

SENASTIKA Universitas Malikussaleh

PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM MONITORING KUALITAS AIR IKAN GUPPY MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO

Rahimin^{*1}, Bustami^{*2}, Lidya Rosnita^{*3}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Email: 1rahimin.190170093@mhs.unimal.ac.id, 2bustami@unimal.ac.id, 3lidyarosnita@unimal.ac.id

Abstrak

Dalam merawat ikan *guppy*, seringkali muncul berbagai masalah dalam perawatannya. Hingga saat ini, perawatan ikan *guppy* masih banyak dilakukan secara manual. Seperti contoh, ketika pemelihara sedang sibuk dan sedang tidak berada di rumah dalam waktu yang lama, sementara kondisi air tiba-tiba memburuk disebabkan suhu yang tidak stabil atau pH yang asam pada air, sehingga tidak sempat untuk mengganti air yang baru, hingga menyebabkan ikan stres dan mati. Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah pemelihara dalam memantau kondisi kualitas air secara *real-time*, memberikan notifikasi kualitas air, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam merawat ikan *guppy* dengan memanfaatkan teknologi IoT dan metode *fuzzy* Tsukamoto. Metode *fuzzy* tsukamoto digunakan untuk menilai kondisi kualitas air sebagai netral atau buruk dalam pemantauan kualitas air ikan *guppy*. Data hasil pemantauan akan dikirim ke aplikasi *Blynk*, dan status kualitas air saat ini juga akan ditampilkan di layar LCD untuk memudahkan pemelihara dalam memantau kualitas air secara efektif. Hasil pengujian selama satu minggu menunjukkan bahwa sistem mampu memantau kualitas air dengan akurasi tinggi. Sebagai contoh, pada pengujian suhu 30.50°C dan pH 7.87, nilai defuzzifikasi yang dihasilkan adalah 57.01, yang menunjukkan bahwa kualitas air berada dalam kondisi netral. Tingkat akurasi sistem dibandingkan dengan perhitungan manual mencapai 99%. Sistem ini juga berhasil menampilkan data secara *real-time* dan mengirimkan notifikasi saat kualitas air memburuk, sehingga sistem ini mampu secara otomatis mengenali kondisi air yang buruk dan mengambil tindakan untuk mengirimkan notifikasi kepada pengguna.

Keywords: *internet of things (IoT), fuzzy tsukamoto, suhu, pH, guppy*

1. PENDAHULUAN

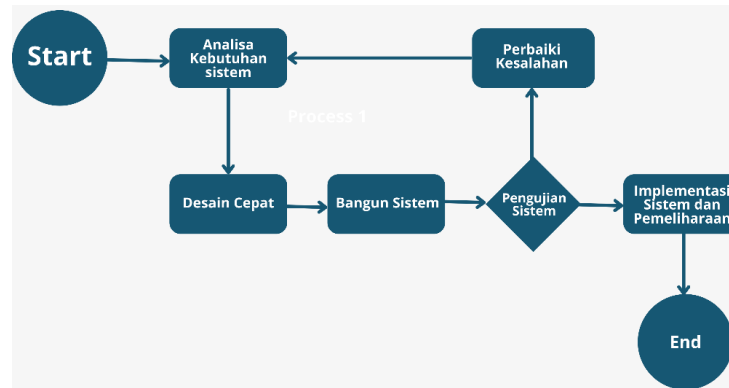
Ikan *guppy* adalah salah satu jenis ikan hias yang sangat populer di kalangan masyarakat Indonesia. Ikan ini termasuk dalam kategori ikan hias air tawar tropis yang terkenal karena ukurannya yang kecil dan keindahan pola warna pada ekornya. Meskipun berukuran kecil, ikan hias ini mudah dirawat, namun sangat sensitif terhadap suhu dan pH air dalam lingkungan pemeliharaannya [1]. Dalam merawat ikan *guppy*, seringkali muncul berbagai masalah dalam perawatannya. Hingga saat ini, perawatan ikan *guppy* masih banyak dilakukan secara manual. Seperti contoh, ketika pemelihara sedang sibuk dan sedang tidak berada di rumah dalam waktu yang lama, sementara kondisi air tiba-tiba memburuk disebabkan suhu yang tidak stabil atau pH yang asam pada air, sehingga tidak sempat untuk mengganti air yang baru, hingga menyebabkan ikan stres dan mati [2].

Oleh karena itu, dibutuhkan *monitoring* untuk memantau kondisi kualitas air dalam merawat ikan tersebut. Untuk membuat proses *monitoring* ini lebih mudah dan efisien, data akan disajikan secara *real-time* melalui aplikasi *Blynk* menggunakan koneksi internet. Konsep ini dikenal sebagai *Internet of Things (IoT)*, di mana suatu objek memiliki kemampuan untuk mengirim data secara otomatis tanpa perlu adanya interaksi dari manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Dengan adanya IoT, pemelihara dapat dengan mudah mengakses dan memantau kualitas air dimanapun pemelihara berada [3]. Selain itu metode *fuzzy* tsukamoto digunakan untuk menilai kondisi kualitas air sebagai netral atau buruk dalam pemantauan kualitas air ikan *guppy*. Data hasil pemantauan akan dikirim ke aplikasi *Blynk*, dan status kualitas air saat ini juga akan ditampilkan di layar LCD. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memudahkan pemelihara dalam memantau kualitas air secara efektif dengan memanfaatkan teknologi *internet of things* dan logika *fuzzy*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Prototype

Metode *prototype* adalah metode pengembangan *Software* yang memungkinkan interaksi antara pengembang dan pengguna selama proses pengembangan. Metode ini memudahkan pembuatan sistem karena pengguna dapat melihat gambaran awal sistem dalam skala kecil dan memberikan masukan jika ada ketidaksesuaian. Prototipe ini mencerminkan rupa akhir sistem, sehingga konsep awal akan sesuai dengan implementasi akhir [4]. Dalam penelitian ini, metode *prototype* digunakan untuk pengembangan sistem, dengan mengikuti tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Skema Metode *Prototype*

Tahapan ini melibatkan 5 tahapan, sebagai berikut:

1) Analisa Kebutuhan Sistem

Tahap ini merupakan bagian dari menganalisa kebutuhan sistem yang akan dibangun. Penelitian ini menggunakan perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*) sebagai alat pendukung dalam penelitian dan perancangan *monitoring* kualitas air ikan *guppy*. Beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan dalam membuat sistem dan menjalankan aplikasi ini adalah laptop Lenovo Z400 dan *Android* (*Smartphone* Vivo Y91C) dan beberapa komponen sebagai berikut:

- Sensor Suhu DS18B20
- Sensor pH SEN0161-V2
- Modul NodeMCU ESP8266
- Modul pH
- LCD 16x4
- Kabel *Jumper*
- Kabel USB
- *Breadboard*

b. Perangkat Lunak (*Software*)

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan sistem adalah sebagai berikut:

- Sistem Operasi (*Windows* 10)
- *Web Browser*
- Arduino IDE
- *Blynk*

2) Perancangan Sistem Cepat

Perancangan sistem menggunakan metode prototipe, di mana prototipe berfungsi sebagai model fisik dari sistem. Sistem ini memanfaatkan *mikrokontroler* NodeMCU ESP8266 untuk mengontrol komponen seperti sensor suhu, sensor pH, dan LCD. Ketika sensor dicelupkan ke dalam air, data suhu dan pH dikirim ke NodeMCU, yang kemudian memproses data tersebut menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto melalui langkah *fuzzy*, inferensi, dan defuzzifikasi. Setelah itu, NodeMCU mengirimkan informasi seperti tanggal, waktu, nilai suhu, nilai pH, nilai *fuzzy*, dan status kualitas air ke LCD dan aplikasi *Blynk*. Aplikasi *Blynk* menampilkan data ini di beranda, dan setiap jam, NodeMCU mengirimkan notifikasi tentang kualitas air kepada pengguna. Notifikasi berwarna hijau untuk kualitas netral dan merah untuk kualitas buruk. LCD juga menampilkan data yang sama, memungkinkan pengguna memantau kondisi secara *real-time*. Selain itu, menu timeline di *Blynk* memudahkan pengguna untuk mengakses histori data sensor untuk analisis dan evaluasi kualitas air pada prototipe akuarium mini ini.

a. Perancangan Sistem Dengan *Fuzzy* Tsukamoto

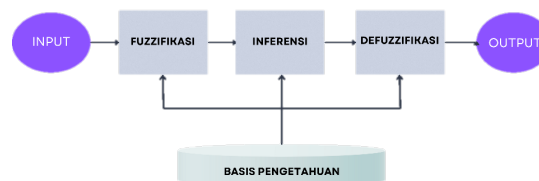
Berikut ini merupakan gambar diagram alir sistem dengan metode *fuzzy* tsukamoto:



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Dengan Metode

Sistem ini mengambil data dari sensor yang selanjutnya diolah oleh *mikrokontroler*. Program sistem menggunakan metode *fuzzy* yang telah ditentukan sebelumnya untuk mengeksekusi data yang diterima. Hasil dari eksekusi tersebut kemudian dikirimkan kembali ke *mikrokontroler*. Selanjutnya, data hasil eksekusi tersebut digunakan untuk *output* kualitas air, apakah air dalam kondisi baik atau buruk. Program akan menentukan *output* kualitas air sesuai dengan hasil dari metode *fuzzy*.

Berikut adalah diagram proses *fuzzy* untuk menentukan *output* kualitas air:



Gambar 3. Diagram Proses *Fuzzy*

Berikut ini adalah penjelasan proses *fuzzy* untuk menentukan *output* kualitas air:

a) Variabel *Input*

Tahap pertama dalam metode *fuzzy* adalah pengumpulan data *input*. *Input* yang terkumpul berasal dari data sensor suhu dan sensor pH. Sensor-sensor tersebut awalnya akan membaca atau mendeteksi nilai kondisi air yang sedang di *monitoring*, seperti suhu normal dan pH netral. Kemudian data tersebut akan dikirimkan ke *mikrokontroler* untuk dilakukan proses fuzzifikasi.

b) Fuzzifikasi

Setelah data *input* dikumpulkan, langkah berikutnya adalah fuzzifikasi. Ini melibatkan konversi data masukan tegas menjadi himpunan *fuzzy*. Dalam proses ini, variabel *input* dikonversi menjadi tingkat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, yang menggambarkan sejauh mana nilai tersebut termasuk dalam suatu kategori tertentu dengan menggunakan rumus sesuai dengan representasi sistem. Jika representasi dari sistem menggunakan representasi linear naik, maka menggunakan rumus:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{cases}$$

Jika menggunakan representasi linear turun, maka menggunakan rumus:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \geq b \\ \frac{a-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x \leq a \end{cases} \quad (6)$$

Dan jika menggunakan representasi kurva segitiga, maka menggunakan rumus:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ or } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (7)$$

c) Inferensi

Inferensi, yaitu proses mengubah *input fuzzy* menjadi *output fuzzy* dengan cara mengikuti aturan-aturan (IF-THEN) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan *fuzzy*.

Berikut rumus mencari inferensi *fuzzy* dan nilai *z* yang telah ditentukan.

Rumus inferensi *fuzzy*:

$$\alpha \text{-predikat}_{rule} = \mu_{keanggotaan(x)} \cap \mu_{keanggotaan(x)} \quad (8)$$

Rumus mencari nilai *z* :

Pada pencarian nilai *z* menyesuaikan dengan *output* masing-masing aturan, dikarenakan pada kasus ini terbagi menjadi dua *output* kualitas air, yaitu buruk dan baik. Berikut rumus mencari *output* buruk:

$$\mu(z) = \frac{100-z}{100-26} \quad (9)$$

Rumus mencari nilai *z* *output* netral:

$$\mu(z) = \frac{z-26}{100-26} \quad (10)$$

d) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi, yaitu mengubah hasil inferensi menjadi *output* yang bernilai tegas (*crisp*) menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. Defuzzifikasi dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata dari hasil inferensi atau dengan metode lain seperti centroid namun dalam kasus ini, penulis menggunakan metode rata-rata (*average*). Berikut mencari rumus rata-rata (*average*):

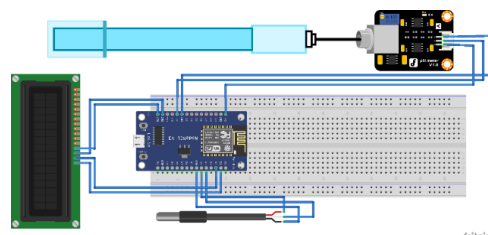
$$Z^* = \frac{\sum_i^n \alpha \text{-predikat}_i \cdot z_i}{\sum_i^n \alpha \text{-predikat}_i} \quad (11)$$

e) Output

Tahap ini adalah hasil akhir dari proses *fuzzy*. Proses ini merupakan nilai atau keputusan yang dihasilkan oleh sistem berdasarkan data masukan dan aturan *fuzzy* yang telah diterapkan. *Output* ini adalah respon atau tindakan yang sesuai dengan situasi yang diberikan sistem. *Output* penelitian ini adalah menentukan kondisi kualitas air dalam *memonitoring* ikan *guppy*.

b. Perancangan Skema Sirkuit Sistem

Berikut ini merupakan gambar skema sirkuit sistem *monitoring* kualitas air ikan *guppy*:



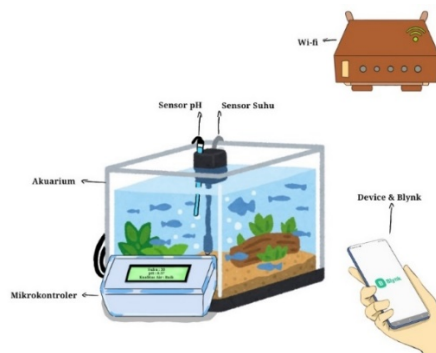
Gambar 4. Skema Sirkuit Sistem

Sistem ini dipresentasikan melalui skema sirkuit yang dirancang menggunakan aplikasi *Fritzing*. Komponen utama dalam skema ini adalah *breadboard* sebagai konduktor listrik untuk menghubungkan komponen yang satu dengan komponen lainnya dengan menggunakan kabel *jumper*, sehingga arus listrik dapat terdistribusi

antar komponen. Nodemcu digunakan untuk mengolah seluruh data sensor dan digunakan untuk komunikasi antara *mikrokontroler* dan *smartphone* (Android). Sensor yang digunakan pada penulisan ini meliputi sensor suhu DS18B20 untuk parameter suhu air dan sensor PH SEN0161-V2 untuk parameter PH air. Selain itu layar LCD 16X2 digunakan untuk menampilkan hasil dari pembacaan semua nilai sensor. Setiap komponen memiliki jalur pin sendiri untuk menghubungkannya ke Nodemcu dan harus sesuai ketika ditulis dalam program Nodemcu. Jika kode pin di perangkat keras tidak sesuai dengan yang tertulis di program, juga tidak dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan ketelitian dan konsentrasi yang baik saat merakit komponen dan menyusun program.

c. Perancangan Skema Sistem Keseluruhan

Untuk memudahkan perancangan sistem dalam pembuatan sistem *monitoring* kualitas air ikan *guppy*, pembuatan skema adalah hal yang penting untuk dilakukan. Skema sistem *monitoring* merujuk pada representasi visual atau diagram yang menggambarkan komponen-komponen dan struktur dari sistem *monitoring*. Berikut gambar dari skema sistem *monitoring* kualitas air ikan *guppy*:



Gambar 5. Skema Sistem *Monitoring* Kualitas Air

Gambar di atas menggambarkan struktur sistem yang terdiri dari sebuah *prototype* akuarium yang dilengkapi dengan sensor-sensor pendeteksi kualitas air, yaitu sensor suhu dan pH. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut akan dikirim ke *mikrokontroler* untuk diproses dengan metode *fuzzy tsukamoto*. Melalui jaringan internet, *mikrokontroler* NodeMCU akan mengirim data kualitas air ikan *guppy* ke aplikasi *blynk* dan ke LCD. Setelah data terkirim, data suhu dan pH akan tampil pada aplikasi *blynk* pengguna. Kualitas air yang buruk akan dikirim notifikasi peringatan ke pengguna, sehingga pengguna dapat memantau secara *real-time* dimanapun mereka berada dengan hanya menggunakan *smartphone* yang terhubung dengan jaringan internet.

3) Pembangunan Sistem

Sistem yang akan dibangun terdiri dari berbagai perangkat, termasuk sensor suhu dan pH untuk mengukur kualitas air akuarium ikan *guppy*. Sensor ini akan dicelupkan ke dalam air, sementara *mikrokontroler* akan berfungsi sebagai otak utama sistem yang mengontrol secara otomatis. Semua komponen akan dipasang dalam wadah yang terintegrasi dengan akuarium mini, sehingga menciptakan sistem *monitoring* kualitas air yang efektif dan efisien untuk mendukung pertumbuhan ikan *guppy*.

4) Pengujian Sistem

Pengujian sistem akan dilakukan selama satu jam setiap hari selama seminggu di kediaman penulis. Sensor suhu dan pH akan dicelupkan ke dalam akuarium ikan *guppy* dan mengirimkan data ke *mikrokontroler* yang dilengkapi dengan program *fuzzy tsukamoto*. Hasil dari program ini akan digunakan untuk menentukan kualitas air, dan sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan kepada pengguna untuk memantau kondisi kualitas air secara *real-time*.

5) Implementasi Sistem Dan Pemeliharaan

Setelah melalui seluruh tahapan proses, dari analisis kebutuhan sistem hingga pengujian, sistem kini siap untuk diimplementasikan pada skala yang lebih besar, khususnya dalam *monitoring* kualitas air ikan *guppy*. Penting untuk memperhatikan beberapa aspek, di antaranya akses jaringan internet seperti Wi-Fi atau modem, yang merupakan kunci keberhasilan sistem ini karena bergantung pada konektivitas untuk *monitoring*. Selain itu, implementasi dan pemeliharaan sistem harus direncanakan dengan matang, termasuk identifikasi parameter yang akan dipantau dan pemilihan sensor yang sesuai. Pemantauan rutin terhadap komponen serta pembersihan dan perbaikan saat ada gangguan atau kerusakan juga diperlukan. Dengan perhatian yang cermat terhadap semua

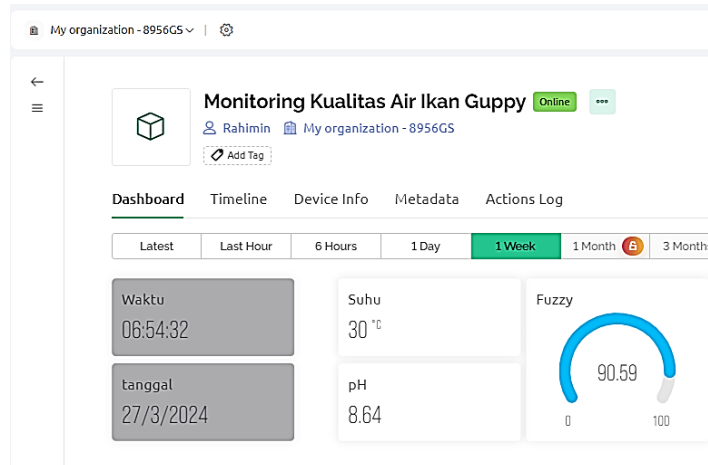
aspek ini, diharapkan implementasi pada skala yang lebih besar dapat berjalan lancar dan mendukung pertumbuhan ikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Pembangunan Sistem

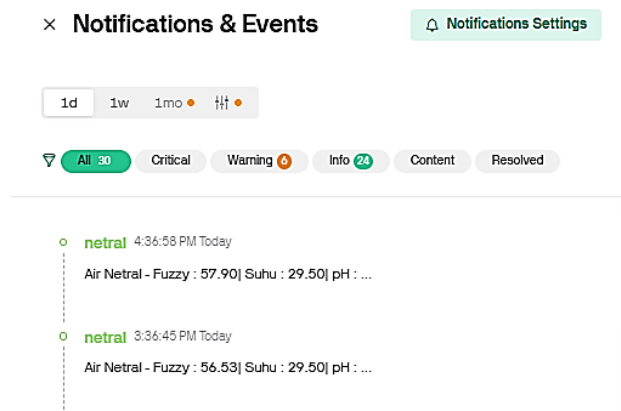
1) Implementasi Pembuatan *Web Blynk*

Berikut ini adalah tampilan antarmuka dari *web Blynk*:



Gambar 6. Tampilan *User Interface Web Blynk*

Gambar 6 menunjukkan antarmuka pengguna *web blynk* pada menu beranda di laptop yang menampilkan info waktu, tanggal, nilai *fuzzy* serta kondisi suhu dan pH air. Antarmuka ini digunakan untuk memantau kondisi kualitas air pada *prototype* akuarium mini.



Gambar 7. Tampilan Notifikasi *Web Blynk*

Gambar 7 diatas merupakan hasil dari pengiriman notifikasi kualitas air, memberikan informasi apakah air berada dalam kondisi netral atau buruk. Apabila air dalam kondisi netral, notifikasi akan menampilkan pesan air netral, apabila air dalam kondisi buruk, notifikasi akan menampilkan pesan peringatan air dalam kondisi buruk. Selain itu notifikasi juga akan menampilkan nilai sensor suhu dan pH serta data waktu *monitoring*, sehingga pengguna dapat melihat data historis sensor tersebut kapanpun.

2) Implementasi Perangkat Keras Sistem

Perangkat keras sistem terdiri dari beberapa komponen yaitu:

- Akuarium Mini
- *Breadboard*
- NodeMCU ESP8266 (*Mikrokontroler*)
- Modul pH
- LCD 16x4
- Kabel *Jumper*
- Kabel USB
- Sensor Suhu

- Sensor pH
- USB

Berikut ini adalah gambar perangkat keras keseluruhan sistem:



Gambar 8. Implementasi Sistem Perangkat Keras

Pengembangan sistem ini dimulai dengan langkah awal yang melibatkan pemrograman seluruh komponen IoT, termasuk sensor, *mikrokontroler*, dan komponen lainnya. Setelah tahap tersebut selesai, dilakukan serangkaian uji coba sesuai dengan kebutuhan sistem, dengan tujuan untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan sistem beroperasi sesuai dengan harapan. Proses ini melibatkan pemantauan, pengukuran, serta analisis hasil uji coba untuk memastikan kehandalan dan kinerja sistem yang dikembangkan.

3) Implementasi Sistem Inferensi Fuzzy

Pada penelitian ini menggunakan metode logika *fuzzy* tsukamoto untuk hasil *output* kualitas airnya. Logika ini berfungsi sebagai penentu hasil *output* kualitas air, apakah air dalam kondisi netral atau buruk. *Output* akan didapat berdasarkan nilai yang diinput dari sensor lalu dikirimkan kepada *mikrokontroler*. Pada umumnya sistem inferensi *fuzzy* mempunyai beberapa tahapan, seperti *input*, fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi dan *output*. Berikut penjelasan sistem dalam proses tahapan tersebut:

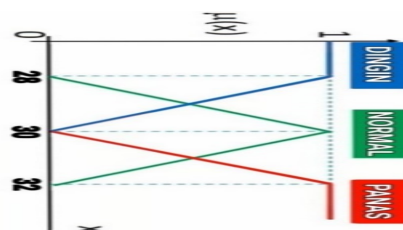
a. *Input*

Tahap pertama dalam metode *fuzzy* adalah pengumpulan data *input*. *Input* yang terkumpul berasal dari data sensor suhu dan pH. Sensor-sensor tersebut awalnya akan membaca atau mendeteksi nilai kondisi air yang sedang di *monitoring*. Kemudian data tersebut akan dikirimkan ke *mikrokontroler* untuk dilakukan proses fuzzifikasi.

b. fuzzifikasi

Setelah data *input* dikumpulkan, langkah berikutnya adalah fuzzifikasi. Ini melibatkan konversi data masukan tegas menjadi himpunan *fuzzy*. Dalam proses ini, variabel *input* dikonversi menjadi tingkat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, yang menggambarkan sejauh mana nilai tersebut termasuk dalam suatu kategori tertentu. Berikut kurva dari derajat keanggotaan Suhu dan pH.

1) Variabel Suhu



Gambar 9. Grafik Fungsi Keanggotaan Suhu

Berdasarkan gambar diatas, nilai-nilai status keanggotan suhu didapatkan dari pakar. Persamaan fungsi keanggotaan Suhu dapat dilihat pada persamaan dibawah ini:

$$\mu(\text{dingin})^x = \begin{cases} 0; x \geq 28 \\ \frac{30-x}{30-28}; 28 \leq x \leq 30 \\ 1; x \leq 28 \end{cases} \quad (12)$$

Pada persamaan dingin, nilai sensor suhu (x) menentukan status suhu. Jika suhu 28°C atau kurang, status suhu adalah dingin (posisi 1 di grafik). Jika lebih dari 28°C, status suhu tidak lagi dingin (posisi 0 di grafik). Jika suhu berada antara 28°C dan 30°C, status suhu menjadi *fuzzy*, yaitu berada di antara dingin dan normal.

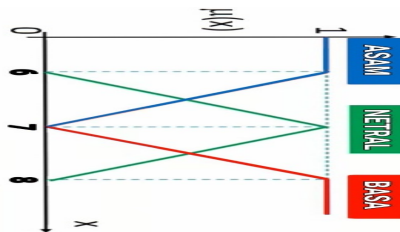
$$\mu(\text{normal})^x = \begin{cases} 0; x \leq 28 \text{ or } \geq 32 \\ \frac{x-28}{30-28}; 28 \leq x \leq 30 \\ \frac{32-x}{32-30}; 30 \leq x \leq 32 \end{cases} \quad (13)$$

Pada persamaan normal, nilai sensor suhu (x) menentukan status suhu. Jika suhu kurang dari 28°C atau lebih dari 32°C, status suhu berada di luar normal (posisi 0 di grafik). Jika suhu antara 28°C dan 30°C, status suhu menjadi *fuzzy*, berada di antara dingin dan normal. Jika suhu antara 30°C dan 32°C, status suhu juga menjadi *fuzzy*, berada di antara normal dan panas.

$$\mu(\text{panas})^x = \begin{cases} 0; x \leq 30 \\ \frac{x-30}{32-30}; 30 \leq x \leq 32 \\ 1; x \geq 32 \end{cases} \quad (14)$$

Pada persamaan panas, jika nilai sensor suhu (x) 30°C atau kurang, status suhu berada di luar panas (posisi 0 di grafik). Jika lebih dari 32°C, status suhu menjadi panas (posisi 1 di grafik). Untuk nilai antara 30°C dan 32°C, status suhu menjadi *fuzzy*, berada di antara normal dan panas.

2) Variabel pH



Gambar 10. Grafik Fungsi Keanggotaan pH

Berdasarkan gambar diatas, nilai-nilai status keanggotan pH didapatkan dari pakar. Persamaan fungsi keanggotaan pH dapat dilihat pada persamaan dibawah ini:

$$\mu(\text{asam})^x = \begin{cases} 0; x \geq 7 \\ \frac{7-x}{7-6}; 6 \leq x \leq 7 \\ 1; x \leq 6 \end{cases} \quad (15)$$

Pada persamaan asam, jika nilai sensor pH 6 atau kurang, status pH adalah asam (posisi 1 di grafik). Jika lebih dari 7, status pH berada di luar asam (posisi 0 di grafik). Untuk nilai antara 6 dan 7, status pH menjadi *fuzzy*, berada di antara asam dan netral.

$$\mu(\text{netral})^x = \begin{cases} 0; x \leq 6 \text{ or } \geq 8 \\ \frac{x-6}{7-6}; 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{8-x}{8-7}; 7 \leq x \leq 8 \end{cases} \quad (16)$$

Pada persamaan netral, jika nilai sensor pH kurang dari 6 atau lebih dari 8, status pH berada di luar netral (posisi 0 di grafik). Jika antara 6 dan 7, status pH menjadi *fuzzy*, berada di antara asam dan netral. Jika antara 7 dan 8, status pH menjadi *fuzzy*, berada di antara netral dan basa.

$$\mu(\text{basa})^x = \begin{cases} 0; x \leq 7 \\ \frac{x-7}{8-7}; 7 \leq x \leq 8 \\ 1; x \geq 8 \end{cases} \quad (17)$$

Pada persamaan basa, jika nilai sensor pH 7 atau kurang, status pH berada di luar basa (posisi 0 di grafik). Jika lebih dari 8, status pH menjadi basa (posisi 1 di grafik). Untuk nilai antara 7 dan 8, status pH menjadi *fuzzy*, berada di antara netral dan basa.

c. Inferensi

Inferensi, yaitu proses mengubah *input fuzzy* menjadi *output fuzzy* dengan cara mengikuti aturan-aturan (IF-THEN) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan *fuzzy*. Dari aturan (*rule*) *fuzzy* didapatkan 9 *rule* dari variasi suhu dan pH. Suhu memiliki 3 variabel linguistik sedangkan pH juga memiliki 3 variabel linguistik. Dari variabel tersebut kemudian di kombinasikan $3 \times 3 =$ sembilan, dan menghasilkan 9 *rule* kualitas air. Berikut aturan *fuzzy* yang telah didapatkan dari pakar untuk kualitas air:

- 1) [R1] Jika suhu dingin dan pH asam, maka kualitas air buruk
- 2) [R2] Jika suhu dingin dan pH netral, maka kualitas air buruk
- 3) [R3] Jika suhu dingin dan pH basa, maka kualitas air buruk
- 4) [R4] Jika suhu netral dan pH asam, maka kualitas air buruk
- 5) [R5] Jika suhu netral dan pH netral, maka kualitas air netral
- 6) [R6] Jika suhu netral dan pH basa, maka kualitas air buruk
- 7) [R7] Jika suhu panas dan pH asam, maka kualitas air buruk
- 8) [R8] Jika suhu panas dan pH netral, maka kualitas air buruk
- 9) [R9] Jika suhu panas dan pH basa, maka kualitas air buruk

Berikut rumus mencari inferensi *fuzzy* dan nilai z yang telah ditentukan.

Rumus inferensi *fuzzy*:

$$\alpha - \text{predikat}_{rule} = \mu_{keanggotaan(x)} \cap \mu_{keanggotaan(x)} \quad (18)$$

Rumus mencari nilai z :

Pada pencarian nilai z menyesuaikan dengan *output* masing-masing aturan, dikarenakan pada kasus ini terbagi menjadi dua *output* kualitas air, yaitu buruk dan baik. Berikut rumus mencari *output* buruk:

$$\mu(z) = \frac{91-z}{91-26} \quad (19)$$

Rumus mencari nilai z *output* netral :

$$\mu(z) = \frac{z-26}{91-26} \quad (20)$$

d. Defuzzifikasi

Setelah proses inferensi, dilanjutkan dengan tahap defuzzifikasi yaitu mengubah nilai keluaran *fuzzy* menjadi nilai numerik yang dapat digunakan untuk membuat keputusan. Defuzzifikasi dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata dari hasil inferensi. Berikut ini adalah rumus untuk mencari rumus defuzzifikasi :

$$Z^* = \frac{\sum_1^p \alpha - \text{predikat}_i \cdot z_i}{\sum_1^p \alpha - \text{predikat}_i} \quad (21)$$

e. Output

Tahap ini adalah hasil akhir dari proses *fuzzy*. Proses ini merupakan nilai atau keputusan yang dihasilkan oleh sistem berdasarkan data masukan dan aturan *fuzzy* yang telah diterapkan. *Output* ini adalah respon atau tindakan yang sesuai dengan situasi yang diberikan sistem. *Output* penelitian ini adalah menentukan kondisi kualitas air dalam memonitoring ikan *guppy*.

4) Hasil Pengujian Sistem

Dalam tahap pengujian sistem ini, penulis melakukan pemantauan selama satu minggu. Data yang terkumpul selama pemantauan, direkam dalam waktu per jam sehari. Hal ini bertujuan untuk memberikan wawasan mendalam tentang kemampuan sistem dalam memantau kualitas air secara *real-time* seiring berjalannya waktu. Berikut ini tabel hasil pengujian kualitas air selama satu minggu dari tanggal 7 hingga 13 Agustus 2024:

Tabel 1. Pengujian Keseluruhan Sistem Selama Satu Minggu

No.	Tanggal	Waktu	Suhu	pH	<i>Fuzzy</i>	Kualitas Air
1	7/8/24	17:49	30.50	7.87	57.09	Netral

2	7/8/24	18:49	30.50	7.42	63.40	Netral
3	7/8/24	19:49	30.50	7.75	58.50	Netral
4	7/8/24	20:49	30.50	7.60	63.11	Netral
5	7/8/24	21:49	30.50	6.78	58.39	Netral
6	7/8/24	22:50	30.50	6.55	63.68	Netral
7	7/8/24	23:50	30.50	6.90	56.05	Netral
8	8/8/24	00:50	30.50	6.28	59.78	Netral
9	8/8/24	01:51	30.50	6.92	55.27	Netral
10	8/8/24	05:13	29.50	6.82	57.99	Netral
11	8/8/24	06:13	29.50	6.78	58.39	Netral
12	8/8/24	07:13	29.50	6.75	58.68	Netral
13	8/8/24	08:13	29.50	6.71	60.20	Netral
14	8/8/24	09:14	29.50	7.04	52.93	Netral
15	8/8/24	10:14	29.50	7.09	55.83	Netral
16	8/8/24	11:14	30.00	6.61	56.92	Netral
17	8/8/24	12:14	30.00	6.59	57.42	Netral
18	8/8/24	13:14	30.50	6.61	62.86	Netral
19	8/8/24	14:14	30.50	6.20	58.31	Netral
20	8/8/24	15:14	30.50	6.36	62.19	Netral
21	8/8/24	16:14	31.00	9.09	58.50	Netral
22	8/8/24	17:14	31.00	8.39	58.50	Netral
23	8/8/24	18:15	31.00	9.26	58.50	Netral
24	8/8/24	19:15	31.00	8.70	58.50	Netral
25	8/8/24	20:15	31.00	8.68	58.50	Netral
26	8/8/24	21:15	31.00	9.09	58.50	Netral
27	8/8/24	22:15	31.00	7.17	63.95	Netral
28	8/8/24	23:15	31.00	7.46	59.71	Netral
29	9/8/24	00:15	31.00	6.24	63.96	Netral
30	9/8/24	01:15	31.00	5.99	58.50	Netral
31	9/8/24	02:15	31.00	5.97	58.50	Netral
32	9/8/24	03:16	30.50	6.17	57.80	Netral
33	9/8/24	04:16	30.50	6.07	54.75	Netral
34	9/8/24	05:16	30.50	6.24	58.50	Netral
35	9/8/24	06:16	30.50	6.55	63.68	Netral
36	9/8/24	07:17	30.00	6.36	55.91	Netral
37	9/8/24	08:17	30.00	6.38	56.58	Netral
38	9/8/24	09:17	30.00	6.47	58.42	Netral
39	9/8/24	10:17	30.00	6.36	55.91	Netral
40	9/8/24	11:17	30.50	6.36	62.19	Netral
41	9/8/24	12:17	30.50	6.44	63.57	Netral
42	9/8/24	13:17	31.00	6.53	59.54	Netral
43	9/8/24	14:17	31.50	6.59	63.20	Netral
44	9/8/24	16:18	31.50	6.98	52.05	Netral
45	9/8/24	17:18	32.00	6.71	52.93	Netral
46	9/8/24	18:18	31.50	6.84	57.66	Netral
47	9/8/24	19:19	31.50	6.71	60.20	Netral
48	10/8/24	09:28	29.50	6.94	54.36	Netral
49	10/8/24	10:28	29.00	7.02	59.50	Netral
50	10/8/24	11:29	29.50	7.04	52.93	Netral
51	10/8/24	12:29	29.50	7.07	55.01	Netral
52	10/8/24	13:29	29.50	7.27	59.24	Netral
53	10/8/24	14:29	29.50	7.17	57.90	Netral
54	10/8/24	15:29	30.00	7.27	51.49	Netral

55	10/8/24	16:30	30.50	7.13	57.08	Netral
56	10/8/24	17:30	29.50	7.09	55.83	Netral
57	10/8/24	18:30	29.50	7.36	62.32	Netral
58	10/8/24	19:30	29.50	7.15	57.54	Netral
59	10/8/24	20:30	29.50	7.09	55.83	Netral
60	10/8/24	21:31	29.50	7.13	57.08	Netral
61	10/8/24	22:31	30.00	7.27	51.49	Netral
62	10/8/24	23:32	30.00	7.36	56.11	Netral
63	11/8/24	00:33	30.00	7.33	54.55	Netral
64	11/8/24	01:34	30.00	7.36	56.11	Netral
65	11/8/24	02:35	30.00	7.31	53.63	Netral
66	11/8/24	03:35	29.50	7.13	57.08	Netral
67	11/8/24	04:35	29.50	7.13	57.08	Netral
68	11/8/24	05:35	29.50	7.33	61.29	Netral
69	11/8/24	06:35	29.00	7.33	62.97	Netral
70	11/8/24	07:36	29.00	7.33	62.97	Netral
71	11/8/24	08:36	29.00	7.25	63.93	Netral
72	11/8/24	09:36	29.00	7.36	62.21	Netral
73	11/8/24	10:36	29.50	7.33	61.29	Netral
74	11/8/24	11:36	29.50	7.36	62.32	Netral
75	11/8/24	12:37	30.00	6.34	55.16	Netral
76	11/8/24	13:37	30.50	6.15	57.42	Netral
77	11/8/24	14:37	30.50	6.13	56.93	Netral
78	11/8/24	15:37	30.50	6.28	59.78	Netral
79	11/8/24	16:37	31.00	6.84	63.83	Netral
80	11/8/24	17:37	31.00	6.40	61.45	Netral
81	11/8/24	18:37	31.00	6.90	62.82	Netral
82	11/8/24	19:37	31.00	6.92	62.27	Netral
83	11/8/24	20:37	30.50	6.98	52.05	Netral
84	11/8/24	21:37	30.50	6.75	58.68	Netral
85	11/8/24	22:37	30.50	6.69	60.86	Netral
86	11/8/24	23:37	30.50	6.73	59.48	Netral
87	12/8/24	00:38	30.50	6.71	60.20	Netral
88	12/8/24	01:38	30.00	6.73	51.84	Netral
89	12/8/24	02:38	30.00	6.71	52.93	Netral
90	12/8/24	03:38	30.00	6.71	52.93	Netral
91	12/8/24	04:38	29.50	6.73	59.48	Netral
92	12/8/24	05:39	29.50	6.82	57.99	Netral
93	12/8/24	06:39	29.50	6.92	55.27	Netral
94	12/8/24	07:39	29.50	6.69	60.86	Netral
95	12/8/24	08:39	29.00	6.75	63.88	Netral
96	12/8/24	09:39	29.50	6.75	58.68	Netral
97	12/8/24	10:39	29.50	6.63	62.46	Netral
98	12/8/24	11:39	29.50	6.49	63.91	Netral
99	12/8/24	12:39	29.50	6.71	60.20	Netral
100	12/8/24	13:39	29.50	6.47	63.86	Netral
110	12/8/24	14:39	30.00	6.53	58.36	Netral
111	12/8/24	15:40	30.00	6.59	57.42	Netral
112	12/8/24	15:45	30.00	8.37	82.39	Netral
113	12/8/24	16:38	30.00	7.00	26.38	Buruk
114	12/8/24	17:38	30.00	6.86	41.49	Buruk
115	12/8/24	18:38	30.00	6.92	35.60	Buruk
116	12/8/24	19:38	30.00	7.13	40.94	Buruk

117	12/8/24	20:39	30.00	6.86	41.49	Buruk
118	12/8/24	21:39	30.00	8.84	43.26	Buruk
119	12/8/24	22:28	28.50	7.73	59.26	Netral
120	12/8/24	23:28	29.00	7.48	59.12	Netral
121	13/8/24	00:28	29.50	7.40	63.10	Netral
122	13/8/24	01:28	29.50	7.46	63.79	Netral
123	13/8/24	02:29	29.50	7.46	63.79	Netral
124	13/8/24	03:29	30.00	7.29	52.61	Netral
125	13/8/24	04:29	30.00	7.29	52.61	Netral
126	13/8/24	05:29	29.50	7.27	59.24	Netral
127	13/8/24	06:30	30.00	7.29	52.61	Netral
128	13/8/24	07:30	30.00	7.46	58.30	Netral
129	13/8/24	08:30	30.00	7.42	57.72	Netral
130	13/8/24	09:30	30.00	7.56	58.07	Netral
131	13/8/24	10:30	30.00	7.33	54.55	Netral
132	13/8/24	11:30	30.00	7.54	58.31	Netral
133	13/8/24	12:30	30.50	7.62	62.75	Netral
134	13/8/24	13:30	31.00	6.84	63.83	Netral
135	13/8/24	14:30	31.00	7.09	62.67	Netral
136	13/8/24	15:30	31.00	6.90	62.82	Netral
137	13/8/24	16:30	31.00	6.84	63.83	Netral
138	13/8/24	17:30	31.00	6.84	63.83	Netral
139	13/8/24	18:30	31.00	7.09	62.67	Netral

Pengujian keseluruhan sistem ini memiliki peran penting dalam memastikan bahwa sistem ini telah siap untuk digunakan dalam *monitoring* kualitas air ikan *guppy* secara nyata. Dengan pengujian yang dilakukan selama dua minggu, sistem ini telah terbukti mampu mendeteksi kualitas air secara efektif dengan memberikan pesan peringatan jika kondisi kualitas air dalam kondisi buruk, dengan demikian memberikan manfaat langsung dalam memantau kualitas air, sehingga mendukung keberhasilan memelihara ikan *guppy*.

Kemudian berikut ini merupakan tahapan metode *fuzzy* tsukamoto pada sistem *monitoring* secara manual:

a. Menentukan *input*, *input* berikut ini di ambil dari tabel 2 yang merupakan hasil pengujian sistem selama dua minggu pada kasus nomor 1 yaitu suhu 30,50 dan nilai pH 7,87.

b. Fuzzifikasi, yaitu mencari derajat keanggotaan:

1) Derajat keanggotaan Suhu:

$$\mu_{dingin}(30,50) = 0$$

$$\mu_{normal}(30,50) = \frac{32 - 30,50}{32 - 30} = \frac{1,5}{2} = 0,75$$

$$\mu_{panas}(30,50) = \frac{30,50 - 30}{32 - 30} = \frac{0,5}{2} = 0,25$$

2) Derajat keanggotaan pH:

$$\mu_{asam}(7,87) = 0$$

$$\mu_{netral}(7,87) = 0,13$$

$$\mu_{basa}(7,87) = 0,87$$

c. Inferensi (Aturan *Rule*)

[R1] Jika suhu dingin dan pH asam, maka kualitas air buruk

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{dingin}(x) \cap \mu_{asam}(x)$$

$$= \min \mu_{dingin}(30,50) \cap \mu_{asam}(7,87)$$

$$= \min(0; 0)$$

$$= 0$$

$$\text{Nilai } z_1 = 1$$

[R2] Jika suhu dingin dan pH netral, maka kualitas air buruk

$$\propto \text{-predikat}_2 = \mu_{\text{dingin}}(x) \cap \mu_{\text{netral}}(x)$$

$$= \min \mu_{\text{dingin}}(30,50) \cap \mu_{\text{netral}}(7,87)$$

$$= \min(0; 0,13)$$

$$= 0$$

$$\text{Nilai } z_2 = 1$$

[R3] Jika suhu dingin dan pH basa, maka kualitas air buruk

$$\propto \text{-predikat}_3 = \mu_{\text{dingin}}(x) \cap \mu_{\text{basa}}(x)$$

$$= \min \mu_{\text{dingin}}(30,50) \cap \mu_{\text{basa}}(7,87)$$

$$= \min(0; 0,87)$$

$$= 0$$

$$\text{Nilai } z_3 = 1$$

[R4] Jika suhu normal dan pH asam, maka kualitas air buruk

$$\propto \text{-predikat}_4 = \mu_{\text{normal}} \cap \mu_{\text{asam}}(x)$$

$$= \min \mu_{\text{normal}}(30,50) \cap \mu_{\text{asam}}(7,87)$$

$$= \min(0,75; 0)$$

$$= 0$$

$$\text{Nilai } z_4 = 1$$

[R5] Jika suhu normal dan pH netral, maka kualitas air netral

$$\propto \text{-predikat}_5 = \mu_{\text{normal}}(x) \cap \mu_{\text{netral}}(x)$$

$$= \min \mu_{\text{normal}}(30,50) \cap \mu_{\text{netral}}(7,87)$$

$$= \min(0,75; 0,13)$$

$$= 0,13$$

$$\text{Nilai } z_5 = ?$$

$$= 91 - (0,13 * (91 - 26))$$

$$= 91 - (0,13 * (65))$$

$$= 91 - 8,45$$

$$\text{Nilai } z_5 = 82,55$$

[R6] Jika suhu normal dan pH basa, maka kualitas air buruk

$$\begin{aligned}
 \alpha \text{-predikat}_5 &= \mu_{\text{normal}}(x) \cap \mu_{\text{netral}}(x) \\
 &= \min \mu_{\text{normal}}(30,50) \cap \mu_{\text{netral}}(7,87) \\
 &= \min(0,75; 0,87) \\
 &= 0,75 \\
 \text{Nilai } z_6 &= ? \\
 &= 91 - (0,75 * (91 - 26)) \\
 &= 91 - (0,75 * (65)) \\
 &= 91 - 48,75 \\
 \text{Nilai } z_6 &= 42,25
 \end{aligned}$$

[R7] Jika suhu panas dan pH asam, maka kualitas air buruk

$$\begin{aligned}
 \alpha \text{-predikat}_7 &= \mu_{\text{panas}}(x) \cap \mu_{\text{asam}}(x) \\
 &= \min \mu_{\text{panas}}(30,50) \cap \mu_{\text{asam}}(7,87) \\
 &= \min(0,25; 0) \\
 &= 0 \\
 \text{Nilai } z_7 &= 1
 \end{aligned}$$

[R8] Jika suhu panas dan pH netral, maka kualitas air buruk

$$\begin{aligned}
 \alpha \text{-predikat}_8 &= \mu_{\text{panas}}(x) \cap \mu_{\text{asam}}(x) \\
 &= \min \mu_{\text{panas}}(30,50) \cap \mu_{\text{asam}}(7,8) \\
 &= \min(0,25; 0,13) \\
 &= 0,13 \\
 \text{Nilai } z_8 &= ? \\
 &= 91 - (0,13 * (9 - 26)) \\
 &= 91 - (0,13 * (65)) \\
 &= 91 - 8,45 \\
 \text{Nilai } z_5 &= 82,55
 \end{aligned}$$

[R9] Jika suhu panas dan pH basa, maka kualitas air buruk

$$\alpha \text{-predikat}_7 = \mu_{\text{panas}}(x) \cap \mu_{\text{asam}}(x)$$

$$= \min \mu_{\text{panas}}(30,50) \cap \mu_{\text{asam}}(7,87)$$

$$= \min(0,25; 0,87)$$

$$= 0$$

$$,25$$

$$\text{Nilai } z_7 = ?$$

$$= 91 - (0,25 * (9 - 26))$$

$$= 91 - (0,25 * (65))$$

$$= 91 - 816,25$$

$$\text{Nilai } z_5 = 74,75$$

d. Mencari defuzzyfikasi dengan *average*

$$Z^* = \frac{\sum_i^n \alpha \text{-predikat}_i * z_i}{\sum_i^n \alpha \text{-predikat}_i}$$

$$Z^* = \frac{(0 * 1) + (0 * 1) + (0 * 1) + (0 * 1) + (0,13 * 82,55) + (0,75 * 42,25) + (0 * 1) + (0,13 * 82,55) + (0,25 * 74,75)}{(0 + 0 + 0 + 0 + 0,13 + 0,75 + 0 + 0,13 + 0,25)}$$

$$Z^* = \frac{10,7315 + 31,6875 + 10,7315 + 18,6875}{1,26}$$

$$Z^* = \frac{71,838}{1,26} = 57,0142857143$$

Kesimpulannya, *output* kualitas air dari nilai sensor suhu 30,50 dan pH 7,87 adalah 57,0142857143 atau jika di linguistikkan, menjadi kualitas air netral. Kemudian berikut ini beberapa contoh lain hasil rekap data dari semua aturan *rule* yang dicoba untuk akurasi antara perhitungan sistem dan manual.

Tabel 2. Perbandingan Akurasi Sistem *Monitoring*

No.	Suhu	pH	<i>Output</i> (Sistem)	<i>Output</i> (Manual)	Akurasi
1	30,50	6,55	63,68	63,70	99,969%
2	31,00	8,68	58,50	58,50	100%
3	30,00	6,86	41,49	41,65	99,614%
4	29,50	7,21	58,35	58,35	100%
5	30,00	7,13	40,94	40,70	99,411%

Tabel 3 menampilkan hasil pengujian antara perhitungan sistem dan manual secara rinci, dengan fokus pada parameter suhu dan pH air. Tingkat akurasi mencapai 99%, yang menunjukkan bahwa hasil dari sistem *monitoring* sangat konsisten dengan perhitungan manual. Keandalan sistem ini dalam menghasilkan keputusan yang tepat dan konsisten memberikan keyakinan tentang optimalitas kondisi air untuk merawat ikan *guppy*.

4. DISKUSI

Dalam penelitian ini, penerapan *Internet of things* (IoT) berhasil diimplementasikan secara efektif untuk *monitoring* kualitas air ikan *guppy*, terutama dalam mendeteksi suhu dan pH air secara *real-time* melalui aplikasi *Blynk*. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang menggunakan IoT untuk pemantauan dan pengendalian pH air melalui bot Telegram. Perbedaan utama terletak pada fitur pengendalian; penelitian sebelumnya menekankan pengendalian otomatis dengan menambah asam atau basa pada air, sedangkan

penelitian ini lebih fokus pada pemantauan dan pengiriman notifikasi ketika kualitas air memburuk. Meskipun tidak memiliki kontrol otomatis, sistem IoT dalam penelitian ini tetap memberikan nilai tambah dengan memungkinkan pemantauan yang akurat dan *real-time*, serta memberikan peringatan langsung kepada pengguna untuk tindakan lebih lanjut. Hal ini membuktikan bahwa IoT dapat diadaptasi sesuai dengan kebutuhan, baik untuk pemantauan maupun pengendalian.

5. KESIMPULAN

Penerapan metode *fuzzy* Tsukamoto pada *prototype* sistem *monitoring* kualitas air ikan *guppy* berhasil memberikan hasil yang akurat dengan tingkat akurasi 99% antara perhitungan sistem dan manual. Sistem ini secara otomatis dapat mengenali kondisi kualitas air, di mana suhu 30,50°C dan pH 7,87 menghasilkan nilai *fuzzy* 57,01, menunjukkan kondisi air netral. Aplikasi *Blynk* juga berhasil menampilkan data sensor secara *real-time* dan mengirimkan notifikasi jika kualitas air buruk.

Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang bisa dikembangkan lebih lanjut, seperti penambahan sensor kekeruhan dan oksigen untuk meningkatkan akurasi, penggunaan aplikasi *Blynk* versi premium, serta pengoptimalan sistem IoT agar data tetap aman selama gangguan koneksi. Fitur tambahan seperti pencetakan atau pengiriman rekap data akan memudahkan pengguna dalam mengakses informasi kapan saja.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Pradypta, L. Anifah, N. Kholis, and F. Baskoro, "Rancang Bangun Sistem *Monitoring* pH Dan Kontrol Suhu Pada Media Pemeliharaan Ikan Hias Air Tawar," *Jurnal Teknik Elektro.*, vol. 11, no. 2, pp. 270–277, 2022.
- [2] S. Fatriana Kadir, "Mobile Iot (Internet Of Things) Untuk Pemantauan Kualitas Air Habitat Ikan Hias Pada Akuarium Menggunakan Metode Logika *Fuzzy*," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 298–305, 2019.
- [3] R. Kharisma and S. Thaha, "Rancang Bangun Alat *Monitoring* Dan Penanganan Kualitas Air Pada Akuarium Ikan Hias Berbasis *Internet of things* (IOT)," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer TRIAC*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [4] bsi.today, "Mengenal Metode *Prototype* Kelebihan Dan Kekurangan," bsi.today. Accessed: Oct. 10, 2024. [Online]. Available: <https://bsi.today/metode-prototype/>