

Perancangan Sistem Monitoring Budidaya Ikan Patin Berbasis Protokol Lora Menggunakan Metode Fuzzy Logic

Andry Fajar Zulkarnain¹ Arief Trisno Eko Suryo² Mahrudin³

¹ Program Studi Rekayasa Elektro, Universitas Lambung Mangkurat

² Program Studi Rekayasa Elektro, Universitas Lambung Mangkurat

³ Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Lambung Mangkurat

✉ andry.zulkarnain@ulm.ac.id

Kualitas air yang buruk menyebabkan ikan lebih mudah terserang penyakit bahkan kematian pada ikan. Pemantauan secara langsung dinilai tidak efektif karena kondisi fisik air yang dapat berubah dalam waktu yang cukup cepat yang disebabkan oleh kondisi cuaca ataupun sisa makanan serta faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas air kolam. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka pembudidaya perlu menggunakan suatu teknologi yang dapat memantau kualitas air kolam agar kondisi air dapat diamati dengan cepat sehingga pembudidaya segera melakukan penanganan pada kolam. Adapun komponen yang digunakan yaitu ESP32 WROOM-32D sebagai mikrokontroler, sensor DS18B20 sebagai sensor untuk mengukur suhu, sensor pH SS15 sebagai sensor untuk mengukur derajat keasaman (pH), dan sensor MQ-135 sebagai sensor untuk mengukur amonia. Hasil dari pengujian performa dari sensor yang digunakan untuk mengetahui persentase *error* dari setiap sensor didapatkan hasil *error* sebesar 5,99% pada pengujian sensor DS18B20, 5,5% pada pengujian sensor pH, dan sensor MQ-135 sesuai dengan hasil amonia *hydrion tester*. Jarak komunikasi yang dapat dilakukan modul LoRa-SX1278 yang digunakan yaitu 150 meter pada kondisi LoS dan 50 meter pada kondisi N-LoS. Hasil pengujian sistem dari perhitungan *fuzzy logic* pada keluaran mikrokontroler dan Matlab dalam menentukan kualitas air kolam didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 0,46%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem monitoring kualitas air yang dibangun berbasis protokol LoRa menggunakan *fuzzy logic* dalam menentukan kualitas air berhasil dibangun dan layak digunakan.

Kata Kunci: Kualitas Air; Suhu; pH; Amonia; Fuzzy Logic, LoRa

Diajukan: 11 September 2023

Direvisi: 18 Oktober 2023

Diterima: 19 Februari 2024

Dipublikasikan online: 20 Februari 2024

Pendahuluan

Kalimantan Selatan menjadi salah satu sentra produksi ikan patin di Indonesia (Rifa et al., 2021). Kabupaten Banjar menjadi daerah penghasil terbanyak ikan patin di Kalimantan Selatan dengan total hasil produksi sebanyak 24.180,6 Ton pada tahun 2020 (Statistik KKP, 2020). Masyarakat Kabupaten Banjar gemar mengonsumsi masakan tradisional khas banjar dari olahan ikan patin seperti gangan asam patin, patin baubar dan sebagainya. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan konsumsi ikan patin masyarakat Kabupaten Banjar cukup besar (Rizki Saputera, 2019).

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap hasil produksi perikanan budidaya adalah kualitas air. Kualitas air merupakan komponen yang paling penting bagi kelangsungan hidup ataupun pertumbuhan ikan

(Sihotang, 2018). Kualitas air yang buruk menyebabkan ikan lebih mudah terserang penyakit bahkan kematian pada ikan. Hal ini akan berdampak menurunnya hasil produksi serta menimbulkan kerugian bagi pembudidaya kolam ikan (Supriyanto et al., 2019). Saat ini, kegiatan pemantauan kualitas air masih belum efisien karena pembudidaya masih melakukan pemantauan secara langsung untuk melihat kondisi fisik air dan belum tersedianya alat bantu untuk melakukan pengecekan kondisi air kolam budidaya. Pemantauan secara langsung dinilai tidak efektif karena kondisi fisik air yang dapat berubah dalam waktu yang cukup cepat yang disebabkan oleh kondisi cuaca ataupun sisa makanan serta faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas air kolam budidaya (Bhawiyuga & Yahya, 2019). Adapun parameter kualitas air yang perlu diperhatikan dalam budidaya kolam ikan yaitu

Cara mensitasi artikel ini:

Zulkarnain, A.F., Suryo, ATE., Mahrudin. (2024) Perancangan Sistem Monitoring Budidaya Ikan Patin Berbasis Protokol Lora Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Buletin Profesi Insinyur* 7(1) 013-022



This is an open access article under the CC BY-NC-SA license

suhu, derajat keasaman (pH), dan kadar amonia (NH₃) (Fakhriza et al., 2021). Adanya perubahan suhu pada kolam budidaya dan tidak sesuai dengan kondisi ikan yang dibudidayakan dapat menyebabkan kematian pada ikan dalam waktu yang singkat yang disebabkan oleh penurunan nafsu makan ikan serta laju metabolisme pada ikan (Pramana, 2018). Kondisi air dengan tingkat keasaman tinggi dapat mengakibatkan kematian pada ikan. Pada suatu perairan yang terlalu rendah ataupun terlalu tinggi menyebabkan ikan mudah terserang penyakit, stres, dan pertumbuhan menjadi terhambat (Supriatna et al., 2020). Peningkatan nilai suhu dan pH dapat mempengaruhi kadar amonia dalam air (Sari et al., 2021). Kadar amonia yang meningkat dapat menjadi racun bagi ikan sehingga menyebabkan kematian pada ikan (Wahyuningsih et al., 2020). Standar kualitas air untuk pemeliharaan ikan patin dengan parameter suhu, pH, dan kadar amonia di dalam air dapat dilihat pada Tabel 1 (Minggawati & Saptano, 2012).

Tabel 1 Standar parameter kualitas air budidaya ikan patin

Parameter	Standar Nilai
Suhu	25 – 33 °C
pH	7 – 8,5
Amonia	< 0,1 ppm

Saat ini, kegiatan pemantauan kualitas air masih belum efisien karena pembudidaya masih melakukan pemantauan secara langsung untuk melihat kondisi fisik air dan belum tersedianya alat bantu untuk melakukan pengecekan kondisi air kolam budidaya. Pemantauan secara langsung dinilai tidak efektif karena kondisi fisik air yang dapat berubah dalam waktu yang cukup cepat yang disebabkan oleh kondisi cuaca ataupun sisa makanan serta faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas air kolam budidaya (Bhawiyuga & Yahya, 2019). Untuk mengatasi permasalahan yang ada maka, pembudidaya perlu menggunakan suatu teknologi yang dapat memantau kualitas air kolam agar kondisi air dapat diamati dengan cepat sehingga pembudidaya dapat segera memberi tindakan untuk melakukan penanganan pada kolam. Protokol LoRa dapat membantu terwujudnya pemantauan kualitas air secara *realtime*. *Long Range* (LoRa) merupakan suatu perangkat komunikasi jarak jauh berdaya rendah sehingga sebagian kecil data dapat ditransmisikan dalam jarak jauh. Pada bidang *Internet of Things* (IoT), LoRa telah membuktikan efektif digunakan dalam industri saat ini di berbagai bidang (seperti *health monitoring*, *smart metering*, *environment monitoring*, dll.), serta di industri lainnya (Madaan et al., 2020). LoRa memiliki kelebihan dengan teknologi lainnya (seperti *bluetooth*, seluler, maupun WIFI), yaitu memiliki jangkauan yang jauh namun berdaya rendah sehingga

cocok digunakan pada perangkat yang dioperasikan lama (Yanziah et al., 2020).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ayub Repa Batong dkk, mengenai analisis kelayakan LoRa pada sistem monitoring menggunakan dua frekuensi yaitu pada frekuensi 433 MHz dan 915 MHz didapatkan hasil bahwa LoRa layak digunakan untuk komunikasi jarak jauh untuk sistem monitoring dan frekuensi yang mempunyai performa lebih baik yaitu pada frekuensi 433 MHz (Batong et al., 2020). Dari penelitian yang dilakukan oleh Khalid Waleed dan kawan-kawan mengenai sistem pemantauan pencemaran air sungai yang diklasifikasikan menggunakan *fuzzy logic* dengan komunikasi LoRa, didapatkan hasil bahwa sistem dapat melakukan pemantauan tingkat pencemaran air sungai serta mampu melakukan klasifikasi dan memvisualisasikan hasil pemantauan berdasarkan 3 jenis kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi (Elektro et al., 2019). Untuk menentukan kualitas air kolam ikan patin, pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* tipe Mamdani sebagai penentu bagaimana kualitas air kolam berdasarkan parameter kualitas air yang digunakan. *Fuzzy logic* tipe Mamdani dinilai lebih maksimal digunakan dibandingkan dengan tipe *fuzzy* lainnya yaitu Sugeno dan Tsukamoto dalam melakukan pengolahan data dan dinilai cukup efektif digunakan untuk menentukan kualitas air kolam ikan (Ayuningtias et al., 2017)(Pujiharsono & Kurnianto, 2020). *Fuzzy logic* adalah suatu metode penalaran berdasarkan perkiraan dan asumsi yang menyerupai model penalaran manusia. Saat ini, algoritma ini banyak digunakan di bidang-bidang seperti robotika, lini produksi otomatisasi, simulasi keuangan, dll (Pacco, 2022).

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan pembahasan mengenai pengendalian kualitas air pada budidaya ikan, seperti yang telah dilakukan oleh Achmad Dani Rusdian dan kawan-kawan yang merancang sistem pengendalian kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya ikan nila merah menggunakan metode *fuzzy logic*. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa parameter untuk melakukan pengukuran kualitas air seperti parameter pH, suhu, dan kekeruhan air menggunakan metode *fuzzy logic* sebagai pengendali otomatis untuk pembuangan dan pengisian air kolam. Hasil pada penelitian ini didapatkan nilai parameter kualitas air yaitu nilai pH terjaga pada nilai 6.5-8, suhu terjaga pada nilai 27-29 °C, dan kekeruhan terjaga pada nilai 30-32 NTU (Setiawan & Munadhif, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Adhitya Bhawiyuga dan Widhi Yahya mengenai sistem monitoring kualitas air kolam budidaya berbasis LoRa yang dapat dipantau secara *realtime* melalui aplikasi berbasis web. Pada penelitian ini menggunakan parameter suhu, keasaman air (pH), kekeruhan, oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dan menggunakan LoRa sebagai modul komunikasi jarak jauh untuk memantau kualitas 4 air kolam budidaya. Hasil dari pengujian sistem didapatkan hasil bahwa sistem dapat

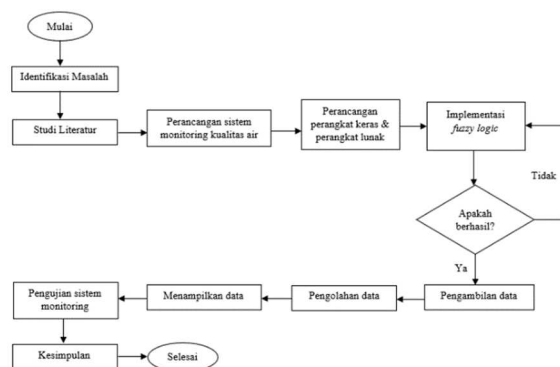
mendeteksi perubahan kualitas air berdasarkan parameter yang digunakan dan untuk uji kinerja komunikasi LoRa didapatkan hasil terbaik yaitu pada jarak 40 Meter dan paket yang dikirim sebesar 82 *byte* dengan hasil pengujian *packet loss* sebesar 7,8% dan *delay* sebesar 189,4ms (Bhawiya & Yahya, 2019). Selanjutnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Dipankar Chowdhury dan Sigve Hovda mengenai perbandingan model logika empiris dan *fuzzy* pada kasus estimasi konsentrasi stek *downhole* dari data eksperimen didapatkan hasil perbandingan model pada himpunan data pengujian menunjukkan bahwa model *fuzzy logic* yang dikembangkan berkinerja lebih baik daripada dua model empiris dalam ketiga pengukuran statistik yaitu koefisien penentuan (R^2), *root mean square error* (RMSE) dan *mean absolute error* (MAE) (Chowdhury & Hovda, 2022).

Berdasarkan pemaparan diatas, maka peneliti membuat sebuah sistem monitoring pemantauan kualitas air pada budidaya ikan patin berbasis protokol LoRa menggunakan *fuzzy logic*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi serta membantu pembudidaya dalam mengatasi permasalahan pemantauan kondisi air kolam agar dapat meningkatkan hasil produksi.

Metode

Tahapan penelitian

Adapun tahapan ataupun proses dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



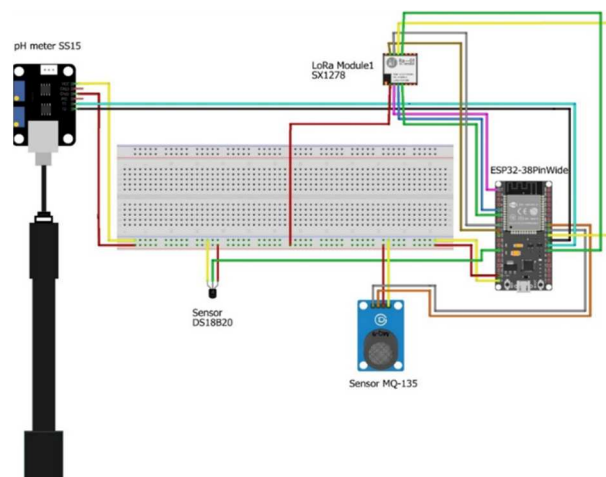
Gambar 1 Alur Penelitian

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah melakukan identifikasi masalah secara kualitatif yang berfokus pada pengamatan untuk mendapatkan suatu permasalahan. Proses identifikasi masalah dilakukan dengan melakukan wawancara secara langsung dengan salah satu pembudidaya ikan patin. Setelah dilakukan wawancara ditemukan permasalahan yaitu banyaknya kematian pada ikan selama proses pemeliharaan yang disebabkan oleh kualitas air yang buruk dikarenakan belum adanya alat untuk memantau kualitas air tersebut secara langsung sehingga dapat menyebabkan ikan lebih mudah terserang penyakit bahkan kematian pada ikan. Oleh sebab itu, pembudidaya ikan perlu

melakukan pengecekan kondisi air kolam secara berkala agar nantinya kualitas air kolam tetap sesuai dengan standar untuk kelangsungan hidup ikan budidaya.

Tahapan kedua pada penelitian ini adalah studi literatur, yang mana pada tahap ini dilakukan dengan menentukan konsep penelitian serta mencari dan mengumpulkan teori-teori terkait yang relevan untuk memperkuat penelitian. Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini berasal dari jurnal ilmiah nasional dan internasional, paper penelitian, berita, dan buku. Tahapan ketiga pada penelitian ini adalah membuat rancangan sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya ikan patin menggunakan *tools* Canva sebelum dilakukan tahap implementasi sistem *monitoring*. Implementasi perancangan sistem *monitoring* kualitas air pada kolam ikan patin berukuran $\pm 2 \times 1$ meter yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor suhu, sensor pH, dan sensor amonia yang saling terhubung dengan mikrokontroler yang di integrasikan menggunakan protokol LoRa.

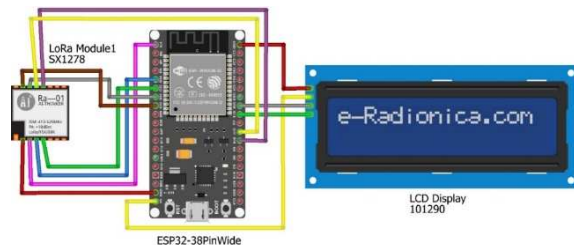
Pada perancangan dimana penelitian ini menggunakan sensor DS18B20 sebagai sensor suhu air, sensor pH tipe SS15 sebagai pengukur tingkat keasaman air kolam, sensor MQ-135 sebagai sensor gas untuk mendeteksi kadar gas amonia dalam air. Mikrokontroler yang digunakan untuk tahap pengimplementasian sistem *monitoring* ini adalah ESP32, yang mana modul ini merupakan penerus dari ESP8266 yang sudah dilengkapi modul WiFi yang nantinya berfungsi sebagai jalur antar perangkat keras dan *cloud firebase*. Modul komunikasi LoRa-SX1278 digunakan sebagai protokol komunikasi antara perangkat *node* sensor dan *gateway* yang rancangannya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian Node Sensor

Setelah mendapatkan data dari hasil pembacaan sensor, maka hasil pembacaan sensor akan dikirim lagi ke perangkat *gateway* sebelum dikirimkan ke pusat data menggunakan modul komunikasi LoRa Ra-02 SX-1278 dengan frekuensi 433 Mhz. Perangkat *gateway* berfungsi sebagai perantara antara perangkat *node* sensor yang ada di kolam dengan pusat data. Setelah

menerima data dari sensor, perangkat *gateway* kemudian mengirimkan data ke *cloud server*. Selanjutnya data dari sensor DS18B20, MQ-135, dan sensor pH SS15 akan terhubung ke *cloud server* dan langsung dilakukan sistem *monitoring* kualitas air. Rangkaian *gateway* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian Gateway

Tahapan berikutnya adalah proses pengimplementasian metode *fuzzy logic* yang dimulai dengan proses *fuzzifikasi* dengan menggunakan variabel suhu air, pH air, dan kadar amonia. Selanjutnya data dari masing-masing parameter akan dihitung, setelah itu barulah masuk dalam proses selanjutnya yaitu proses *defuzzifikasi*.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu air, pH air, kadar amonia. Data suhu air, pH air, dan kadar amonia digunakan sebagai variabel *input*. Data suhu didapatkan dari sensor DS18B20, data derajat keasaman didapatkan dari sensor pH SS15, dan data kadar amonia didapatkan dari sensor MQ-135.

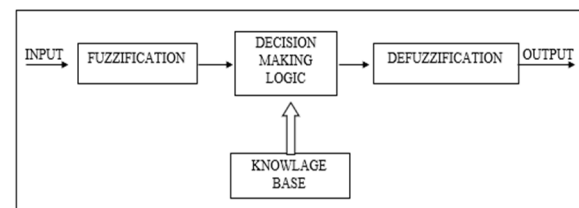
Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang nantinya akan menjadi hasil dari penelitian ini. Data yang sudah didapatkan dari sensor akan dibandingkan dengan pengukuran secara konvensional seperti pengukuran suhu air menggunakan termometer, pengukuran tingkat keasaman air menggunakan pH meter, dan pengukuran kadar amonia menggunakan amonia *tester*. Setelah semua tahapan tersebut dilakukan maka akan didapatkan hasil rata-rata nilai *error* dari sensor yang digunakan dan nantinya menjadi tolak ukur apakah sistem *monitoring* kualitas air budidaya ikan patin layak untuk digunakan atau belum. Hasil dari pembacaan sensor berupa data kualitas air kemudian ditampilkan pada sistem. Adapun sistem yang dibuat berbasis *website* yang dirancang menggunakan pemrograman *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS), *Bootstrap*, dan *JavaScript*. Sistem *monitoring* ini nantinya dapat dilihat oleh pengguna secara *real time*. Pengujian sistem *monitoring* dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran kualitas air dari perhitungan yang didapatkan dari mikrokontroler kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan yang dilakukan pada aplikasi Matlab. Selain itu perhitungan dari mikrokontroler juga akan dibandingkan dengan data kualitas air yang sudah didapatkan dari hasil wawancara dengan pembudidaya ikan patin

berdasarkan *fuzzy rule* yang sudah ditetapkan oleh pembudidaya ikan patin.

Tahapan terakhir adalah penarikan hasil kesimpulan, yang menjadi jawaban atas rumusan masalah dalam penelitian ini. Selain itu juga pada hasil kesimpulan akan diberikan saran dan masukan pendukung agar penelitian yang dilakukan dapat digunakan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya.

Perancangan Fuzzy Logic

Pada penelitian ini menggunakan *fuzzy logic* tipe Mamdani karena metode ini dinilai lebih maksimal digunakan dibandingkan dengan tipe *fuzzy* lainnya yaitu Sugeno dan Tsukamoto dalam melakukan pengolahan data dan dinilai cukup efektif digunakan untuk menentukan kualitas air kolam ikan (Ayuningtias et al., 2017)(Pujiharsono & Kurnianto, 2020). Secara umum, proses penerapan logika fuzzy terdiri dari tiga tahap yaitu *fuzzifikasi* yang merupakan proses penguraian *input* dan/atau *output* sistem menjadi satu atau set fuzzy, proses pengambilan keputusan yang menggunakan basis pengetahuan untuk mengendalikan sistem, dan proses *defuzzifikasi* yang merupakan proses memperoleh langsung nilai (*crisp*) dari area fuzzy [22].



Proses *fuzzy logic* ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.

Gambar 4 Alur Fuzzy Logic

Berdasarkan pada Gambar 4, tahapan proses *fuzzy logic* yang pertama adalah mengidentifikasi *input* sehubungan dengan nama dan rentang nilai, kemudian mengidentifikasi *output* sehubungan dengan nama dan rentang nilai, lalu membuat derajat keanggotaan fuzzy *input* dan *output*. Setelah itu menentukan tindakan yang akan dilakukan berdasarkan masing-masing aturan (*rule*), dan menggabungkan aturan (*rule*) dan memproses *output*.

Fuzzyfikasi

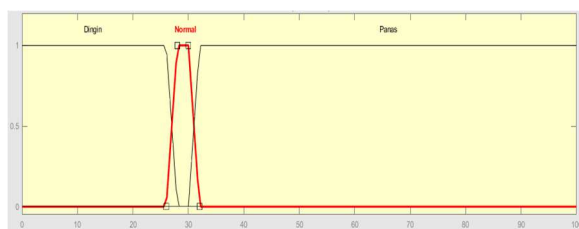
Proses *fuzzifikasi* adalah langkah pertama dalam perhitungan logika fuzzy yang mengubah *input* nilai pasti (*crisp*) ke dalam nilai-nilai dalam bentuk satu atau lebih keanggotaan fuzzy yang sesuai. Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel yaitu variabel suhu air, variabel pH air, dan variabel amonia. Variabel suhu dibagi menjadi tiga nilai linguistik, yaitu Dingin, Normal dan Panas. Variabel pH dibagi menjadi tiga nilai linguistik, yaitu Asam, Netral, dan Alkali. Variabel amonia dibagi menjadi tiga nilai linguistik, yaitu Rendah, Aman, dan Bahaya (Husada, 2020)(Kasim et al., 2019). Berikut adalah rumus untuk menyatakan hasil fuzzifikasi.

$$\mu A(x) = \begin{cases} 0 & ; x < a \text{ or } x > d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c \leq x \leq d \end{cases} \quad (1)$$

Dalam rumus (1) dinyatakan bahwa $\mu A[x]$ adalah fungsi *fuzzifikasi*, x adalah nilai *input* dari variabel, a adalah batas minimum dari himpunan *fuzzy* kedua, b adalah batas maksimum dari himpunan *fuzzy* pertama, c adalah batas minimum dari himpunan *fuzzy* ketiga, dan d adalah batas maksimum dari himpunan *fuzzy* kedua [22]. Berikut ini penentuan proses *fuzzifikasi* suhu air, pH air, dan Amonia.

Variabel Suhu Air

Variabel suhu air memiliki rentang nilai 0°C - 100°C. Rentang tersebut merupakan representasi yang diambil untuk melaksanakan penelitian ini. Suhu air dapat diklasifikasikan ke dalam sejumlah kumpulan data *fuzzy* yaitu dingin, normal dan panas yang diidentifikasi masing-masing dengan nama A1, A2 dan A3 seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2 (Husada, 2020). Untuk representasi grafik variabel suhu pada matlab ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5 Kurva Derajat Keanggotaan Suhu Air

Tabel 2 *Fuzzifikasi* Suhu Air

Set dari Suhu	Rentang Suhu	Kategori
A1	0°C ≤ T ≤ 28°C	Dingin
A2	26°C < T ≤ 32°C	Normal
A3	30°C < T ≤ 100°C	Panas

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan dingin memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$A1[suhu] = \begin{cases} 0 & ; suhu > 0 \text{ atau } suhu < 28 \\ \frac{28 - suhu}{28 - 26} & ; 28 \leq suhu \leq 26 \\ 1 & ; 0 \leq suhu \leq 26 \end{cases}$$

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan normal memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

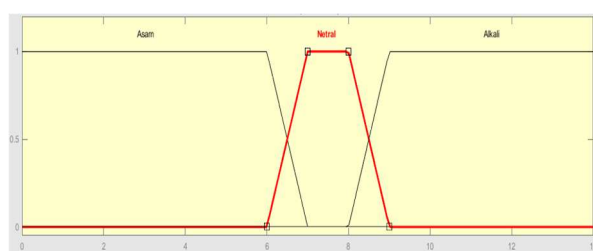
$$A2[suhu] = \begin{cases} 0 & ; suhu > 26 \text{ atau } suhu < 32 \\ \frac{suhu - 26}{28 - 26} & ; 26 \leq x \leq 32 \\ \frac{32 - suhu}{32 - 30} & ; 30 \leq x \leq 32 \\ 1 & ; 28 \leq x \leq 32 \end{cases}$$

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan panas memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$A3[suhu] = \begin{cases} 0 & ; suhu > 30 \text{ atau } suhu < 100 \\ \frac{suhu - 30}{32 - 30} & ; 20 \leq suhu \leq 32 \\ 1 & ; 32 \leq suhu \leq 100 \end{cases}$$

Variabel pH air

Variabel pH air memiliki rentang nilai 0 sampai 14. Rentang tersebut merupakan representasi yang diambil untuk melaksanakan penelitian ini. Variabel pH air dapat diklasifikasikan ke dalam sejumlah kumpulan data *fuzzy* yaitu asam, netral dan alkali yang diidentifikasi masing-masing dengan nama B1, B2 dan B3 seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3 (Husada, 2020). Untuk representasi grafik variabel pH air pada matlab ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6 Kurva Derajat Keanggotaan pH Air

Tabel 3 *Fuzzifikasi* pH air

Set dari pH	Rentang pH	Kategori
B1	0 ≤ pH ≤ 7	Asam
B2	6 < pH ≤ 8	Netral
B3	7.5 < pH ≤ 14	Alkali

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan Asam memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$B1[pH] = \begin{cases} 0 & ; pH > 0 \text{ atau } pH < 7 \\ \frac{7 - pH}{7 - 6} & ; 6 \leq pH \leq 7 \\ 1 & ; 0 \leq pH \leq 6 \end{cases}$$

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan netral memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$B2[pH] = \begin{cases} 0 & ; pH > 6 \text{ atau } pH < 8 \\ \frac{pH - 6}{7 - 6} & ; 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{8 - pH}{8 - 7.5} & ; 7.5 \leq x \leq 8 \\ 1 & ; 7 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

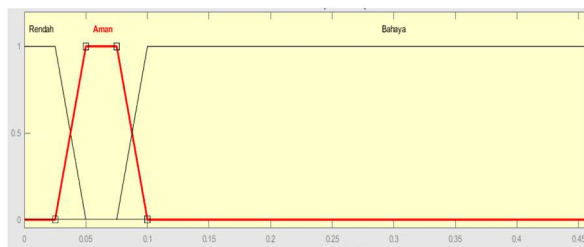
Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan panas memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$B3[pH] = \begin{cases} 0 & ; pH > 8 \text{ atau } pH < 14 \\ \frac{pH - 7.5}{8 - 7.5} & ; 7.5 \leq pH \leq 8 \\ 1 & ; 8 \leq pH \leq 14 \end{cases}$$

Variabel Amonia

Variabel amonia memiliki rentang nilai 0 sampai 10 ppm. Rentang tersebut merupakan representasi yang diambil untuk melaksanakan penelitian ini. Variabel amonia dapat diklasifikasikan ke dalam sejumlah kumpulan data *fuzzy* yaitu rendah, aman dan bahaya yang diidentifikasi masing-masing dengan nama C1, C2

dan C3 seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4. (Talanta, 2021)(Dwisaputra et al., 2019). Untuk representasi grafik variabel amonia pada matlab ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7 Kurva Derajat Keanggotaan Amonia

Tabel 4 Fuzzifikasi Amonia

Set dari Amonia	Rentang Amonia	Kategori
C1	$0 \leq \text{Amonia} \leq 0.05$	Rendah
C2	$0.025 < \text{Amonia} \leq 0.1$	Aman
C3	$0.075 < \text{Amonia} \leq 10$	Bahaya

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan rendah memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$C1[\text{amonia}] = \begin{cases} 0 & ; \text{amonia} > 0 \text{ atau} \\ \frac{0.05 - \text{amonia}}{0.05 - 0.025} & \text{amonia} < 0.05 \\ 1 & ; 0.025 \leq \text{amonia} \leq 0.05 \end{cases}$$

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan aman memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

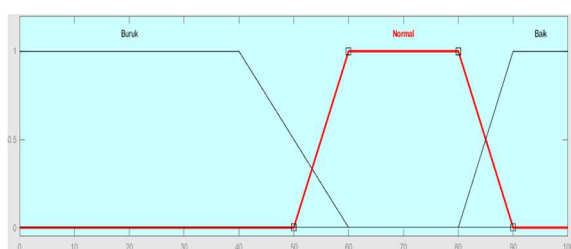
$$C2[\text{amonia}] = \begin{cases} 0 & ; \text{amonia} > 0.025 \text{ atau} \\ \frac{\text{amonia} - 0.025}{0.05 - 0.025} & ; \text{amonia} < 0.1 \\ \frac{0.1 - \text{amonia}}{0.1 - 0.075} & ; 0.025 \leq x \leq 0.05 \\ 1 & ; 0.075 \leq x \leq 0.1 \end{cases}$$

Berdasarkan rumus (1) didapatkan keanggotaan bahaya memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$C3[\text{amonia}] = \begin{cases} 0 & ; \text{amonia} > 0.1 \text{ atau} \\ \frac{\text{amonia} - 0.075}{0.1 - 0.075} & ; \text{amonia} < 10 \\ 1 & ; 0.075 \leq \text{amonia} \leq 0.1 \\ & ; 0.1 \leq \text{amonia} \leq 10 \end{cases}$$

Variabel Keluaran (Output)

Keluaran pada sistem ini adalah kualitas air. Variabel kualitas air memiliki rentang nilai 0 sampai 100. Rentang tersebut merupakan representasi yang diambil untuk melaksanakan penelitian ini. Indeks kualitas air dikategorikan Buruk jika mempunyai nilai ≤ 60 . Untuk representasi grafik kualitas air pada matlab ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8 Kurva Derajat Keanggotaan Kualitas Air

Indeks kualitas air dikategorikan Normal jika mempunyai rentang nilai dari 50-90. Indeks kualitas air dikategorikan Baik jika mempunyai nilai dari ≥ 80 [25].

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Sensor DS18B20 dengan Termometer Digital

Hasil dari pembacaan sensor DS18B20 pada pengukuran suhu air akan dibandingkan secara manual melalui pembacaan dari *tester* suhu termometer digital yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian pembacaan sensor DS18B20 dengan termometer digital

No	DS18B20 (°C)	Digital Termometer(°C)	Error (%)
1	18.31	19.8	7,52
2	18.37	19.9	7,68
3	18.44	19.9	7,33
4	18.50	20.0	7,50
5	30.12	31.3	3,76
6	30.12	31.3	3,76
7	30.12	31.3	3,76
8	30.12	31.3	3,76
9	58.89	63.1	6,67
10	58.50	62.8	6,84
11	58.13	62.6	7,14
12	57.50	61.3	6,19
Rata-rata Error			5,99

Data pada Tabel 5 merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian sensor DS18B20 dengan digital termometer pada kondisi suhu air dingin (biru), normal (hijau), dan panas (merah). Dari hasil pengujian didapatkan nilai *error* yaitu sebesar 5,99%.

Pengujian Sensor pH dengan pH Tester

Hasil dari pembacaan sensor pH pada pengukuran pH air akan dibandingkan dengan secara manual melalui pembacaan dari *tester* pH meter digital yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian pembacaan sensor pH dengan pH tester

No	pH Sensor	pH meter digital	Error (%)
1	4.50	4.12	9,22
2	4.45	4.12	8,00
3	4.51	4.12	9,46
4	4.39	4.12	6,55
5	6.53	6.97	6,31
6	6.52	6.97	6,46
7	6.39	6.97	8,32
8	6.44	6.97	7,60
9	8.95	8.86	1,01
10	8.84	8.86	0,22
11	8.98	8.86	1,35
12	9.00	8.86	1,58
Rata-rata Error (%)			5,50

Data pada Tabel 6 merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian sensor pH dengan pH meter digital pada kondisi pH air asam (merah), netral (hijau), alkali (ungu). Dari hasil pengujian didapatkan nilai *error* yaitu sebesar 5,50%.

Pengujian Sensor MQ-135 dengan Amonia Hydrion Tester

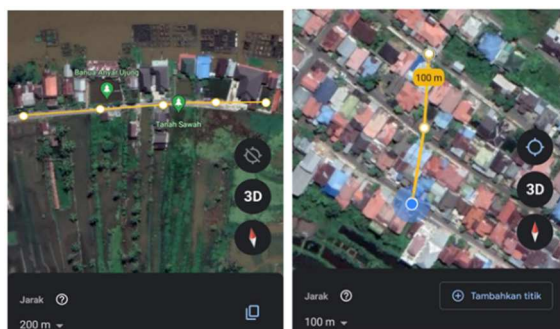
Hasil dari pembacaan dari sensor MQ-135 akan dibandingkan secara manual dengan amonia hydrion tester yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Pengujian pembacaan sensor MQ-135 dengan amonia hydrion tester

No	MQ-135 (ppm)	Warna Kertas Hydrion	Keterangan
1	0.03	Yellow	Sesuai
2	0.03		Sesuai
3	0.03		Sesuai
4	0.03		Sesuai
5	0.03		Sesuai
6	0.03		Sesuai
7	17.56	Green	Sesuai
8	18.49		Sesuai
9	18.99		Sesuai
10	19.37		Sesuai
11	19.79		Sesuai
12	19.46		Sesuai

Pengujian Jarak Komunikasi LoRa-SX1278

Pada tahap ini dilakukan pengujian jarak terhadap nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) pada *Line of Sight* (LoS) tanpa penghalang dan *Non-Line of Sight* (N-LoS) dengan adanya halangan. RSSI adalah teknologi yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal. Kekuatan sinyal akan semakin lemah jika jarak pancar semakin jauh yang juga berdampak pada lamanya pengiriman data. Nilai RSSI berupa nilai negatif dan akan semakin bagus jika mendekati 0. Pengujian jarak komunikasi LoRa-SX1278 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Lokasi Pengujian LoS dan N-LoS

Berikut ini hasil pengujian jarak komunikasi LoRa-SX1278 pada kondisi LoS dan N-LoS dengan menghitung nilai RSSI berdasarkan jarak pengujian yang dilakukan yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Pengujian jarak komunikasi lora-sx1278

Kondisi	Nilai RSSI (dBm)			
	50 m	100 m	150 m	200 m
LoS	-58	-71	-89	-
NLoS	-79	-	-	-

Berdasarkan hasil pengujian jarak komunikasi LoRa-SX1278 pada Tabel 8 diperoleh hasil bahwa jarak komunikasi yang dapat dilakukan modul LoRa-SX1278 yang digunakan yaitu 150 Meter pada kondisi LoS dan 50 Meter pada kondisi N-LoS.

Pengujian Sistem

Data suhu air, pH air, dan gas amonia yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor pada pagi, siang, dan sore hari akan menghasilkan nilai perhitungan menggunakan metode *fuzzy logic* dan didapatkan nilai keluaran (*output*) berupa keterangan kualitas air kolam. Perhitungan yang didapatkan dari mikrokontroler kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan yang dilakukan pada aplikasi Matlab. Selain itu perhitungan dari mikrokontroler juga akan dibandingkan dengan data kualitas air yang sudah didapatkan dari hasil wawancara dengan pembudidaya ikan patin berdasarkan *fuzzy rule* yang sudah ditetapkan oleh pembudidaya ikan patin yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Pengujian perhitungan mikrokontroler dengan matlab

No	Suhu Air (°C)	pH Air	Amonia (ppm)	Kualitas Air		Error (%)
				Arduino	Matlab	
1	29,50	6,62	0,05	78,65	79	0,44
2	30,19	5,10	0,07	63,32	63,4	0,13
3	30,75	5,18	0,08	48,86	48,6	-0,53
....						
43	28,21	5,13	0,09	39,80	39,5	0,76
44	29,37	5,14	0,16	25,33	25,1	0,92
45	29,18	5,92	0,08	57,27	57,2	0,12
Rata-rata Error (%)						0,46

Dari hasil perhitungan mikrokontroler dan Matlab pada Tabel 3 diketahui bahwa perhitungan *error* saat hari pertama pada pukul 08.00 yaitu suhu air 29,50°C, pH air 6,62, dan amonia 0,05 maka dapat diketahui nilai *error* berdasarkan perhitungan berikut.

$$\text{Error} = \frac{\text{matlab-mikrokontroler}}{\text{mikrokontroler}} \times 100\% \quad (2)$$

$$= 0.44\%$$

Setelah didapatkan nilai *error* untuk semua data hasil pengujian, maka dapat diperoleh rata-rata nilai *error* dengan cara menjumlahkan semua nilai *error* dan dibagi dengan banyaknya pengujian dilakukan. Berikut ini rumus untuk menghitung rata-rata nilai *error*.

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \quad (3)$$

$$= 0.46\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan *fuzzy logic* pada keluaran mikrokontroler dan Matlab dalam menentukan kualitas air kolam didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 0,46%. Pengujian *output* dari perhitungan *fuzzy logic* selanjutnya akan dilakukan validasi performa dari pakar budidaya ikan patin yaitu dengan Ibu Salamiah yang

bertempat tinggal di Kelurahan Benua Anyar Banjarmasin yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 10.

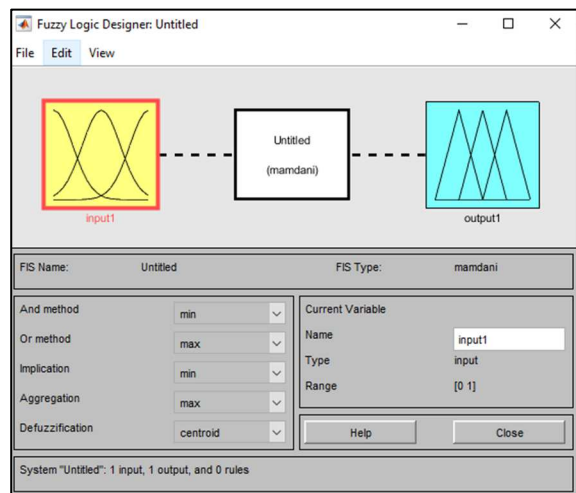
Tabel 10 Validasi pakar

Jam	Suhu Air (°C)	pH Air	Amonia (ppm)	Kualitas Air	Keterangan Pakar
08.00	29,50	6,62	0,05	Normal	Sesuai
12.00	30,19	5,10	0,07	Normal	Sesuai
16.00	30,75	5,18	0,08	Buruk	Sesuai
....					
08.00	28,21	5,13	0,09	Buruk	Sesuai
12.00	29,37	5,14	0,16	Buruk	Sesuai
16.00	29,18	5,92	0,08	Buruk	Sesuai

Berdasarkan hasil perbandingan nilai *output* dari sistem *monitoring* antara mikrokontroler dengan Matlab serta kesesuaian dari keterangan pakar pada Tabel 10, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* kualitas air yang dibangun dengan menggunakan *fuzzy logic* dalam menentukan kualitas air sudah layak digunakan secara langsung.

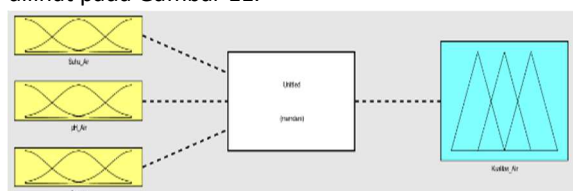
Perhitungan Fuzzy Logic

Pada penelitian ini perhitungan dilakukan pada aplikasi Matlab yang digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan dari sistem *monitoring* yang dibuat. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan memilih menu “APPS” lalu kemudian memilih “*fuzzy logic designer*” dan selanjutnya akan tampil tampilan seperti Gambar 10.



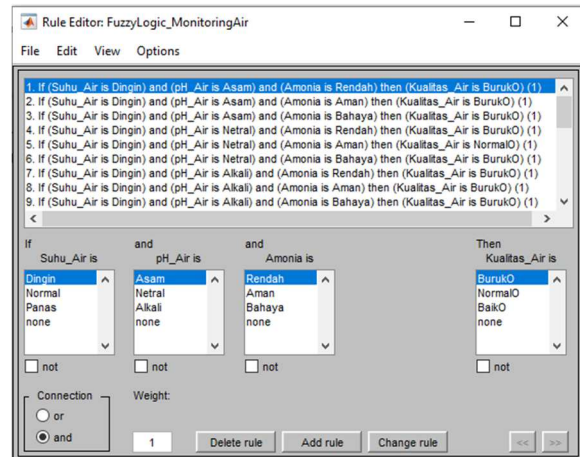
Gambar 10 Tampilan Menu *Fuzzy Logic Designer* pada Matlab

Setelah muncul tampilan “*fuzzy logic designer*” kemudian langkah selanjutnya adalah mengatur variabel *input*, *Fuzzy Inference System*, serta *output* yang sebelumnya telah ditentukan. Tampilan dari *fuzzy logic designer* pada penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 11.



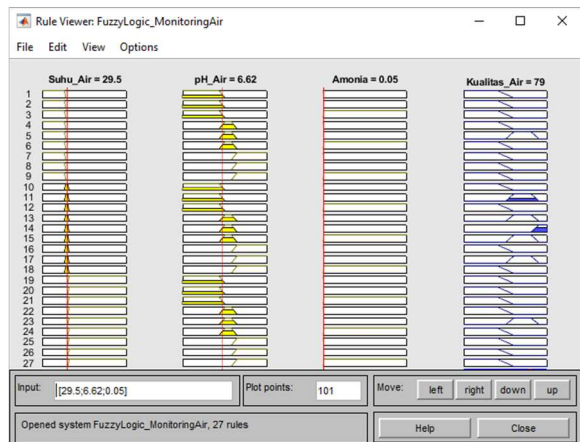
Gambar 11 *Fuzzy Logic Designer* Sistem Monitoring

Tahap selanjutnya adalah membuat *fuzzy rule* yang nantinya akan menjadi acuan dalam penentuan kualitas air berdasarkan dari hasil input nilai suhu air, pH air, dan amonia. Tampilan dari *fuzzy rule* pada aplikasi Matlab dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Menginput *Fuzzy Rule* pada Matlab

Setelah membuat semua *fuzzy rules* maka langkah selanjutnya adalah menampilkan *rules* dengan memilih menu “*View*” lalu kemudian memilih “*rules*”. Tampilan dari *rules viewer* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Perhitungan Kualitas Air Menggunakan Matlab

Dari Gambar 13 diperoleh hasil nilai keluaran kualitas air yaitu 79 pada kondisi *input* suhu air 29,5°C, pH air 6,62, dan amonia 0,05 ppm. Nilai keluaran kualitas air yang didapatkan dari perhitungan Matlab nantinya yang akan dijadikan sebagai perbandingan dari hasil keluaran kualitas air pada mikrokontroler.

Implementasi Google Firebase

Pada penelitian ini data yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor akan dikirim dan disimpan pada *realtime database* yang telah disediakan *Google Firebase*. Data yang sudah tersimpan nantinya akan ditampilkan pada halaman *website* yang sudah dibuat secara *realtime*. Pada Gambar 14, halaman menampilkan data hasil pembacaan sensor berupa nilai

suhu air, pH air, dan gas amonia serta keterangan kualitas air dari hasil klasifikasi metode *fuzzy logic*.



Gambar 14 Halaman Pembacaan Sensor

Implementasi Sistem Monitoring pada Kolam

Pengambilan data kualitas air dilakukan setiap tiga kali sehari, yaitu pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 dengan sampel uji air kolam di dalam hapa berukuran 2x1 m² yang berisi bibit ikan patin berukuran ±5-10 cm sebanyak 20 ekor (Gambar 15). Pengambilan data pada penelitian dilakukan selama 15 hari yaitu pada 11 Desember 2022 sampai dengan 25 Desember 2022 dan bertempat di Kelurahan Benua Anyar, Banjarmasin.



Gambar 15 Bibit Ikan Patin pada Awal Penelitian

Pemasangan ketiga sensor yaitu DS18B20 dan sensor pH dilakukan dengan cara merendam sensor kedalam air. Sedangkan sensor MQ-135 diletakkan diatas permukaan air untuk mengukur kadar gas amonia kolam. Alat diletakkan pada tengah media pemeliharaan untuk memaksimalkan hasil dari pembacaan sensor yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Penempatan Alat Monitoring pada Kolam

Hasil Analisa

Dari hasil pengukuran kualitas air kolam yang dilakukan selama 15 hari yaitu pada 11 Desember 2022 sampai dengan 25 Desember 2022 didapatkan hasil bahwa kondisi kualitas air kolam berubah-ubah setiap harinya. Hal ini disebabkan oleh kondisi cuaca serta faktor lainnya yang menyebabkan perubahan suhu, pH, dan amonia pada kolam. Meskipun terjadi penurunan hasil kualitas air, namun tidak ada ikan yang mati selama dilakukan penelitian. Hal ini berarti bahwa kondisi air pada kolam masih dapat ditoleransi oleh ikan.

Kesimpulan

Sistem monitoring pemantauan kualitas air pada budidaya ikan patin berbasis protokol LoRa berhasil dibangun. Sistem *monitoring* pemantauan kualitas air dibangun berbasis website yang dirancang menggunakan pemrograman *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS), *Bootstrap*, dan *JavaScript*, serta menggunakan fitur dari *firebase* yaitu *realtime database* yang digunakan sebagai penyimpanan data hasil pembacaan sistem. Modul komunikasi LoRa SX-1278 dengan frekuensi 433 Mhz untuk pengiriman data dari kolam ke perangkat *gateway* bekerja secara efektif dan mampu mengirimkan data jarak jauh tanpa menggunakan jaringan internet. Hasil dari pengujian performa dari sensor yang digunakan untuk mengetahui persentase *error* dari setiap sensor didapatkan hasil *error* sebesar 5,99% pada pengujian sensor DS18B20, 5,5% pada pengujian sensor pH, dan untuk hasil pengujian sensor amonia didapatkan hasil bahwa hasil pengukuran dari sensor MQ-135 sesuai dengan hasil amonia *hydriom tester*. Sistem *monitoring* yang dibangun dengan menggunakan komunikasi LoRa-SX1278 untuk pengiriman data dari *node* sensor ke perangkat *gateway* dapat mengirimkan data sejauh 150 Meter pada kondisi LoS dan 50 Meter pada kondisi N-LoS. Hasil pengujian sistem dari perhitungan *fuzzy logic* pada keluaran mikrokontroler dan Matlab serta kesesuaian dari keterangan pakar dalam penentuan kualitas air kolam didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 0,46%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* kualitas air yang dibangun berbasis protokol LoRa dengan menggunakan *fuzzy logic* dalam menentukan kualitas air layak digunakan secara langsung. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu metode klasifikasi sehingga pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode klasifikasi lainnya untuk membandingkan performa yang lebih baik dari metode *fuzzy logic* serta menambahkan sensor lainnya yang juga mempengaruhi kualitas air sehingga dapat menunjang proses penelitian seperti sensor kekeruhan, *Dissolved Oxygen*, dll agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal dalam penentuan kualitas air.

Referensi

- Ayuningtias, L. P., Irfan, M., & Jumadi, J. (2017). Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung). *Jurnal Teknik Informatika*, 10(1). <https://doi.org/10.15408/jti.v10i1.5610>
- Batong, A. R., Murdiyat, P., & Kurniawan, A. H. (2020). Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 1(2), 55. <https://doi.org/10.46964/poligrid.v1i2.602>
- Bhawiyuga, A., & Yahya, W. (2019). Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol LoRa. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(1), 99. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2019611292>
- Chowdhury, D., & Hovda, S. (2022). Estimation of downhole cuttings concentration from experimental data – Comparison of empirical and fuzzy logic models. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 209(November 2021), 109910. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109910>
- Dwisaputra, I., Rolastin, B., Irwan, I., & Sateria, A. (2019). Pengambilan Keputusan Untuk Kualitas Air Pada Tambak Udang Menggunakan Fuzzy Logic Control. *Gema Teknologi*, 20(3), 85. <https://doi.org/10.14710/gt.v20i3.25641>
- Saragih, K.W., Kusuma, P.D., & Setianingsih, C. (2019). Sistem Pemantauan Dan Klasifikasi Kondisi Pencemaran Air Sungai Dengan Metode Fuzzy Logic, e-Proceeding of Engineering. 6(1), 1604–1610.
- Fakhriza, R., Rahmat, B., & Astuti, S. (2021). Perancangan Dan Implementasi Alat Monitoring Dan Controlling Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi (Design and Implementation of Water Quality Monitoring and Controlling Equipment in Koi Fish Pond). *E-Proceeding of Engineering*, 8(5), 5274–5289.
- Husada, M. G. (2020). *Fuzzy logic implementation in water quality monitoring and controlling system for fishwater cultivation*. 13–18.
- Kasim, A. A., Maulana, R., & Setyawan, G. E. (2019). Implementasi Otomasi Kandang dalam Rangka Meminimalisir Heat Stress pada Ayam Broiler dengan Metode Fuzzy Sugeno. 3(2), 1403–1410.
- Madaan, A., Bansal, S., Sahu, A., & Kidwai, F. (2020). Peer to Peer Communication in GUI interface using Lora Technology. *Procedia Computer Science*, 173(2019), 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.035>
- Minggawati, I., & Saptono. (2012). Parameter Kualitas Air untuk Budidaya Ikan Patin (Pangasius pangasius) di Karamba Sungai Kahayan, Kota Palangkaraya. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 1(1), 27–30.
- Pacco, H. C. (2022). Simulation of temperature control and irrigation time in the production of tulips using Fuzzy logic. *Procedia Computer Science*, 200, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.199>
- Pramana, R. (2018). Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air dan Suhu Air Pada Kolam Budidaya Ikan. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 7(1), 13–23. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i1.435>
- Pujiharsono, H., & Kurnianto, D. (2020). Mamdani fuzzy inference system for mapping water quality level of biofloc ponds in catfish cultivation. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(2), 84–88. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.8.2.2020.84-88>
- Rifa, A., Kudsiah, H., & Mubarak, M. S. (2021). Transfer Teknologi Pengolahan Sosis Ikan Patin (Pangasius sp) bagi Kelompok Pembudidaya Ikan dan Keluarganya Transfer of Silver Catfish Sausage Processing Technology for Fish Farming Group and their Families Pendahuluan. 5(4), 589–599.
- Rizki Saputera. (2019). 4 Ikan Budidaya Air Tawar Populer Di Kabupaten Banjar, Mana Yang Anda Suka? Teras7.Com.
- Sari, S. P., Hasibuan, S., & Syafriadiman. (2021). Fluktuasi Ammonia Pada Budidaya Ikan Patin (Pangasius Sp.) Yang Diberi Pakan Jeroan Ikan. *Jurnal Akuakultur Sebatin*, 2(2), 39–54.
- Setiawan, E., & Munadhif, I. (2021). Rancang Bangun Pengendalian Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Nila Merah Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dengan Sistem Monitoring Berbasis Internet Of *Jurnal Conference on Automation ...*, 1(2809), 220–226.
- Sihotang, D. M. (2018). Penentuan Kualitas Air untuk Perkembangan Ikan Lele Sangkuriang Menggunakan Metode Fuzzy SAW. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 7(4), 372–376. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i4.453>
- Statistik KKP. (2020). *Produksi Perikanan Budidaya Kalimantan Selatan*. Statistik.Kkp.Go.Id.
- Supriatna, Mahmudi, M., Musa, M., & Kusriani. (2020). Hubungan pH Dengan Parameter Kualitas Air Pada Tambak Intensif Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 368–374.
- Supriyanto, A., Noor, A., & Prastyaningsih, Y. (2019). Purwarupa Sistem Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar Berbasis Aplikasi Web Mobile. *Ultimatics*, XI(2), 84–88.
- Talanta, D. E. (2021). Rancang Bangun Kontrol Kadar Amonia Dan Ph Air Berbasis Arduino Pada Budidaya Ikan. *Otopro*, 17(1), 27–32. <https://doi.org/10.26740/otopro.v17n1.p27-32>
- Wahyuningsih, S., Gitarama, A. M., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 112. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v5i2.929>
- Yanziah, A., Soim, S., & Rose, M. M. (2020). Analisis Jarak Jangkauan Lora Dengan Parameter Rssi Dan Packet Loss Pada Area Urban. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 13(1), 27–34.