Lama)	32,5 (Sedikit)	✓	✓
9.11	34.67	42,93 (Lama)	32,49 (Sedikit)	✓	✓

Pada Tabel 7 terdapat beberapa hasil yang tidak sesuai dengan aturan (rule) yang ditentukan, yang disebabkan oleh perbedaan dalam metode pembulatan pada sistem,

sehingga hasil output berbeda. kondisi di mana seharusnya *aerator* beroperasi banyak, tetapi terbaca sebagai *aerator* beroperasi sedikit. Pengiriman data ke *platform Thingspeak* berjalan dengan baik, ditandai dengan semua data berhasil dikirim dan ditampilkan pada *platform* tersebut.

Akurasi dari hasil pengujian sistem pemantau dan pengendali suhu dan pH dengan metode *Fuzzy Logic* dilakukan dengan perhitungan akurasi.

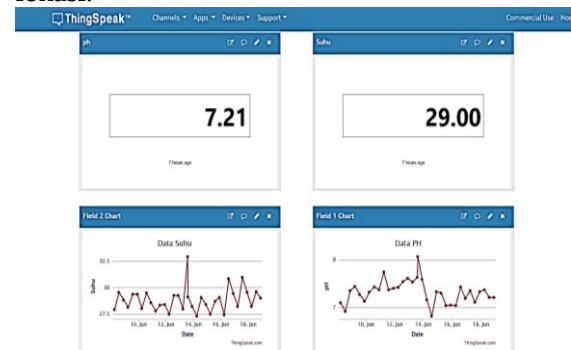
$$\text{Akurasi} = \frac{\Sigma \text{Data Uji Benar}}{\Sigma \text{Jumlah Data Uji}} \times 100\% \quad (13)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{36-1}{36} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{35}{36} \times 100\% = 97,2\%$$

4.6 Tampilan dari Thingspeak

Bagian ini menampilkan antarmuka website *Thingspeak* yang terhubung dengan sistem pemantau suhu dan pH air di kolam ikan gabus. Hasil pembacaan dari sensor suhu dan pH dapat diakses dengan mudah oleh pengguna melalui website, sehingga tidak perlu berada di lokasi.



Gambar 13 Halaman Sistem Pemantau pH dan Suhu

Pada Gambar 13 merupakan tampilan dari channel sistem pemantau suhu dan pH, dalam halaman tersebut berisi hasil pembacaan sensor suhu dan pH, yang berada paling atas merupakan data hasil pembacaan sensor yang paling terbaru, kemudian pada tampilan tersebut kita juga dapat melihat grafik pembacaan sensor suhu dan pH, lengkap dengan waktu pembacaan dan hasil pembacaan sensornya.

5. KESIMPULAN

- a. Telah terealisasi rancang bangun prototype alat pemantau dan pengendali suhu dan pH air kolam ikan gabus berbasis IoT yang dapat bekerja dengan baik, ditunjukkan dengan data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan dengan baik pada platform *Thingspeak*, serta hasil *Output* logika *Fuzzy* sistem terhadap *rule* memiliki akurasi sebesar 97,2%
- b. Berdasarkan hasil pengujian pada sensor suhu DS18B20 didapatkan selisih suhu rata-rata sebesar 0,174, dan pada hasil pengujian sensor pH didapatkan nilai selisih pH rata-rata sebesar 0,176. Berdasarkan data tersebut sensor suhu dan pH dapat digunakan untuk pengukuran suhu dan pH air pada kolam ikan gabus

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Khoiru Nurdina, A. Panji Sasmito, and N. Vendyansyah, "Penerapan *Internet of Things* (Iot) Monitoring Dan Controlling Perawatan Anakan Ikan Koi Berbasis Website," JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform., vol. 6, no. 2, pp. 1115–1122, 2023, doi: 10.36040/jati.v6i2.5349.
- [2] F. Hidayat, A. Harijanto, and B. Supriadi, "Rancang Bangun Alat Ukur Sistem Monitoring PH Dan Suhu Kolam Ikan Lele Berbasis Iot Dengan Esp8266," J. Kumparan Fis., vol. 5, no. 2, pp. 77–84, 2022, doi: 10.33369/jkf.5.2.77-84.
- [3] S. Sukarni et al., "Kontrol Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis Microbubbles dan *Internet of Things* (IOT)," Pros. Has. Pengabdi. Kpd. Masyarakat, no. Hapemas 2, pp. 224–234, 2018, [Online].
- [4] H. F. Nurwirasaputra, S. Sumaryo, and P. Pangaribuan, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real-Time Untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Design of Real-Time System Water Quality Monitoring for Aquaculture Using *Fuzzy Logic* Method," e-Proceeding Eng., vol. 7, no. 2, pp. 2992–2999, 2020.
- [5] S. Supriyanto and Y. Nugraha, "EVALUASI KELANGSUNGAN HIDUP DAN PERTUMBUHAN PADA PEMBESARAN IKAN GABUS (*Channa striata*) DI KOLAM YANG DIBERI PENUTUP," Bul. Tek. Litkayasa Akuakultur, vol. 18, no. 1, p. 51, 2020, doi: 10.15578/blta.18.1.2020.51-55.
- [6] S. R. Divanny, Z. Nugraha, M. I. Ghaffar, and M. Rizqi, "PENERAPAN OPEN CV FUZZY LOGIC CONTROLLER UNTUK LINE FOLLOWER BERBASIS KAMREA PADA SIMULASI ROBOT E-PUCK DI WEBOTS," Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, vol. 12, no. 2, Apr. 2024,
- [7] H. Nasution, "Implementasi Logika *Fuzzy* pada Sistem Kecerdasan Buatan," ELKHA J. Tek. Elektro, vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2020, [Online].
- [8] E. Bale, H. Djahi, and D. E. D. . Pollo, "Rancang Bangun Sistem Pengontrolan Intensitas Cahaya Pada Ayam Broiler Dalam Masa Brooding Menggunakan Logika *Fuzzy*," J. Media Elektro, vol. XI, no. 2, pp. 123–129, 2022, doi: 10.35508/jme.v0i0.8048.
- [9] Khaidir Hakam Gilang Ahmad. and B. Suprianto, "Sistem Kontrol Temperatur, PH, Dan Kejernihan Air Kolam Ikan Berbasis Arduino Uno," J. Tek. Elektro., vol. 08, pp. 420–427, 2019.
- [10] N. Salsabila et al., "Rancang Alat Praktikum Untuk Mengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Arduino Uno," J. Sains Ris., vol. 13, no. 2, pp. 409–418, 2023, doi: 10.47647/jsr.v13i2.1591.
- [11] M. Saleh and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017.
- [12] B. Ferdian Hutabarat, M. Peslinof, M. F. Afianto, and Y. Fendriani, "SISTEM BASIS DATA PEMANTAUAN PARAMETER AIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) DENGAN PLATFORM *THINGSPEAK*," J. Online Phys., vol. 8, no. 2, pp. 42–50, 2023, doi: 10.22437/jop.v8i2.24365.