

Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air pada Budidaya Bandeng Menggunakan Metode Fuzzy Logic

Imaniya Rosyidah, Ali Rizal Chaidir*, Sumardi
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Jember
Jember, Indonesia
*ali.rizal@unej.ac.id

Abstract— Aquaculture is widespread in various region of Indonesia, one of wich in East Java. The most important factor that an aquaculture farmer, must take care of water quality. Water quality include temperature, turbidity, and salinity. Many fish farmer still experience difficulties when measuring water quality. Many of them still use the tradisional method, which is to observe the colour and smell of the pool water and the weather in the area. Tool was designed that used to measure water quality. This tool used to measure water temperature, salinity, and turbidity, and to maintain stable water quality using a DC pump controlled by fuzzy logic. The result of this tool are able to product fish with more optimal size an averange of 10,4 grams, compared to ponds that don't use tool, the averange weight of fish only 7,4 grams.

Abstrak— Perikanan budidaya tersebar luas di berbagai daerah Indonesia, salah satunya daerah Jawa Timur. Faktor terpenting yang harus dijaga oleh peternak ikan adalah kualitas air. Kualitas air meliputi suhu, kekeruhan, salinitas. Peternak ikan masih banyak yang mengalami kesusahan saat akan mengukur kualitas air. Banyak dari mereka masih menggunakan cara tradisional, yaitu dengan mengamati warna dan bau air kolam, serta cuaca di daerahnya. Sehingga dirancang sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kualitas air. Alat ini digunakan untuk mengukur suhu, salinitas, dan kekeruhan air, serta untuk menjaga stabilnya kualitas air menggunakan pompa DC yang dikendalikan oleh logika fuzzy. Hasil dari alat ini mampu menghasilkan ikan dengan ukuran yang lebih optimal dengan rata-rata beratnya sebesar 10,4 gram dibandingkan dari kolam yang tidak menggunakan alat, rata-rata beratnya hanya 7,8 gram.

Kata Kunci— Kualitas air; suhu; salinitas; kekeruhan; fuzzy logic.

I. PENDAHULUAN

NEGARA Indonesia merupakan salah satu negara dengan luas wilayah perairan yang sangat luas. Luas wilayah perairan di Indonesia berkisar 6,32 juta km², sehingga perikanan menjadi salah satu sektor yang diandalkan untuk pembangunan nasional Perikanan budidaya merupakan salah satu sektor produksi pangan yang pesat perkembangannya di dunia dengan perkiraan, bahwa produksi akan semakin meningkat selama 15 – 20 tahun mendatang [1, 2].

Perikanan budidaya merupakan salah satu penghasilan ikan di sektor perikanan. Hasil perikanan budidaya di Indonesia salah satunya adalah ikan bandeng, yang di hasilkan di daerah Jawa Timur. Budidaya ikan bandeng, memiliki faktor penting untuk mendukung laju pertumbuhannya agar optimal, salah satunya yaitu kualitas air. Kualitas air pada perikanan budidaya memiliki nilai karakter fisika dan kimia. Karakter fisik, seperti warna, bau, dan suhu. Parameter kimia, meliputi

salinitas [3–5]. Perikanan budidaya di Jawa Timur masih banyak yang menggunakan cara tradisional untuk mengetahui nilai kualitas air di dalam kolam. Cara tradisional yang digunakan, yaitu dengan mengamati dan melihat kondisi air secara langsung di kolam, namun ada pula dengan cara lain, yaitu mengambil sampel air kolam yang kemudian akan dibawa ke Balai Perikanan Budidaya. Petani tambak banyak yang menggunakan cara tradisional karena ketika meminjam alat pengukur kualitas air di Balai Perikanan Budidaya harus menunggu 1 minggu hingga 5 minggu untuk alatnya boleh dibawa ke area budidaya.

Kualitas air pada budidaya ikan bandeng memiliki syarat-syarat khusus untuk menunjang laju pertumbuhan ikan. Berdasarkan standar SNI, ikan bandeng memiliki syarat kualitas air budidaya [6–8]: Berdasarkan permasalahan tersebut terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan, yaitu penelitian dengan mengukur kualitas air khususnya pH, kekeruhan, dan suhu. Penelitian ini fokus untuk menstabilkan pH air di dalam kolam, dengan pemantauan kualitas airnya menggunakan LCD [9]. Penelitian lainnya, yaitu mengukur kualitas air, khususnya mengukur kekeruhan, pH, dan suhu. Penelitian ini hanya fokus pada sistem pemantauan se-

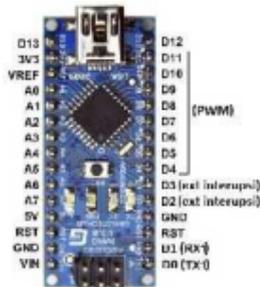
Naskah diterima 24 Januari 2023, revisi 12 Maret 2023, terbit online 23 Maret 2023. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

cara *real-time* [10]. Penelitian lainnya yaitu, mengukur kualitas air. Pengukuran kualitas air pada penelitian ini fokus hanya pada sistem pemantauan dengan menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan nilai tingkat kualitas airnya, namun untuk kualitas air yang diukur bervariasi, yaitu pH, suhu, kekeruhan, salinitas [11–14].

Tabel 1: Standar kualitas air budidaya ikan bandeng berdasarkan standar Pustaka SNI: 6148.3:2013

No.	Kriteria	Standar
1.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	28 – 32
2.	Kecerahan (cm)	20 – 30
3.	Salinitas (mg/L)	5 – 35
4.	Ph	6 – 8
5.	DO (mg/L)	> 5

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, penelitian yang akan dilakukan yaitu mengukur tingkat kualitas air khususnya mengukur suhu, salinitas, dan kekeruhan. Pengukuran suhu menggunakan sensor suhu, salinitas menggunakan sensor TDS, kekeruhan menggunakan sensor *turbidity*. Pemantauan kualitas airnya menggunakan LCD, dengan penyetabil kualitas air menggunakan 2 buah pompa DC menyala dan mati otomatis yang dikontrol menggunakan logika *fuzzy*.



Gambar 1: Tampilan alat Arduino Nano

Penelitian ini terdapat 2 buah kolam, yaitu kolam otomatis dan kolam konvensional. Kolam otomatis, yaitu kolam yang dipasang alat untuk kontrol kualitas airnya. Kolam konvensional, yaitu kolam yang tidak menggunakan alat kontrol kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara mengendalikan kualitas air budidaya ikan bandeng dengan logika *fuzzy* dan mengetahui perbedaan hasil bandeng dengan sistem budidaya kolam otomatis dan kolam konvensional. Adapun komponen yang digunakan: Arduino Nano, Sensor DS18B20, Sensor TDS, dan Sensor *Turbidity*.

Arduino nano merupakan sebuah perkembangan *board* mikrokontroler yang berbasis *chip* Atmega328P dengan bentuk yang kecil dan minimalis. Arduino nano seperti terlihat dalam Gambar 1 menggunakan konektor

mini-B USB. Arduino nano tidak dilengkapi dengan soket catu daya, sehingga untuk sumber daya dapat langsung menggunakan catu daya mini *USB ports* [15].

Sensor suhu DS18B20 Gambar 2 adalah sensor dengan operasi output dalam bentuk digital, mampu beroperasi hanya dengan menggunakan satu kabel yang menggunakan protokol *one wire* [16].



Gambar 2: Sensor suhu DS18B20

Sensor TDS digunakan untuk mengetahui jumlah zat yang terlarut dalam air, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kualitas air. Sensor TDS Gambar 3 mendeteksi banyak padatan yang terkandung di dalam air dengan satuan mg/L. Semakin tinggi nilai TDS maka semakin banyak zat yang terlarut di dalam air [17].



Gambar 3: Sensor TDS

Sensor *turbidity* Gambar 4 merupakan alat untuk mendeteksi kadar kekeruhan air dengan membaca kecerahan air akibat dari dispersi sinar matahari atau lampu sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang tiba. Suatu intensitas cahaya yang dipantulkan oleh benda merupakan fungsi konsentrasi jika terjadi kondisi lainnya yang konsisten [18].



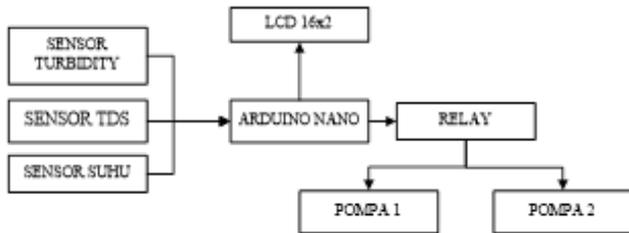
Gambar 4: Sensor turbidity

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur suhu, salinitas, dan kekeruhan di dalam kolam budidaya ikan bandeng.

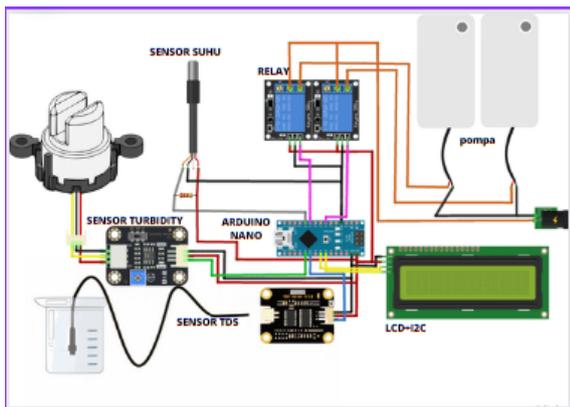
Pemantauan hasil pengukuran di tampilkan di LCD dan dilakukan kontrol kualitas air menggunakan 2 buah pompa yang dikendalikan oleh logika *fuzzy* dengan urutan langkah seperti tertera Gambar 5.

Pengendalian tingkat kualitas air dengan mengganti air yang memiliki tingkat kualitas air buruk di dalam kolam, diganti dengan air yang baru dari tambak. Baik atau buruknya tingkat kualitas air dipengaruhi oleh 3 parameter, yaitu suhu, salinitas, dan kekeruhan.



Gambar 5: Blok diagram keseluruhan sistem alat

Berikut ini fungsi dari komponen yang terdapat di alat sistem pemantauan dan kontrol kualitas air budidaya bandeng dalam Gambar 6. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan untuk mengelola nilai yang telah didapatkan dari hasil masukan alat berupa sensor. Terdapat 3 buah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu, salinitas, dan kekeruhan. Sensor suhu yang digunakan, yaitu sensor DS18B20. Sensor yang digunakan untuk mengukur salinitas, yaitu sensor TDS. Sensor yang digunakan untuk mengukur kekeruhan di dalam air, yaitu sensor turbidity. Relai digunakan sebagai *switching* pompa DC. Pompa digunakan untuk mengontrol kualitas air.

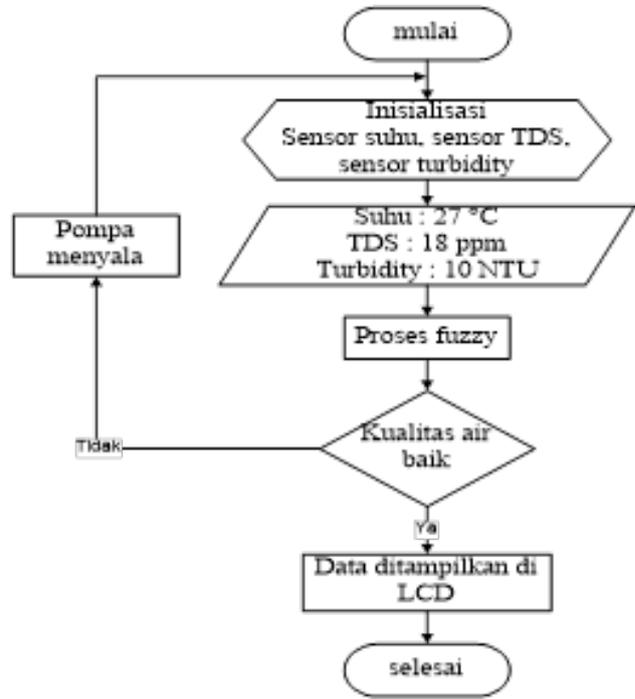


Gambar 6: Rangkaian elektronika alat pemantauan dan kontrol kualitas air

i. Perancangan Sistem

Berdasarkan Gambar 7, saat sistem aktif, dilakukan inialisasi sensor, yang terdiri dari sensor *turbidity*, sensor TDS, dan sensor suhu. Sensor secara otomatis akan membaca kualitas air kolam. Batas nilai sensor

pada kualitas air kolam yaitu, suhu sebesar 27⁰C, Kekeruhan sebesar 10 NTU, dan salinitas sebanyak 22 mg/L. Hasil dari pembacaan nilai sensor akan diteruskan dan diolah menggunakan proses *fuzzy*. Proses *fuzzy* digunakan untuk menentukan tingkat kualitas air. Jika kualitas air yang terdeteksi adalah buruk, maka sistem akan menyalakan kedua pompa sampai terindikasi bahwa kualitas air telah kembali baik. Setiap data yang terukur oleh sensor akan ditampilkan ke LCD.



Gambar 7: Flowchart sistem alat

ii. Logika Fuzzy Mamdani

Metode logika *fuzzy* pada penelitian ini berfungsi untuk penentuan kualitas air kolam dengan membuat parameter nilai-nilai penyebab kualitas air berdasarkan hasil nilai input. Logika *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan kualitas air adalah Fuzzy Mamdani. Pada logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan untuk mencapai hasil akhir, yaitu:

1. Pembuatan himpunan *fuzzy*
Pembentukan himpunan *fuzzy* merupakan tahap awal saat akan melaksanakan proses logika *fuzzy*, tahap ini dapat disebut dengan *fuzzyfikasi* [19–22]. dengan *F* = Fungsi, *M* = Masukan, *HF* = Himpunan *Fuzzy*, dan *SP* = Semesta Pembacaan.
2. Implikasi
Tahap aplikasi fungsi implikasi dibentuk beberapa aturan sesuai dengan klasifikasi variabel berdasarkan karakteristiknya. Aturan yang digunakan berasal dari keanggotaan pada tiap

Tabel 2: Himpunan logika fuzzy

F	M	HF	SP
input	Suhu	Dingin	[25 – 28]
		Hangat	[26 – 3]
		Panas	[29 – 32]
	Salinitas	Kurang	[5 – 20]
		Cukup	[15 – 25]
		Lebih	[20 – 35]
Kekeruhan	Jernih	[5 – 12]	
	Keruh	[8 – 20]	
	Sangat keruh	[16 – 22]	
ouput	Kualitas air	Baik	[0 – 4]
		Kurang baik	[3 – 7]
		Buruk	[6 – 10]

variabel yang telah ditentukan melalui proses fuzzyfikasi. Terdapat 27 aturan pada penelitian ini.

3. Inferensi

Tahapan melakukan penalaran nilai-nilai *fuzzy* input sehingga dapat menghasilkan *ouput fuzzy* dengan sistem perhitungan matematis.

4. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi (z) merupakan proses akhir metode *fuzzy*. Proses defuzzyfikasi yaitu suatu proses yang menentukan penegasan output dengan menggunakan metode *centroid* atau mencari titik tengah. Adapun rumus metode *centroid* yang digunakan yaitu:

$$z^x = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (1)$$

dengan M = Momentum dan A = Luas.

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan budidaya ikan bandeng pada kolam otomatis dan kolam konvensional. Bibit bandeng yang digunakan yaitu, bibit usia gelondong dengan panjang bandeng rata-rata 3 – 5 cm. Penelitian dilakukan selama 28 hari atau 4 minggu. Pada setiap kolam berisi 15 ekor bibit bandeng. Pengujian ini dilakukan hingga bibit ikan bandeng menjadi ke usia semai, dan siap ditebar ke kolam pembesaran.

Penelitian dilakukan setiap hari dengan pengambilan data pada siang hari jam 14.00 WIB. Pengambilan data dilakukan siang hari karena pada siang hari terdapat perubahan suhu dan kekeruhan dari air kolam karena faktor teriknya matahari dan plankton maupun lumut seperti terlihat dalam Tabel 3. Pada kolam konvensional pergantian air dilakukan selama 1 minggu

**Gambar 8:** Keseluruhan alat penelitian

sekali, sedangkan kolam otomatis pergantian air kolam dilakukan ketika nilai kualitas airnya sedang buruk de-

Tabel 3: Hasil pengujian keadaan kolam air konvensional

Su	Sa	K	F	$P1 - P2$
26,69	10	10	4,11	OFF
29,56	18	17	4,13	OFF
29,12	17	20	5,91	OFF
31,31	34	20	8	ON
31,44	30	9	3,89	OFF
31,44	29	17	5,59	OFF
28,06	29	18	6,21	OFF

ngan notasi: Su : Suhu ($^{\circ}C$), Sa : Salinitas (ppm), K : Kekeruhan (NTU), F : Fuzzy, dan $P1 - P2$: Pompa 1 dan pompa 2.

Perbandingan hasil ikan kolam otomatis dan kolam konvensional luarannya terbagi menjadi dua bagian yaitu: Perbandingan Berat Ikan Bandeng dan panjang bandeng. Untuk Perbandingan Berat Ikan Bandeng luaran penelitian dapat dilihat dalam Tabel 4 berikut.

Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa pada kolam konvensional dan kolam otomatis berat ikan memiliki perbedaan. Kolam otomatis memiliki berat ikan yang lebih berat dibandingkan dengan berat ikan pada kolam konvensional. Rata-rata berat ikan pada penelitian selama satu bulan atau 28 hari, pada kolam otomatis sebesar 10,4 gram, sedangkan rata-rata berat ikan kolam konvensional sebesar 7,8 gram. Hal ini dikarenakan pada kolam otomatis terjadi pengurasan air saat kualitas airnya buruk secara otomatis. Adapun luaran penelitian dengan pengujian perbandingan panjang ikan bandeng dalam terlihat dalam Tabel 5 berikut.

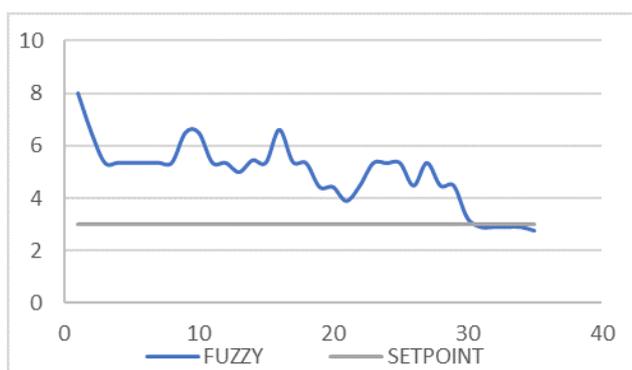
Tabel 4: Hasil perbandingan berat ikan kolam otomatis dan konvensional

Minggu	Berat (g)		
	Otomatis	Konvensional	Selisih
0	2	2	0
1	5	4	1
2	9	7	2
3	14	11	3
4	22	15	7
Rata-rata	10,4	7,8	-

Tabel 5: Hasil perbandingan panjang ikan kolam otomatis dan konvensional

Minggu	Panjang (g)		
	Otomatis	Konvensional	Selisih
0	4,5	4,5	0
1	6,5	5	1,5
2	9	9,5	0,5
3	11,5	10	1,5
4	13	11,5	2,5
Rata-rata	8,9	8,1	-

Dari Tabel 5, dapat dilihat bahwa pada kolam konvensional dan kolam otomatis panjang ikan memiliki perbedaan. Pada kolam otomatis memiliki panjang yang lebih panjang dengan rata-rata panjangnya sebesar 8,9 cm, sedangkan rata-rata panjang ikan kolam konvensional sebesar 8,1 cm. Adapun untuk grafik sistem kontrol fuzzy dapat dilihat dalam Gambar 9 berikut.

**Gambar 9:** Grafik kontrol fuzzy

Dapat dilihat pada Gambar 9 bahwa, pada saat melakukan kontrol kualitas air, sistem fuzzy akan menurunkan nilai kualitas airnya hingga ke nilai terkecil. Nilai set point yang menjadi batasan, yaitu pada nilai 3. Nilai set point 3 digunakan untuk menjadi acuan atau batas nilai tingkat kualitas air karena menyesuaikan de-

ngan keadaan air tambak. Nilai kualitas air pada grafik yang terbaca pertama dimulai pada saat nilai 8 yang menandakan bahwa kualitas airnya buruk, kemudian semakin turun hingga mencapai ke nilai yang mendekati nilai set point dan nilai yang terbaca pada sistem fuzzy menjadi stabil. Kualitas air pada sistem fuzzy ditentukan oleh 3 parameter, yaitu suhu air, salinitas air, dan kekeruhan air. Grafik fuzzy diperoleh saat melakukan proses kontrol kualitas air. Grafik ini digunakan untuk mengetahui nilai yang dihasilkan setelah dilakukan kontrol kualitas air. Nilai fuzzy akan semakin mengecil ketika proses kontrol kualitas air berlangsung.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diperoleh dalam penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut: Mengendalikan kualitas air budidaya bandeng dengan metode fuzzy menggunakan pompa yang akan menyala dan mati secara otomatis, berdasarkan dari hasil keluaran fuzzy yang terbaca. Kerluaran fuzzy dipengaruhi oleh suhu, salinitas, dan kekeruhan. Dari penelitian yang telah dilakukan sistem kontrol fuzzy berjalan dengan baik, karena nilai awal bernilai 8 yang menandakan bahwa kualitas air buruk, kemudian setelah dikontrol hasilnya semakin menurun hingga ke nilai 3, yang menandakan kualitas air baik. Pada kolam otomatis dan kolam konvensional berpengaruh terhadap berat dan panjang bandeng. Pada kolam otomatis dengan sistem kontrol kualitas air yang terjadi secara terus-menerus tergantung dari hasil nilai fuzzy, ikan bandeng memiliki berat dan ukuran lebih panjang daripada ikan yang berada di kolam konvensional. Rata-rata berat ikan pada kolam otomatis sebesar 10,4 gram, sedangkan pada kolam konvensional sebesar 7,8 gram. Rata-rata panjang ikan pada kolam otomatis sebesar 8,9 cm, sedangkan pada kolam konvensional 8,1 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Phillips, P. J. G. Henriksson, N. Tran, C. Y. Chan, C. V. Mohan, U.-P. Rodriguez, S. Suri, S. Hall, dan S. Koeshendrajana, "Menjelajahi masa depan perikanan budidaya indonesia (exploring indonesian aquaculture futures)," 2016.
- [2] A. A. D. Oktapura, A. Fauzi, K. Sugama, dan H. Mulyati, "Pembangunan perikanan budi daya nasional: Kinerja dan perspektif peningkatan efisiensi dan produktivitas berbasis ekosistem," *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, vol. 6, no. 1, pp. 11–24, 2020.
- [3] I. Febrianty, "Daya dukung kualitas air terhadap usaha budidaya ikan patin dalam kolam di kabupaten banjar kalimantan selatan," *EnviroScienteeae*, vol. 16, no. 1, pp. 72–76, 2020.
- [4] K. Khotimah, E. D. Harmilia *et al.*, "Pemberian probiotik pada media pemeliharaan benih ikan patin (pangasius hypophthalmus) dalam akuariumiotik pada media pemeliharaan benih ikan patin (pangasius hypophthalmus)

- dalam akuarium,” *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 152–158, 2016.
- [5] S. Sumantriyadi, E. Wildayana, dan M. Syaifudin, “Analisis pembesaran ikan patin siam (*pangasius hypophthalmus*) terhadap kualitas air sungai komering di kecamatan sirah pulau padang,” *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, vol. 12, no. 2, 2017.
- [6] H. Ramadhani, S. Rahardjo, dan S. Soebjakto, “Performansi kinerja produksi nener bandeng di pt esaputlii prakarsa utama, kabupaten barru, sulawesi selatan,” *Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam*, vol. 1, no. 1, pp. 15–24, 2019.
- [7] U. R. Muawanah, N. Nuhman, dan I. Yuniar, “Fermentasi tepung limbah rumput fermentasi tepung limbah rumput laut (*gracillaria* sp) dengan konsorsium bakteri dari saluran pencernaan ikan bandeng (*chanos-chanos*) sebagai bahan pakan ikan bandeng (*chanos-chanos*),” *MANFISH JOURNAL*, vol. 1, no. 02, pp. 63–70, 2020.
- [8] M. C. P. Larasati dan W. Budijastuti, “Morfometri dan meristik ikan bandeng di pertambakan sekitar mangrove wonorejo surabaya,” *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, vol. 11, no. 3, pp. 473–492, 2022.
- [9] A. G. Ty dan P. Utomo, “Pengembangan prototype sistem kendali kualitas air tambak udang,” *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 4, no. 1, pp. 75–82, 2019.
- [10] K. Indartono, B. A. Kusuma, dan A. P. Putra, “Perancangan sistem pemantau kualitas air pada budidaya ikan air tawar,” *Journal of Information System Management (JOISM)*, vol. 1, no. 2, pp. 11–17, 2020.
- [11] H. F. Nurwirasaputra, S. Sumaryo, dan P. Pangaribuan, “Perancangan sistem monitoring kualitas air secara real-time untuk budidaya perikanan menggunakan metode fuzzy logic,” *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [12] M. R. D. Molato, “AquaStat: An arduino-based water quality monitoring device for fish kill prevention in tilapia aquaculture using fuzzy logic,” *Int. J. of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 2, pp. 557–562, 2022.
- [13] S. K. Nagothu, “Intelligent control of aerator and water pump in aquaculture using fuzzy logic,” in *Microelectronic Devices, Circuits and Systems: Second International Conference, ICMDCS 2021, Vellore, India, February 11-13, 2021, Revised Selected Papers 2*. Springer, 2021, pp. 160–171.
- [14] M. G. A. C. Bautista, M. G. B. Palconit, M. A. Rosales, R. S. Concepcion II, A. A. Bandala, E. P. Dadios, dan B. Duarte, “Fuzzy logic-based adaptive aquaculture water monitoring system based on instantaneous limnological parameters,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 26, no. 6, pp. 937–943, 2022.
- [15] I. Iksal, S. Suherman, dan S. Sumiati, “Perancangan sistem kendali otomatisasi on-off lampu berbasis arduino dan board delphi,” in *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Informasi—SNARTISI*, vol. 1, 2018.
- [16] A. Qalit, F. Fardian, dan A. Rahman, “Rancang bangun prototipe pemantauan kadar ph dan kontrol suhu serta pemberian pakan otomatis pada budidaya ikan lele sangkuriang berbasis iot,” *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, vol. 2, no. 3, 2017.
- [17] N. D. Susanti, D. Sagita, I. F. Apriyanto, C. E. W. Anggara, D. A. Darmajana, dan A. Rahayuningtyas, “Design and implementation of water quality monitoring system (temperature, ph, tds) in aquaculture using iot at low cost,” in *6th International Conference of Food, Agriculture, and Natural Resource (IC-FANRES 2021)*. Atlantis Press, 2022, pp. 7–11.
- [18] R. A. Wadu, Y. S. B. Ada, dan I. U. Panggalo, “Rancang bangun sistem sirkulasi air pada akuarium/bak ikan air tawar berdasarkan kekeruhan air secara otomatis,” *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [19] D. Saputra, “Implementasi fuzzy logic sistem pendukung keputusan pemilihan sepeda berbasis web,” Ph.D. dissertation, Prodi Teknik Informatika, 2022.
- [20] J. B. Jane dan E. Ganesh, “A review on big data with machine learning and fuzzy logic for better decision making,” *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 8, no. 10, pp. 1121–1125, 2019.
- [21] N. Korenevskiy, “Application of fuzzy logic for decision-making in medical expert systems,” *Biomedical engineering*, vol. 49, no. 1, pp. 46–49, 2015.
- [22] B. Wu, T. Cheng, T. L. Yip, dan Y. Wang, “Fuzzy logic based dynamic decision-making system for intelligent navigation strategy within inland traffic separation schemes,” *Ocean Engineering*, vol. 197, p. 106909, 2020.