

Fuzzy Logic Dalam Sistem Kualitas Air Kolam Betta Splendens Berdasarkan pH dan Suhu

Hafiz Ardyansyah ¹⁾, Rizky Pradana ²⁾, Indah Puspasari Handayani ³⁾

^{1,2,3)} fakultas teknologi informasi, universitas budi luhur

Jl. Raya Ciledug, Petukangan Utara, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12260

E- mail: 1811511631@student.budiluhur.ac.id ¹⁾, rizky.pradana@budiluhur.ac.id ²⁾, indah.puspasari@budiluhur.ac.id ³⁾

Abstrak — Kualitas air untuk habitat Betta Splendens tergantung pada suhu dan keasaman air (pH), besarnya pengaruh keasaman air (pH) dan suhu dengan kehidupan ikan membuat proses kimiawi dalam air mempunyai hubungan yang sangat besar pada kehidupan ikan tersebut. Parameter keasaman air (pH) yang cocok untuk Betta Splendens berkisar pada 6,5 sampai 7,5 sedangkan pada suhu berkisar 25°C sampai 32°C. Proses pengendalian keasaman (pH) dan suhu air kolam menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan Arduino sebagai perangkat kendali dengan pembacaan nilai pH menggunakan sensor Analog pH dengan modul 4502C dan pembacaan nilai suhu menggunakan sensor suhu DS18B20. Masukan data pH air dan suhu yang dibaca oleh sensor akan diproses dengan metode Fuzzy Logic Sugeno untuk menyesuaikan kerja pompa cairan basa dan pompa cairan asam hingga mencapai nilai yang telah ditentukan sedangkan pada suhu menggunakan setpoint agar kondisi pemanas air (heater) dalam kondisi aktif atau tidak. Kemudian mengimplementasikan hasil uji untuk mengendalikan pH dan suhu air tersebut dapat dilihat pada smartphone Android yang terhubung dengan internet dalam bentuk grafik secara real time. Desain pengkodean aplikasi menggunakan Android Studio dengan menggunakan Firebase sebagai database untuk menyimpan aktivitas yang sedang terbaca oleh sensor pH dan sensor suhu. Kesimpulan dari penyusunan penelitian ini diharapkan dapat membantu para pembudidaya Betta Splendens dalam mengendalikan kualitas air pada kolam budidaya. Hasil pengujian pada sensor pH memiliki selisih rata-rata 2,1%, sedangkan pada sensor suhu mempunyai selisih rata-rata 4,71%.

Kata kunci: Fuzzy Logic, pH, Sistem Kendali, Sugeno, Defuzzifikasi

Abstract — *Water quality for Betta Splendens habitat depends on temperature and water acidity (pH), the magnitude of the effect of water acidity (pH) and*

temperature on fish life makes chemical processes in water have a very large relationship on the life of the fish. Parameters of water acidity (pH) suitable for Betta Splendens ranged from 6.5 to 7.5 while at temperatures ranging from 25°C to 32°C. The process of controlling acidity (pH) and pool water temperature using ESP32 which is integrated with Arduino as a control device by reading the pH value using an Analog pH sensor with a 4502C module and reading the temperature value using the DS18B20 temperature sensor. Input of water pH and temperature data that is read by the sensor will be processed with the Fuzzy Logic Sugeno method to adjust the work of the alkaline liquid pump and acid liquid pump until it reaches a predetermined value, while at the temperature using a setpoint so that the water heater condition is active or not. . Then implement the test results to control the pH and water temperature can be seen on Android smartphones connected to the internet in the form of graphs in real time. The app's coding design uses Android Studio using Firebase as a database to store the activity being read by the pH sensor and temperature sensor. The conclusion of the preparation of this study is expected to help Betta Splendens cultivators in controlling water quality in aquaculture ponds. The test results on the pH sensor have an average difference of 2.1%, while the temperature sensor has an average difference of 4.71%.

Keywords: Fuzzy Logic, pH, Control System, Sugeno, Defuzzification

I. PENDAHULUAN

Setiap masa ke masa, teknologi mengalami banyak perubahan dan tidak bisa dipungkiri lagi bahwa teknologi tersebut sudah menjadi salah satu kebutuhan masyarakat untuk mempermudah kegiatan kesehariannya, baik dalam kegiatan rumah tangga dan pekerjaan. Perkembangan teknologi juga memunculkan inovasi, salah satunya adalah akses jaringan yang awalnya menggunakan kabel, namun saat ini sudah mulai tergantikan dengan penggunaan nirkabel. Internet of

Things (IoT) juga merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan dengan mendukung kinerja menggunakan nirkabel dan berbasis wireless.

Manfaat dari penggunaan Internet of Things (IoT) cukup banyak, diantaranya bisa dimanfaatkan untuk mewujudkan smarthome, bahkan bisa dimanfaatkan juga sebagai sarana untuk mencari penghasilan. Betta Splendens merupakan ikan hias yang banyak digemari anak-anak hingga dewasa, khususnya di era pandemi saat ini. Berbagai upaya untuk mengembangkan budidaya perikanan masih banyak mengalami kendala dimana para pemelihara atau pembudidaya Betta Splendens kurang memperhatikan kualitas air untuk tempat tinggal ikan tersebut.

Perlu diketahui bahwa pengukuran kadar asam air (pH) dan suhu air merupakan dua hal yang sangat penting dalam budidaya Betta Splendens. Pada dasarnya semua jenis ikan yang akan dipelihara akan tumbuh sehat jika pH air kolam atau akuarium sama dengan air yang ditemukan di habitat asli mereka. Jika tingkat pH air terlalu tinggi atau rendah, maka dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan Betta Splendens, bahkan bisa menyebabkan kematian. Sama halnya dengan suhu, jika terlalu tinggi atau rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan dan umur ikan tersebut.

Terdapat beberapa metode dalam mengukur kadar keasaman air, diantaranya dengan menggunakan metode konvensional, yaitu dengan menggunakan kertas lakmus atau kertas pH maupun menggunakan alat pengukur pH digital. Metode ini dinilai kurang praktis dan hasil pengukuran menggunakan kertas lakmus kurang akurat dan hanya dapat digunakan untuk sekali pengukuran saja. Hal ini berarti akan meningkatkan biaya dan juga tidak efisien dalam waktu. Melihat kondisi diatas maka untuk memaksimalkan hasil dari budidaya Betta Splendens perlu dibuatkan sebuah alat yang mampu mengendalikan kadar pH dan suhu air pada kolam budidaya.

Dari pembahasan diatas, maka perlu adanya sistem pengendali kualitas pH dan suhu air kolam dengan memanfaatkan Internet of Things (IoT) menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno. Sistem ini dapat mengendalikan kondisi pH dan suhu air kolam secara otomatis dan real time pada layar android smartphone yang terhubung dengan internet menggunakan modul Wi-Fi pada ESP32 berdasarkan hasil pembacaan sensor pH dan sensor suhu, kemudian hasil pembacaannya akan ditampilkan dalam modul rangkaian arduino. Kelebihan yang ditawarkan dari sistem ini adalah tercapainya tingkat keasaman (pH) dan suhu air kolam Betta Splendens dengan ideal atau tetap bertahan pada nilai netral.

Selanjutnya akan dipaparkan literature review, metodologi, implementasi dan hasil, serta kesimpulan dan saran. Pada literature review akan dibahas teori sebagai hasil studi pustaka

yang berhubungan dengan penelitian. Kemudian pada metodologi menjelaskan tentang metodologi yang diterapkan, terkait permasalahan dan solusi dari alat serta sistem yang dikembangkan. Saat implementasi dan uji coba, melampirkan hasil dari implementasi dan uji coba dari alat maupun sistem yang dirancang. Kemudian, pada bagian akhir berupa kesimpulan secara singkat mengenai hal yang dicapai dari perancangan alat dan sistem yang dikembangkan, serta saran-saran agar penelitian ini dapat dikembangkan lagi.

II. LITERATURE REVIEW

Agar ikan dapat bertahan dalam kondisi hidup maka harus diperhatikan beberapa faktor, yaitu kualitas air, suhu air, pH air, salinitas air, oksigen terlarut pada air dan kadar ammonia (kekeruhan) pada air [1]. Suhu air yang baik adalah antara 25°C - 30°C, pada daerah yang suhu air nya relatif rendah atau pun tinggi perlu pemanas atau pendingin untuk mencapai suhu yang relatif stabil, oleh sebab itu dengan Internet of Things pengendalian suhu pada kolam ikan akan sangat mudah tanpa harus kita mendatangi kolam ikan yang akan kita kendalikan cukup dengan melihat mobile [2]. Kemudian, range keadaan konsentrasi pH keasaman air budidaya yang memenuhi syarat adalah 5 - 8,5 dan untuk budidaya ikan air tawar pH yang cocok adalah 6,5 - 7,5 [3].

Untuk membantu menjalankannya, dibantu dengan ESP32, mikrokontroler ini sudah tersedia modul Wi-Fi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things [4]. Sensor suhu pada umumnya membutuhkan ADC dan beberapa pin port pada mikrokontroler, namun DS18B20 ini tidak membutuhkan ADC agar dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler dan hanya membutuhkan 1 wire saja [5]. Sensor pH air adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi tingkat keasaman air yang kemudian mengirimkan informasi derajat keasaman air ke sebuah Arduino. Nilai tingkat keasaman air kemudian diolah oleh arduino sebelum di informasikan ke user [6].

III. METODOLOGI

III.1. Data Penelitian

Suhu dan pH merupakan indikator yang sangat penting dalam memelihara Betta Splendens, kesalahan dalam mengatur kedua hal tersebut dapat menyebabkan kematian. Kolam budidaya Betta Splendens yang baik mempunyai nilai suhu berkisar 26°C - 32°C dan kisaran 6,5 - 7,5 untuk batas nilai pH. Bila suhu tidak berada pada nilai yang telah ditentukan, Betta Splendens akan menjadi tidak aktif dan akan kehilangan nafsu makan dan apabila nilai kadar pH tidak berada pada nilai yang telah ditentukan, maka Betta Splendens akan rawan terserang penyakit. Penggunaan sensor pH-4502 dimaksudkan

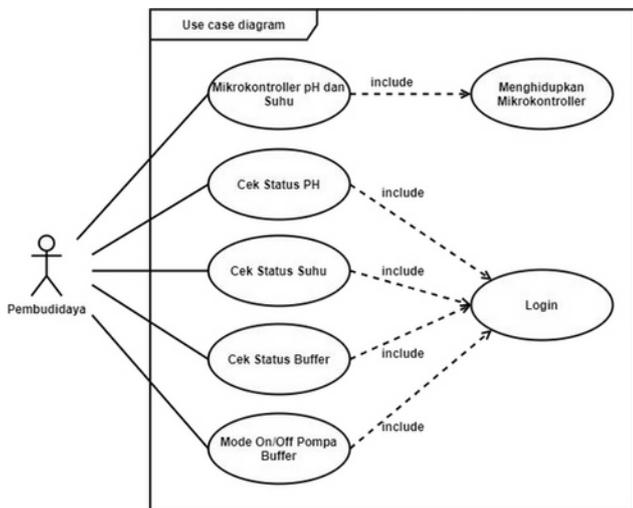
untuk mengetahui kualitas kadar pH air pada kolam Beta Splendens, sedangkan penggunaan sensor suhu DS18B20 untuk mengetahui kondisi suhu air pada kolam Beta Splendens.

Kondisi pH yang tidak pada nilai netral harus dilakukan penambahan kadar pH air menggunakan cairan buffer asam dan cairan buffer basa ataupun menggunakan daun ketapang untuk menjaga kondisi nilai pH tetap terjaga.

Penggunaan cairan buffer asam atau cairan buffer basa dapat dilakukan menggunakan pompa yang telah di konfigurasi secara otomatis menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno agar dapat memberikan jumlah total cairan buffer yang akurat. Heater digunakan untuk menjaga kualitas suhu air agar tetap berada pada nilai setpoint yang telah ditentukan yaitu sebesar 32°C

III.2. Penerapan Use Case Diagram

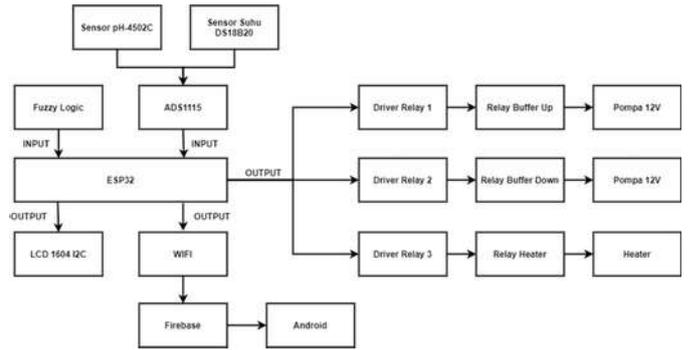
Salah satu diagram penting yang digunakan untuk mengilustrasikan kebutuhan (requirements) dari sistem adalah use case diagram, yang menjelaskan secara visual konteks dari interaksi antara aktor dengan sistem. Setiap use case menyatakan spesifikasi perilaku (fungsionalitas) dari sistem yang sedang dijelaskan yang memang dibutuhkan oleh aktor untuk memenuhi tujuannya [7].



Gambar 1. Use Case Diagram

III.3. Diagram Block

Perancangan desain alur kerja yang akan dibangun dalam pembuatan sistem pengendalian kualitas air kolam Beta Splendens berdasarkan nilai pH dan nilai suhu dalam bentuk diagram block. Rancangan ini meliputi hubungan antar modul komponen yang akan digunakan hingga proses pengendalian pada aplikasi android.



Gambar 2. Diagram Block

III.4. Penerapan Metode Fuzzy Logic Sugeno Orde 1

III.4.1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Terdapat beberapa himpunan Fuzzy yang akan dibuat dalam perancangan sistem pengendalian kualitas air kolam Beta Splendens hias ini, yaitu:

- Himpunan Input Fuzzy Suhu

Tabel 1. Himpunan Input Fuzzy Suhu

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
Suhu	Dingin	0, 10, 25
	Normal	20, 28, 35
	Panas	25, 35, 45

- Himpunan Input Fuzzy pH

Tabel 2. Himpunan Input Fuzzy pH

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
pH	Sangat Asam	0, 1, 4,5
	Asam	4, 5, 6,5
	Netral	6, 7, 8
	Basa	7,5, 8,5, 9
	Sangat Basa	8,5, 10, 14

- Himpunan Output Fuzzy Pompa Buffer Up

Tabel 3. Himpunan Output Fuzzy Pompa Buffer Up

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
pH UP	Sangat Banyak	200
	Banyak	150
	Normal	100
	Sedikit	50
	Kosong	0

- Himpunan Output Fuzzy Pompa Buffer Down

Tabel 4. Himpunan Output Fuzzy Pompa Buffer Down

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
pH DOWN	Sangat Banyak	200
	Banyak	150
	Normal	100
	Sedikit	50
	Kosong	0

III.4.2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Tabel 5. Aturan Fuzzy Sistem Pengendalian Kualitas Air Kolam dalam Bentuk IF-THEN

Input		Output		Kondisi	Aksi
Suhu	pH	Buffer Up	Buffer Down		
Dingin	Sangat Asam	Sangat Banyak	Kosong	IF (Suhu = Dingin) AND (PH = Sangat_Asam) THEN	(PH Up = Sangat Banyak)
Dingin	Asam	Banyak	Kosong	IF (Suhu = Dingin) AND (PH = Asam) THEN	(PH Up=Banyak)
Dingin	Netral	Kosong	Kosong	IF (Suhu = Dingin) AND (PH = Netral) THEN	(Kosong)
Dingin	Basa	Kosong	Sedikit	IF (Suhu = Dingin) AND (PH = Basa) THEN	(PH Down = Sedikit)
Dingin	Sangat Basa	Kosong	Banyak	IF (Suhu = Dingin) AND (PH = Sangat Basa) THEN	(PH Down = Banyak)
Normal	Sangat Asam	Banyak	Kosong	IF (Suhu = Normal) AND (PH = Sangat Asam) THEN	(PH Up=Banyak)
Normal	Asam	Sedikit	Kosong	IF (Suhu = Normal) AND (PH = Asam) THEN	(PH Up = Sedikit)
Normal	Netral	Kosong	Null	IF (Suhu = Normal) AND (PH = Sangat Basa) THEN	(PH Down = Sangat Banyak)
Normal	Basa	Kosong	Sedikit	IF (Suhu = Normal) AND (PH = Basa) THEN	(PH Down = Sedikit)
Normal	Sangat Basa	Kosong	Sangat Banyak	IF (Suhu = Normal) AND (PH = Netral) THEN	(Kosong)
Panas	Sangat Asam	Banyak	Kosong	IF (Suhu = Panas) AND (PH = Sangat Asam) THEN	(PH Up=Banyak)
Panas	Asam	Sedikit	Kosong	IF (Suhu = Panas) AND (PH = Asam) THEN	(PH Up = Sedikit)
Panas	Netral	Kosong	Kosong	IF (Suhu = Panas) AND (PH = Sangat Basa) THEN	(PH Down = Banyak)
Panas	Basa	Kosong	Sedikit	IF (Suhu = Panas) AND (PH = Basa) THEN	(PH Down = Sedikit)
Panas	Sangat Basa	Kosong	Banyak	IF (Suhu = Panas) AND (PH = Netral) THEN	(Kosong)

III.4.3. Defuzzyfikasi

Input dari proses defuzzyfikasi adalah himpunan Fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi dan output adalah sebuah nilai. Untuk aturan IF-THEN Fuzzy dalam persamaan $RU(k) = \text{IF } x_1 \text{ is } A_{1k} \text{ and... and } x_n \text{ is } A_{nk} \text{ THEN } y \text{ is } B_k$, dimana A_{1k} dan B_k berturut-turut adalah himpunan Fuzzy dalam U_i R (U dan V adalah domain fisik), $i = 1, 2, \dots, n$ dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ U dan y V berturut-turut adalah variabel input dan output (linguistik) dari sistem Fuzzy.

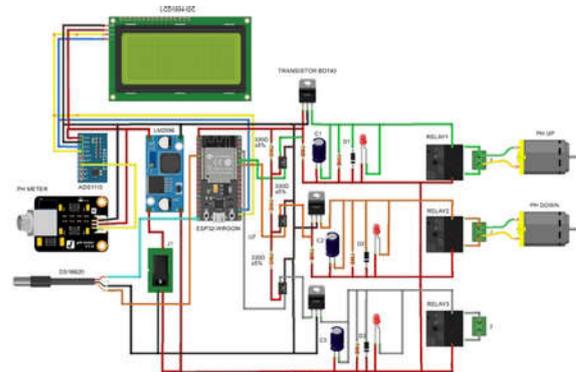
Defuzzifier pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan Fuzzy B ke dalam V R (yang merupakan output dari inferensi Fuzzy) ke titik tegas $y * V$. Pada metode Fuzzy Logic Sugeno defuzzification dilakukan dengan perhitungan Weight Average (WA):

$$WA = \frac{a - pred_1 * z_1 + a - pred_2 * z_2 + \dots + a - pred_n * z_n}{a - pred_1 + a - pred_2 + \dots + a - pred_n}$$

Keterangan: WA= Nilai rata-rata, a_n = nilai predikat aturan ke- n, dan z_n = indeks nilai output (konstanta) ke-n.

III.5. Rancangan Alat

Dalam pembuatan sistem pengendalian kualitas air kolam Betta Splendens ini dibutuhkan beberapa komponen alat dan modul yang terhubung sesuai dari topik yang diteliti.



Gambar 3. Skema Rancangan Alat

III.6. Rancangan Pengujian

Rancangan pengujian ini dilakukan untuk merencanakan tahap-tahap pengujian terhadap alat dan sistem yang akan dikembangkan sudah sesuai dengan kebutuhan dan dapat berfungsi dengan baik.

III.6.1. Rancangan Pengujian Alat

Dalam tahap ini terdapat beberapa perencanaan pengujian terhadap alat yang akan dikembangkan, yaitu:

- Pengujian dilakukan terhadap keakuratan pada nilai sensor pH-4502 dengan cara memasukkan ke dalam larutan netral, larutan asam dan larutan basa.
- Pengujian dilakukan terhadap keakuratan pada nilai sensor suhu DS18B20 dengan cara dimasukkan ke dalam wadah air panas dan wadah air dingin.
- Pengujian dilakukan terhadap kondisi heater dengan cara memberikan kondisi pada sensor suhu DS18B20

melebihi batas nilai setpoint yang telah ditentukan yaitu lebih dari 32°C.

- Pengujian dilakukan terhadap metode Fuzzy yang telah diterapkan pada mikrokontroler ESP32 berdasarkan nilai input kondisi suhu dan nilai input kondisi pH untuk menentukan kondisi pompa buffer up atau pompa buffer down yang akan dijalankan

III.6.2. Rancangan Pengujian Aplikasi

Dalam tahap ini terdapat beberapa perencanaan pengujian terhadap sistem aplikasi yang dikembangkan, yaitu:

- Pengujian dilakukan pada menu utama atau main activity yang terdapat tampilan hasil nilai pH, status pH, nilai suhu dan status pompa buffer up dan buffer down yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke real time database firebase.
- Pengujian dilakukan pada menu utama atau main activity untuk mode pengendalian otomatis atau mode standby. Mode otomatis berfungsi untuk mengaktifkan fungsi kendali pompa buffer up dan pompa buffer down berjalan untuk pemberian larutan buffer up dan larutan buffer down. Mode standby berfungsi untuk mematikan fungsi kendali pompa buffer up dan mematikan fungsi kendali pompa buffer down dalam mode standby.

III.7. Rancangan Basis Data

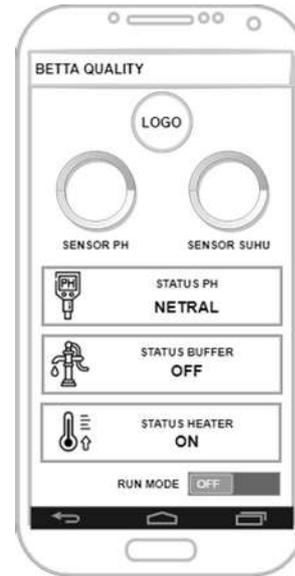
Digunakan untuk menyimpan nilai yang dihasilkan oleh sensor ke dalam real time database firebase.

Tabel 6. Rancangan Basis Data

Nama Field	Jenis	Keterangan
HeaterState	Int	Kondisi <i>heater</i>
NilaiPH	Float	Nilai sensor pH
NilaiSuhu	Float	Nilai sensor suhu
PHBuffer	Int	Kondisi <i>buffer</i> pH
PHState	Int	Kondisi status pH
mode	Boolean	Kondisi <i>running</i> atau <i>standby</i>
User	String	Data <i>user</i>

III.8. Rancangan Layar Menu Utama

Menyajikan parameter nilai sensor pH dan sensor dalam bentuk speedview, kondisi status pH, kondisi status buffer, status heater dan mode kendali run dan standby dalam bentuk switch button.

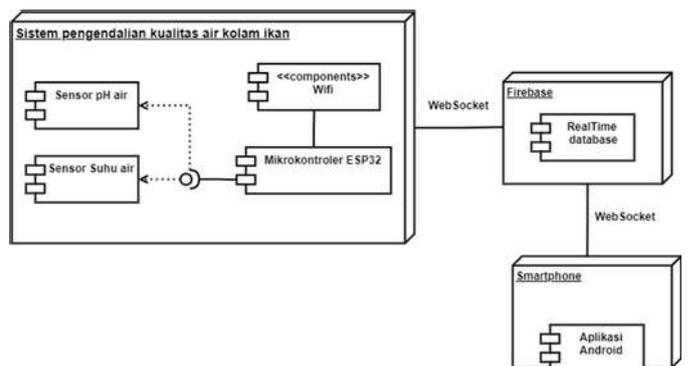


Gambar 4. Rancangan Layar Menu Utama

IV. IMPLEMENTASI DAN UJICOBA

IV.1. Deployment Diagram

Rangkaian keseluruhan alat yang terhubung dengan WiFi mikrokontroler ESP32, kemudian nilai data sensor dikirimkan ke database real time Firebase. Firebase akan mengirimkan nilai data sensor ke aplikasi Android yang digunakan oleh user. Aplikasi pada Android juga harus terhubung dengan koneksi internet agar dapat membaca nilai dan kondisi yang terjadi pada rangkaian mikrokontroler ESP32.



Gambar 5. Deployment Diagram

IV.2. Implementasi Metode

Untuk mengimplementasikan basis data pengetahuan yang telah didapatkan pada bab sebelumnya untuk metode Fuzzy Logic Sugeno, tampilan hasil metode Fuzzy Logic dapat dinyatakan melalui Fuzzy rule viewer atau surface viewer.

Adapun Fuzzy rule viewer dari sistem pengendalian kualitas air kolam cupang hias ini menggunakan bantuan aplikasi Matlab-FuzzyToolbox.



Gambar 6. Fuzzy Rule Viewer Sistem Pengendalian Kualitas Air Kolam

Memperlihatkan Fuzzy Logic sistem pengendalian kualitas air dengan output berupa jumlah cairan yang dikeluarkan oleh pompa pH up dan pompa pH down yang mendapat input dari nilai sensor suhu dan nilai sensor pH. Jumlah aturan Fuzzy pada output tersebut sebanyak 15 rules. Kemudian dikondisikan kembali dengan pH dan suhu air kolam yang sesuai dengan habitat asli Betta Splendens, maka implementasi metode dapat dilihat dari rule viewer dibawah ini:



Gambar 7. Implementasi Metode Fuzzy

IV.3. Algoritme

Algoritme adalah suatu sistem yang terdapat tahap-tahap dalam melakukan sesuatu dan penerapannya dalam bentuk yang sederhana. Langkah tersebut dapat di implementasikan dalam alur untuk melakukan sesuatu. Algoritme bertujuan untuk mempermudah penulisan baris program yang akan

dibuat serta dapat membantu dalam menjelaskan proses yang akan berjalan

IV.3.1. Algoritme Kerja Alat

```

1. Start
2. Rangkaian alat mendapatkan daya/menyalakan
3. Inisialisasi WiFi
4. Inisialisasi Host Firebase
5. Inisialisasi Sensor Suhu
6. Inisialisasi Sensor PH
7. Inisialisasi Relay Pompa Buffer Up
8. Inisialisasi Relay Pompa Buffer Down
9. Inisialisasi Relay Heater
10. Mengkoneksikan ESP32 dengan internet dan Firebase
11. Membaca Sensor
12. IF Sensor PH ==6,5-7,5 && Suhu ==32
13. Pompa Buffer Up dan Buffer Down Mati;
14. Heater Mati;
15. ELSE IF Sensor PH >= 6,5-7,5 && Suhu >=32
16. Pompa Buffer Down Aktif;
17. Heater Mati;
18. ELSE IF Sensor PH <=6,5-7,5 && Suhu <=32
19. Pompa Buffer Down Aktif;
20. Heater Mati;
21. Tampil Nilai PH Pada LCD
22. Tampil Nilai Suhu Pada LCD
23. Tampil Kondisi Status PH Pada LCD
24. End
    
```

IV.3.2. Algoritme Menu Utama

```

1. Start
2. Tampil Menu Utama
3. Menampilkan Nilai Sensor PH dan Suhu
4. Menampilkan Kondisi Status PH
5. Menampilkan Kondisi Status Buffer
6. Menampilkan Kondisi Status Heater
7. Menampilkan Tombol Mode Switch
8. IF Mode Running
9. Running Mode
10. ELSE
11. Standby Mode
12. End
    
```

IV.4. Pengujian Alat

Pada bagian ini akan membahas mengenai tampilan alat dimulai dari kondisi alat sebelum dijalankan hingga berjalan, dan rangkaian uji coba telah selesai dilaksanakan. Berikut ini adalah tahap-tahap pengujian alat yang dijalankan.

IV.4.1. Tampilan Keseluruhan Alat Uji Coba

Gambaran dari rancangan alat yang telah selesai dibuat untuk sistem pengendalian kualitas air kolam Betta Splendens.



Gambar 8. Implementasi Rancangan Uji Coba Alat

IV.4.2. Pengujian Sensor PH-4502

Dilakukan dengan cara mengamati hasil pembacaan dari sensor pH yang digunakan dengan cara dimasukkan ke dalam larutan basa, larutan asam dan larutan normal.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor PH-4502

No	Jenis Larutan	Nilai Sensor PH	Digital PH Meter	Persentase
1	Asam	4,11	4,01	2,5%
2	Netral	6,80	6,68	1,7%
3	Basa	9,20	9,01	2,1%
Rata-rata Selisih Pengujian				2,1%

IV.4.3. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Dilakukan dengan cara memasukkan sensor suhu DS18B20 ke dalam air dengan kondisi air yang berbeda beda.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

No	Nilai Sensor Suhu	Thermometer Digital	Persentase
1	30	31,6	5%
2	18	19,2	6,25%
3	36	37,1	2,9%
Rata-rata Selisih Pengujian			4,71%

IV.4.4. Pengujian Heater

Dilakukan dengan cara memberikan perlakuan yang berbeda pada sensor DS18B20, yaitu dengan memberikan kondisi panas dan memberikan kondisi dingin.

Tabel 9. Hasil Pengujian Heater

No	Nilai Suhu	Status Heater	Keberhasilan
1	24°C	Aktif	√
2	30°C	Aktif	√
3	32°C	Aktif	√
4	35°C	Tidak Aktif	√
5	41°C	Tidak Aktif	√

IV.4.5. Pengujian Metode Fuzzy Pompa Buffer Up and Down

Dilakukan dengan cara mengamati kondisi input nilai yang dihasilkan oleh sensor pH dan sensor suhu yang telah melalui proses defuzzyfikasi berdasarkan dari aturan-aturan yang telah ditentukan.

Tabel 10. Hasil Pengujian Metode Fuzzy Pompa Buffer Up and Down

Pengujian Ke-	Nilai Suhu	Nilai pH	Hasil Pengujian Sistem	Fuzzy Rule	Hasil Perhitungan Rumus
1	24	7	Kedua pompa mati	Pompa <i>buffer up</i> dan <i>buffer down</i> kosong	Kedua pompa mati
2	30	7,5	Kedua pompa mati	Pompa <i>buffer up</i> dan <i>buffer down</i> kosong	Kedua pompa mati
3	32	6,3	Pompa <i>buffer up</i> aktif = 6,15 ml	Pompa <i>buffer up</i> sedikit	Pompa <i>buffer up</i> aktif = 6,15 ml
4	35	9	Pompa <i>buffer down</i> aktif = 150 ml	Pompa <i>buffer down</i> banyak	Pompa <i>buffer down</i> aktif = 150 ml
5	21	4,2	Pompa <i>buffer up</i> aktif = 131 ml	Pompa <i>buffer up</i> banyak	Pompa <i>buffer up</i> aktif = 131 ml

IV.5. Pengujian Aplikasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa aplikasi yang dirancang telah berfungsi dengan baik sesuai harapan peneliti. Pengujian ini pada proses pengendalian pada rangkaian mikrokontroler dan dilakukan menggunakan android smartphone yang telah terpasang aplikasi pengendalian kualitas air kolam Betta Splendens.

Tabel 11. Hasil Pengujian Aplikasi

No	Nama	Hasil Yang Diharapkan	Validitas	
			Y	T
1	Menu Utama	Menampilkan hasil pengendalian dari nilai pH, nilai suhu, status pH, status <i>buffer</i> , status <i>heater</i> dan tombol kendali mode <i>running</i> dan <i>standbay</i>	√	
2	Switch Mode	User dapat memilih mode <i>running</i> dan <i>standby</i> untuk mengendalikan pompa <i>buffer</i>	√	

IV.5.1. Hasil Analisa Pengujian

Setelah tahap-tahap pengujian dilakukan maka dapat dilakukan analisa hasil uji yang bertujuan untuk

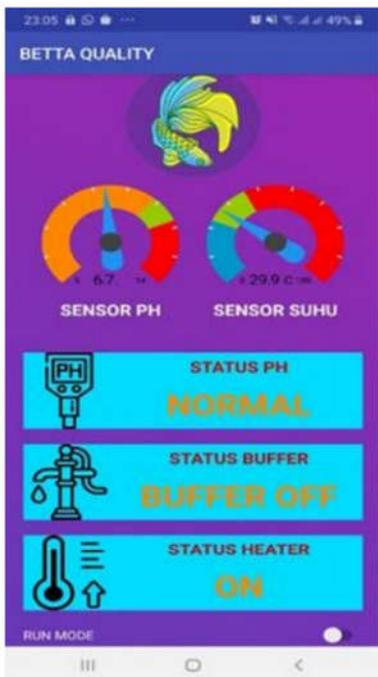
mengembangkan hasil rancangan maupun analisa untuk mengetahui kualitas alat dan sistem aplikasi yang digunakan.

Tabel 12. Hasil Analisa Pengujian

Alat Yang Digunakan	Hasil Analisa
Mikrokontroler ESP32	Mikrokontroler ESP32 dapat berfungsi dengan baik dalam melakukan proses yang dimasukkan. Kekurangan alat ini tidak mempunyai output tegangan 5V, sehingga harus menggunakan modul tambahan.
Sensor pH-4502	Hasil pembacaan sensor pH-4502 memiliki keakuratan yang cukup baik dalam membaca kondisi pH dalam air dengan memiliki selisih pembacaan 1,7% hingga 2,5%. Proses pembacaan sensor membutuhkan waktu 1 hingga 2 menit.
Sensor suhu DS18B20	Hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 memiliki keakuratan yang cukup baik dalam membaca kondisi suhu dalam air. Tidak perlu melakukan konfigurasi untuk menggunakan sensor DS18B20.
Pompa DC12V	Pompa DC12V dapat berfungsi dengan baik untuk memberikan larutan <i>buffer up and buffer down</i>
Heater	Heater yang digunakan menggunakan input tegangan 12V dan dapat bekerja dengan baik. Penggunaan heater ini tidak efektif jika digunakan dengan wadah yang lebih besar.
Android Application	Aplikasi Android yang dirancang sudah berfungsi dengan baik. Pengembangan aplikasi ini masih bisa dikembangkan dalam sisi <i>controlling</i> .

IV.5.2. Tampilan Layar Menu Utama

Pada gambar dibawah ini merupakan tampilan layar menu utama yang menampilkan nilai pH, suhu, status pH, status buffer, status heater dan mode kendali.



Gambar 9. Tampilan Layar Menu Utama

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan percobaan terhadap penerapan Fuzzy Logic Dalam Sistem Kualitas Air Kolam Betta Splendens Berdasarkan pH dan Suhu, maka kesimpulan yang didapat adalah:

- Penelitian ini telah berhasil membuat perancangan alat dan sistem pengendalian kualitas air kolam dengan memanfaatkan Internet of Things.
- Penelitian ini telah berhasil mengendalikan kualitas air kolam Betta Splendens dengan bantuan sensor pH-4502 dan sensor suhu DS18B20, tetapi sensor yang digunakan memiliki selisih nilai rata-rata pembacaan nilai. Seperti sensor pH memiliki selisih nilai rata-rata sebesar 2,1% dan sensor suhu memiliki selisih nilai rata-rata pembacaan sebesar 4,71%.
- Penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan metode Fuzzy Logic Sugeno untuk dapat mengendalikan pompa air pH pada kolam budidaya Betta Splendens agar tetap pada kondisi netral.

V.2. Saran

Terdapat saran yang diperlukan untuk membuat penerapan Fuzzy Logic Dalam Sistem Kualitas Air Kolam Betta Splendens Berdasarkan pH dan Suhu ini berjalan dengan lebih baik lagi, yaitu:

- Diharapkan agar dapat menambahkan beberapa fitur pengendalian pada alat agar tidak hanya pada kendali pompa pH saja.
- Penggunaan sensor pH dan sensor suhu mungkin dapat dioptimalkan dengan menggunakan jenis sensor yang lebih baik lagi.
- Sistem kendali ini dapat berjalan dengan lebih baik lagi jika ditambahkan output kipas untuk penstabilan kondisi suhu air, agar saat terjadi kelebihan atau kesalahan pada heater dapat diatasi dengan kipas.
- Sistem pengendalian kualitas air kolam Betta Splendens ini dapat ditambahkan dengan fungsi kendali lain seperti, kendali kadar oksigen dan kendali kadar mineral terlarut.
- Sistem pengendalian kualitas air kolam Betta Splendens ini dapat digabungkan dengan sistem (Smart Tank) yang berguna untuk pengurusan air kolam Betta Splendens.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. A, A. G. Putrada, and N. A. Suwastika, "Implementasi dan Analisis Pengurusan Otomatis Aquascape Berdasarkan Kualitas Air Menggunakan Fuzzy Logic," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 2091–2099, 2019.
- [2] J. M. Hudin, D. Susilawati, and M. A. Faisal, "Implementasi Model Agile Pada Monitoring Suhu Kolam Ikan Dengan Algoritma Fuzzy Logic Berbasis Internet of Thing (IoT)," *Swabumi*, vol. 6, no. 2, pp. 133–138, 2018.
- [3] K. C. Bagaskoro, "Penggunaan Arduino Uno Untuk Pengukuran Suhu, pH dan Do Air Kolam Ikan Bawal Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Ris. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 138–142, 2019.
- [4] R. Hartono, "Sistem Kendali dan Monitoring Kelembapan , Suhu , dan pH pada Proses Dekomposisi Pupuk Kompos dengan Kendali Logika Fuzzy Control and Monitoring System of Humadity , Temperature , and pH in the Compost Fertilizer Decomposition Process with Fuzzy Logic Con," vol. 8, no. 2, 2020.
- [5] D. Ramdani, "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis IoT (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram," *J. Informatics, Inf. Syst. Softw. Eng. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 59–68, 2020.
- [6] M. Hidayat and N. Mardiyantoro, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian pH Air Berbasis IoT," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 7, no. 1, pp. 65–70, 2020.
- [7] T. A. Kurniawan, "Pemodelan Use Case (UML): Evaluasi Terhadap beberapa Kesalahan dalam Praktik," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 77, 2018.