IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumenations Systems)
Vol.15, No.1, April 2025, pp. 73~82
ISSN (print): 2088-3714, ISSN (online): 2460-7681
DOI: 10.22146/ijeis.94202

Sistem Pakan Ikan Otomatis Berdasarkan Kualitas Air Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Rizki Fajar Kurniawan*[1], Ahmad Ashari[2], Roghib Muhammad Hujja[3]
[1,2,3]Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia
e-mail:*[1]**aviano88@mail.ugm.ac.id**, [2]ashari@ugm.ac.id, [3]roghib.muh@ugm.ac.id

Abstrak

Dalam upaya mengatasi krisis global kelangkaan pangan yang terkait dengan pemanasan global, pengembangan sektor perikanan menjadi penting, terutama di Indonesia. Penelitian ini membahas inovasi sistem pakan ikan otomatis berbasis deteksi kualitas air menggunakan metode fuzzy. Sistem ini mengintegrasikan sensor suhu, pH, dan TDS untuk mengukur kondisi air kolam ikan. Metode fuzzy logic control digunakan untuk mengatur intensitas pakan ikan berdasarkan kondisi lingkungan. Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan hasil fuzzy dari simulasi Matlab dengan implementasi pada Arduino. Meskipun terdapat perbedaan, hasil menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi antara kedua sistem. Namun, uji coba lapangan menunjukkan variasi hasil, menekankan tantangan dalam menghadapi kondisi lingkungan yang sulit diprediksi. Kesimpulan menyoroti perbedaan antara simulasi dan lapangan, menggarisbawahi pentingnya penyesuaian dan kalibrasi dalam implementasi praktis.

Kata kunci— *pemberian pakan ikan otomatis, kontrol logika fuzzy, deteksi kualitas air, budidaya ikan, Internet of Things (IoT).*

Abstract

In addressing the global food scarcity crisis associated with global warming, the development of the fisheries sector becomes crucial, particularly in Indonesia. This research discusses the innovation of an automatic fish feeding system based on water quality detection using fuzzy logic control. The system integrates sensors for temperature, pH, and TDS to measure the conditions of fish pond water. Fuzzy logic control is employed to regulate the intensity of fish feeding based on environmental conditions. The system's performance is tested by comparing the fuzzy results from Matlab simulation with the implementation on Arduino. Despite differences, the results show a high level of consistency between the two systems. However, field trials reveal result variations, emphasizing the challenges of dealing with unpredictably changing environmental conditions. The conclusion highlights the disparities between simulation and field implementation, underscoring the importance of adjustments and calibration in practical applications.

Keywords— *automatic fish feeding, fuzzy logic control, water quality detection, fish farming, Internet of Things (IoT).*

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya populasi global, kebutuhan manusia pun semakin bertambah, terutama dalam sektor kesehatan, pakaian, dan makanan. Pemanasan global telah mengakibatkan kelangkaan pangan, menjadi krisis global yang masih relevan [1]. Salah satu

Received February 19th,2024; Revised April 20th, 2025; Accepted April 30th, 2025

solusi untuk mengatasi krisis pangan ini adalah melalui pengembangan sektor perikanan, yang menjadi sumber pangan strategis dalam ketahanan pangan, terutama di Indonesia [2].

Dalam konteks pembangunan nasional, sektor perikanan Indonesia memiliki peran yang krusial, dengan potensi ekonomi yang signifikan melalui perdagangan hasil perikanan tangkap dan budidaya ikan. Dukungan terhadap budidaya ikan di Indonesia semakin meningkat, terlihat dari pertumbuhan jumlah perusahaan budidaya ikan yang mencapai 258 pada tahun 2018 [3]. Potensi budidaya ikan di Indonesia sangat besar, mencakup berbagai jenis air seperti air tawar, payau, dan laut [4].

Namun, pertumbuhan budidaya ikan ini tidak lepas dari tantangan, terutama dalam hal biaya operasional, termasuk biaya pakan. Dalam beberapa tahun terakhir, budidaya ikan global telah meningkat secara signifikan, mencapai 46,8% pada tahun 2016 [5]. Meningkatnya kebutuhan untuk menunjang budidaya ikan, terutama dalam hal pakan, telah mendorong pengembangan teknologi di sektor perikanan.

Salah satu inovasi teknologi yang menarik perhatian adalah penerapan pakan ikan otomatis. Teknologi ini menjadi krusial dalam mengoptimalkan porsi pakan, menghindari keruhnya air, dan memastikan pertumbuhan ikan yang optimal [6]. Dalam era Internet of Things (IoT), alat pakan ikan otomatis semakin berkembang dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (AIoT), memungkinkan pemantauan 24 jam tanpa pengawasan manusia yang kontinu.

Meskipun telah banyak perkembangan dalam alat pakan ikan otomatis, beberapa kekurangan masih perlu diatasi. Pengaturan intensitas pakan ikan menjadi tantangan, karena kelebihan pakan dapat mempengaruhi kualitas air dan menyebabkan Nutrient Discharge [7]Oleh karena itu, perlu pengontrolan intensitas pakan ikan berdasarkan pengukuran kualitas air yang akurat.

Dalam konteks pengembangan teknologi ini, penelitian terkait penggunaan algoritma fuzzy dalam pendeteksian kualitas air menjadi relevan. Algoritma fuzzy memberikan fleksibilitas dalam menilai kualitas air dengan nilai antara 0 dan 1, memperkaya pemahaman terhadap kondisi lingkungan perairan [8]. Dengan demikian, penelitian ini membahas bagaimana penggabungan teknologi pakan ikan otomatis dan algoritma fuzzy dapat memperbaiki kontrol intensitas pakan ikan dan mengoptimalkan kualitas air dalam budidaya ikan.

2. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas analisis yang dilakukan dalam perancangan sistem control intensitas pakan ikan otomatis berdasarkan kualitas air dengan metode *fuzzy* yang berfungsi sebagai pengukuran intensitas jumlah pakan ikan yang digunakan.

2.1 Analisis Sistem

Di tengah kompleksitas budidaya ikan modern, efisiensi dan responsivitas menjadi kunci penting untuk mencapai keberlanjutan. Dalam konteks ini, pengembangan sistem pakan ikan otomatis yang inovatif membawa perubahan signifikan dalam pengelolaan kolam buatan. Kolam berukuran 60 cm x 30 cm digunakan sebagai wadah uji, menampung 5 ikan nila dewasa.

Sistem ini terdiri dari dua elemen utama: pendeteksi kualitas air dan pengaturan pakan ikan. Menggunakan sensor suhu, pH, dan konduktivitas, sistem mampu mengukur parameter lingkungan kolam. Arduino Uno sebagai mikrokontroller memproses data sensor dengan metode fuzzy, memberikan informasi tentang kualitas air dan porsi pakan yang optimal.

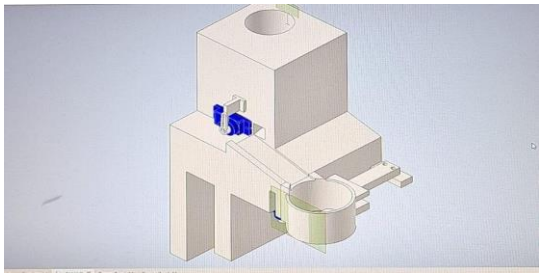
Bagian kedua sistem fokus pada penghitungan intensitas pakan harian, dengan memanfaatkan sensor berat loadcell berketelitian 1 gram. Mikrokontroller mengelola jumlah pakan berdasarkan berat rata-rata ikan nila dewasa, yang disesuaikan dengan kondisi kualitas air.

Inovasi utama terletak pada kemampuan sistem untuk mengatur pemberian pakan sesuai dengan kebutuhan ikan yang dipengaruhi oleh kualitas air.

Dengan pendekatan yang lebih adaptif terhadap lingkungan, sistem ini diharapkan dapat meminimalkan pemborosan pakan dan meningkatkan efisiensi dalam budidaya ikan. Dengan mempertimbangkan hasrat makan ikan yang berkaitan dengan kualitas air, sistem ini mengatasi kelemahan pada sistem pakan ikan otomatis tradisional yang hanya mengandalkan penjadwalan waktu. Pembaruan ini diharapkan dapat memberikan dampak positif pada kesejahteraan ikan dan keberlanjutan operasi budidaya ikan.

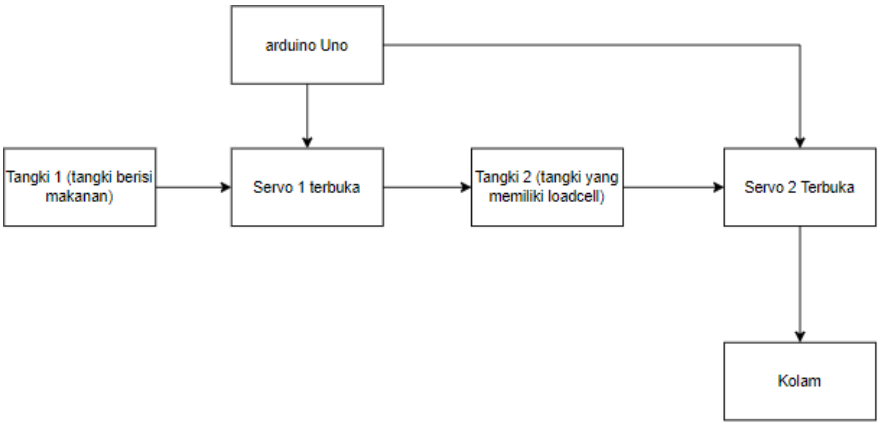
2.2 Rancangan Perangkat Keras Sistem

Perancangan kualitas air dalam sistem ini melibatkan tiga jenis pendeteksian utama: suhu, pH, dan konduktivitas air. Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air kolam, memberikan input yang penting dalam proses fuzzy [9]. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan sensor Ph-4502C yang memiliki response time 5 detik, menghadirkan tingkat ketelitian yang memadai untuk perubahan lambat pada nilai pH air kolam. Sensor konduktivitas TDS dfRobot digunakan untuk mendeteksi kekeruhan air, memberikan informasi tentang kandungan mineral yang memengaruhi kualitas air. Desain alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain 3D Alat Pakan Ikan

Pada bagian pengontrol pakan ikan, loadcell dengan berat 100 gram dan ketelitian 1 gram digunakan sebagai pengukur berat pakan. Dengan loadcell ini, sistem dapat mengukur dan mengatur jumlah pakan yang tepat. Blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 2 terdapat pemberian pakan menunjukkan mekanisme yang efektif, di mana servo-servo terbuka dan tertutup sesuai dengan berat pakan yang diinginkan. Tangka 1 dan Tangka 2 berperan dalam menyediakan pakan sebelum diantarkan ke kolam menggunakan servo yang dikendalikan oleh mikrokontroller. Inovasi dalam rancangan ini adalah integrasi pendeteksian kualitas air dan pemberian pakan yang responsif, memastikan kondisi optimal untuk pertumbuhan ikan.

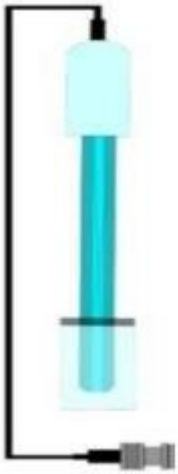


Gambar 2. Block Diagram Perangkat Keras

Sensor pertama yang digunakan yaitu sensor suhu DS18B20. Sensor suhu DS18B20 adalah sensor digital berbasis silicon yang dapat mengukur suhu dengan akurasi tinggi. Sensor ini memiliki keunikan dalam bentuknya yang sederhana, terdiri dari satu kabel yang mengintegrasikan sensor dan kabel data. Fakta unik mengenai DS18B20 adalah kemampuannya dalam mengukur suhu dalam rentang yang luas, mulai dari -55°C hingga 125°C. Sensor ini memiliki akurasi sekitar ±0.5°C pada rentang suhu operasionalnya. Referensi dari datasheet DS18B20 menyajikan informasi teknis terkait ketelitian dan karakteristik sensor

Gambar 3 Sensor Suhu DS18B20

Sensor yang kedua yaitu sensor pH-4502C. Sensor pH Ph-4502C digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Fakta uniknya adalah bahwa sensor ini memiliki response time sekitar 5 detik, yang mungkin memerlukan waktu yang relatif lama untuk menanggapi perubahan suhu dan kandungan larutan. Tingkat ketelitian atau akurasi sensor pH dapat bervariasi tergantung pada model dan kondisi penggunaan. Referensi dari Ph-4502C datasheet menyediakan informasi terperinci mengenai karakteristik dan ketelitian sensor pH tersebut.



Gambar 4 Sensor pH

yang ketiga yaitu sensor TDS SEN044. Sensor TDS (Total Dissolved Solids) dan konduktivitas listrik SEN044 mengukur jumlah total zat terlarut dalam suatu larutan dan kemampuan air untuk

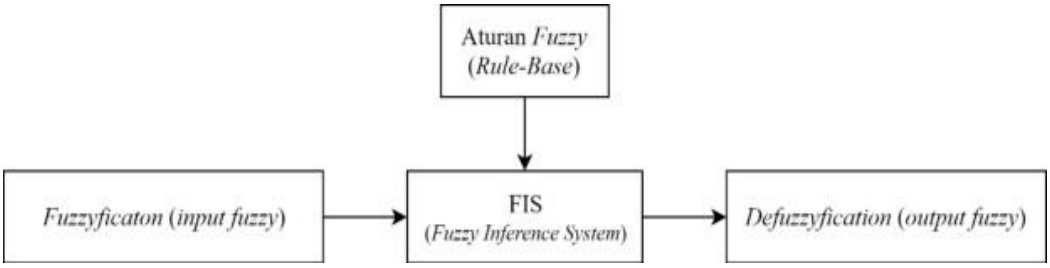
menghantarkan arus listrik. Fakta uniknya adalah bahwa tingkat konduktivitas air ditentukan oleh jumlah dan jenis ion terlarut di dalamnya. Sensor ini umumnya memiliki tingkat ketelitian yang baik, tetapi bisa bervariasi bergantung pada kondisi penggunaan. Untuk informasi lebih lanjut mengenai karakteristik dan ketelitian sensor SEN044, dapat ditemukan dalam dokumentasi produk Elecrow atau sumber lainnya yang relevan.

Gambar 5 Sensor TDS

2.3 Rancangan Perangkat Lunak Sistem

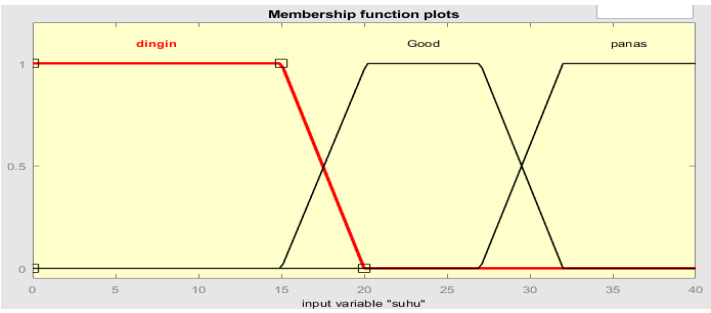
Penelitian ini mengadopsi sistem kendali Fuzzy Logic Control (FLC) sebagai metode utama. Tiga variabel input fuzzy digunakan, yaitu suhu, pH, dan Electrical Conductivity (EC) hasil pembacaan sensor. Proses kerja Fuzzy Logic Control dijelaskan melalui gambar 4.6, menunjukkan langkah-langkah pengklasifikasian kualitas air berdasarkan suhu dan kekeruhan air. Hasil penelitian sebelumnya oleh Cholilulloh dan Syauqy (2018) menjadi dasar pengklasifikasian ini, dengan rentang kondisi yang baik untuk ikan hidup di suhu antara 21-28°C dan kekeruhan air sekitar 500-800 ppm, mengukur menggunakan Total Dissolved Solids (TDS) [10].

Pendekatan pengambilan nilai pH didasarkan pada kondisi air garam, dengan nilai optimal di sekitar 7 (rentang 6-8). Integrasi variabel-variabel ini dalam FLC memungkinkan sistem memberikan respons adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Dengan memanfaatkan konsep fuzzy, penelitian ini berupaya meningkatkan keakuratan kendali untuk mengoptimalkan kualitas air dalam budidaya ikan. Gambar 3 merupakan alur dari aturan fuzzy itu sendiri

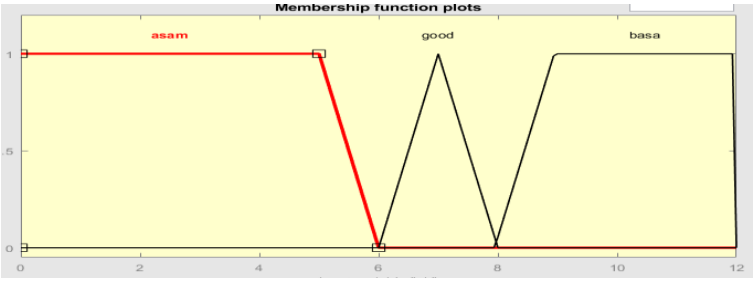


Gambar 6 Blok Diagram Fuzzy Logic

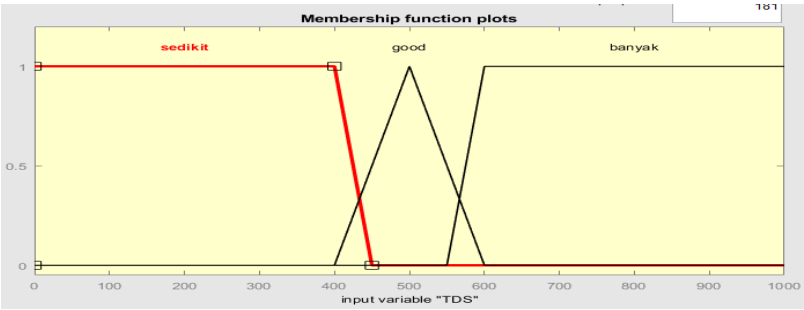
Rentang kondisi lingkungan yang mendukung kelangsungan hidup ikan ditentukan dengan mempertimbangkan suhu, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS). Simulasi Fuzzy menggunakan perangkat lunak Matlab untuk membuat fungsi keanggotaan dari variabel input suhu, pH, dan TDS. Fungsi keanggotaan ini memberikan dasar untuk klasifikasi variabel input, memungkinkan penentuan rentang kondisi yang optimal. Fungsi keanggotaan suhu, pH, dan TDS dapat dilihat pada gambar 4 – 6 [11].



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Suhu



Gambar 8 Fungsi Keanggotaan pH



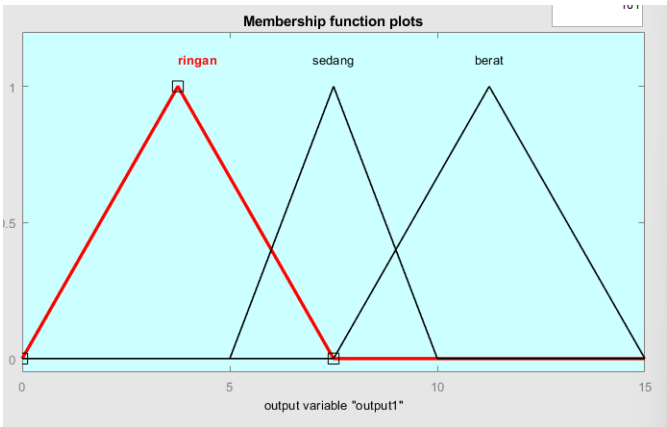
Gambar 9. Fungsi Keanggotaan TDS

Fungsi keanggotaan suhu, pH, dan TDS diintegrasikan dalam aturan fuzzy (rule-base). Aturan fuzzy memberikan dasar untuk mengklasifikasikan kondisi kualitas air berdasarkan nilai-nilai yang diukur oleh sensor. Proses ini menciptakan sistem yang responsif terhadap perubahan lingkungan, memungkinkan sistem kendali Fuzzy Logic Control untuk memberikan output yang adaptif sesuai dengan kondisi aktual. Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kesejahteraan ikan dalam lingkungan budidaya. Tabel 1 adalah tabel fuzzy rule basenya yang telah dibuat [12].

Tabel 1 rule base fuzzy

	Suhu	Ph	EC	Output
1	Bad	Bad	Bad	Bad
2	Bad	Bad	Average	Bad
3	Bad	Bad	Good	Average
4	Bad	Average	Bad	Bad
5	Bad	Average	Average	Average
6	Bad	Average	Good	Good
7	Bad	Good	Bad	Average
8	Bad	Good	Average	Good
9	Bad	Good	Good	Good
10	Average	Bad	Bad	Bad
11	Average	Bad	Average	Average
12	Average	Bad	Good	Good
13	Average	Average	Bad	Average
14	Average	Average	Average	Good
15	Average	Average	Good	Good
16	Average	Good	Bad	Good
17	Average	Good	Average	Good
18	Average	Good	Good	Good
19	Good	Bad	Bad	Average
20	Good	Bad	Average	Good
21	Good	Bad	Good	Good
22	Good	Average	Bad	Good
23	Good	Average	Average	Good
24	Good	Average	Good	Good
25	Good	Good	Bad	Good
26	Good	Good	Average	Good
27	Good	Good	Good	Good

Setelah mendapatkan aturan fuzzy yang diinginkan, langkah selanjutnya adalah memasuki tahap output fuzzy atau defuzzyfikasi. Output ini menggambarkan berat pakan ikan yang akan diatur. Berdasarkan penelitian Fujaya et al. (2021), pertumbuhan rata-rata ikan nila dewasa sekitar 252 gram setelah 3 bulan. Dengan menghitung 4% dari berat tersebut, total berat pakan yang dikeluarkan untuk 3 ikan nila adalah 50.4 gram. Gambar7. memberikan penjelasan rinci terkait proses defuzzyfikasi dalam pengaturan berat pakan ikan, memastikan keseimbangan nutrisi yang optimal untuk pertumbuhan ikan dalam sistem budidaya.



Gambar 10 Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.2 Hasil Perbandingan Fuzzy

Dalam konteks pengujian fuzzy, metode fuzzy digunakan untuk menginterpretasi hasil pengukuran dan menentukan sejauh mana ketidakpastian atau ambiguitas dalam data sensor tersebut. Pengujian fuzzy dilakukan dengan menguji semua kondisi fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana metode fuzzy yang telah dirancang dapat menangani variasi hasil sensor yang signifikan.

Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan simulasi fuzzy di matlab. Dengan menggunakan aplikasi matlab ini di simulasikan dengan memberikan input dan output dan juga rule base dan kemudian diatur terkait methode, implikasi dan agregasinya. Hasil simulasi fuzzy kemudian dibandingkan dengan hasil yang diimplementasikan pada progam di arduino. Hasil ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Perbandingan Fuzzy

No	Input			Output (gram)		Error (%)
	Suhu (°C)	pH	TDS (ppm)	Matlab	Arduino	
1	7	25	500	11.2	11.25	0.45
2	27.22	9.14	623.4	10.7	10.92	2.06
3	28.87	8.43	735.8	7.7	7.76	0.78
4	28.38	8.51	489.3	11.2	11.25	0.45
5	25.33	8.24	921.7	11.2	11.25	0.45
6	25.74	7.41	634.4	11.2	11.25	0.45
7	17.28	5.59	344.7	9.88	9.75	1.32
8	30.49	5.82	846.6	5.06	5.25	3.75
9	30.25	6.88	703.9	9.43	9.18	2.65
10	28.54	4.53	383.5	8.51	8.94	5.05
Rata - Rata Error						1.74

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara output yang dihasilkan oleh sistem fuzzy pada Matlab dan Arduino. Hasil terbesar perbedaan tercatat pada baris ke-8, di mana suhu 30.49°C, pH 5.82, dan TDS 846.6 ppm menghasilkan berat pakan ikan sebesar 5.06 gram pada Matlab dan 5.25 gram pada Arduino. Sebaliknya, perbedaan terkecil terdapat pada baris ke-3, dengan suhu 28.87°C, pH 8.43, dan TDS 735.8 ppm, menghasilkan berat pakan ikan 7.7 gram pada Matlab dan 7.76 gram pada Arduino.

Hasil terbesar kesalahan tercatat pada baris ke-2, dengan suhu 27.22°C, pH 9.14, dan TDS 623.4 ppm, di mana kesalahan mencapai 2.06%. Sebaliknya, kesalahan terkecil terdapat pada baris ke-6 dengan suhu 25.74°C, pH 7.41, dan TDS 634.4 ppm, di mana kesalahan hanya sekitar 0.45%.

Rata-rata kesalahan antara output fuzzy Matlab dan Arduino sebesar 1.74%, yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang relatif tinggi. Meskipun terdapat variasi hasil pada setiap baris, rata-rata kesalahan yang tergolong rendah mengindikasikan bahwa sistem fuzzy pada Arduino mampu memberikan respons yang konsisten dengan sistem Matlab. Kesimpulan ini memberikan keyakinan bahwa implementasi fuzzy pada Arduino memiliki potensi untuk memberikan hasil yang mendekati ketepatan hasil Matlab, dengan catatan perlunya penyesuaian parameter dan kalibrasi untuk meningkatkan konsistensi.

4. KESIMPULAN

Dari ujicoba perbandingan antara sistem fuzzy simulasi di Matlab dan implementasi pada Arduino, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Meskipun secara rata-rata kesalahan antara kedua sistem tergolong rendah sebesar 1.74%, perlu dicatat bahwa implementasi di lapangan tidak selalu mencapai tingkat kesempurnaan seperti yang terlihat dalam simulasi. Hasil empiris menunjukkan variasi yang signifikan pada beberapa kondisi input, mengindikasikan bahwa faktor-faktor lingkungan yang sulit diprediksi secara akurat dapat memengaruhi kinerja sistem. Keterbatasan sumber daya dan ketidakpastian dalam kondisi lapangan menjadi tantangan dalam mendekati tingkat ketepatan yang diperoleh dari simulasi. Oleh karena itu, meskipun implementasi pada Arduino memberikan hasil yang memadai, penyesuaian parameter dan kalibrasi lebih lanjut diperlukan untuk meminimalkan ketidakpastian dan meningkatkan konsistensi sistem dalam situasi praktis. Kesimpulan ini memberikan wawasan penting terkait dengan perbedaan antara lingkungan simulasi dan lapangan dalam konteks penggunaan sistem kendali fuzzy pada budidaya ikan.

5. SARAN

Saran untuk pengembangan sistem pakan ikan pintar otomatis berbasis deteksi kualitas air dengan metode fuzzy mencakup beberapa aspek kunci. Pertama, optimalkan sensor suhu, pH, dan TDS untuk memastikan akurasi data yang tinggi. Perbaikan pada algoritma fuzzy juga perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan presisi dalam klasifikasi kondisi kualitas air. Selanjutnya, pertimbangkan untuk memperluas fitur monitoring dengan menambahkan deteksi oksigen terlarut dan amoniak. Pengembangan sistem pengaturan pakan yang dinamis berdasarkan perubahan kondisi air akan membantu mengurangi pemborosan dan menjaga keseimbangan ekosistem kolam. Selain itu, integrasikan antarmuka pengguna yang ramah pengguna untuk memudahkan pemantauan dan pengaturan sistem. Uji coba di lapangan diperlukan untuk mengevaluasi kinerja

sistem dalam situasi nyata. Terakhir, dorong penelitian lanjutan dan kolaborasi dengan pihak terkait untuk menjaga keberlanjutan inovasi dalam sistem otomatisasi perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] X. Feng, Q. Li, H. Wang, and L. Sun, "Characterizing industrial control system devices on the Internet," *Proc. - Int. Conf. Netw. Protoc. ICNP*, vol. 2016-Decem, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1109/ICNP.2016.7784407.

[2] N. Nursobah, S. Salmon, S. Lailiyah, and S. W. Sari, "Prototype Sistem Telemetri Suhu Dan Ph Air Kolam Budidaya Ikan Air Tawar (Ikan Nila) Berbasis Internet of Things (Iot)," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 788–797, 2022, doi: 10.46984/sebatik.v26i2.2053.

[3] A. Rizal, G. Aditya, and H. Nurdiansyah, "Fish Feeder for Aquaculture with Fish Feed Remaining and Feed Out Monitoring System Based on IoT," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i2.983.

[4] A. Putra, D. Finasthi, S. Y. A. Putri, and S. Aini, "Komoditas akuakultur ekonomis penting di Indonesia," *War. Iktiologi*, vol. 6, no. 3, pp. 23–28, 2022.

[5] D. Li, Z. Wang, S. Wu, Z. Miao, and L. Du, "Automatic recognition methods of fish feeding behavior in aquaculture : A review," *Aquaculture*, vol. 528, no. May, p. 735508, 2020, doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735508.

[6] R. Aisuwarya and E. F. Suhendra, "Development of Automatic Fish Feeding System based on Gasping Behavior," *2018 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2018 - Proc.*, pp. 470–473, 2018, doi: 10.1109/ICITSI.2018.8696050.

[7] A. Sifa, T. Endramawan, Badruzzaman, M. Fikri Al-aziz, A. Rifa'i, and Suhenda, "Pengujian Performansi Mesin Pelontar Pakan Ikan Otomatis," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 53–58, 2019, [Online]. Available: https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1371.

[8] M. Cholilulloh and D. Syauqy, "Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 5, pp. 1813–1822, 2018.

[9] A. Wibisono, D, S. Aminah, and G. Maulana, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Internet Of Things," *SNIA (Seminar Nas. Inform. dan Apl.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 22019.

[10] W. C. Hu, L. B. Chen, B. K. Huang, and H. M. Lin, "A Computer Vision-Based Intelligent Fish Feeding System Using Deep Learning Techniques for Aquaculture," *IEEE Sens. J.*, vol. 22, no. 7, pp. 7185–7194, 2022, doi: 10.1109/JSEN.2022.3151777.

[11] M. Z. Siambaton, Q. Syifa, and S. Syahwin, "Penerapan Algoritma Fuzzy Logic Mamdani pada Sistem Pelurusan Shaf Cerdas Berbasis Arduino Uno R3," *Remik*, vol. 6, no. 3, pp. 380–388, 2022, doi: 10.33395/remik.v6i3.11504.A. A. Raj, V. K. Swasthik, A. Rakesh, and D. M. Saravanaraj, "Arduino based Fish Monitoring System," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 11, no. August, pp. 1622–1627, 2020