

Implementasi Alat Ukur Suhu Dan PH Air Untuk Budidaya Lobster Dengan Algoritma Fuzzy Logic Berbasis IoT

¹Zulaida rahmi, ²Rizky Maulana, ³M. Nabil Risky Rialva

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Mahakarya Aceh

Email: [1zulaidarahmi.z@gmail.com](mailto:zulaidarahmi.z@gmail.com), [2rizky.ummah.bireuen@gmail.com](mailto:rizky.ummah.bireuen@gmail.com),
[3mnabilriskyrialva09@gmail.com](mailto:mnabilriskyrialva09@gmail.com)

Corresponding Author : rizky.ummah.bireuen@gmail.com

Abstract

Freshwater lobster cultivation has quite good business prospects, but the growth of the existing lobster cultivation business has not been in line with demand, this can be seen from the low production level and quality of aquaculture products. The quality of temperature and pH of the water can affect the activity in freshwater lobster cultivation, because one of the factors that affects the level of molting frequency and cannibalism. In order to overcome this problem, research was carried out to create a tool using fuzzy logic algorithms and combined with Internet of Things technology. Based on the results of the study by conducting tests 10 times, the average error value on the temperature sensor was 0.40% and the average error value on the pH sensor was 0.22%.

Keywords : Fuzzy, Lobster, pH, Temperature.

1. Pendahuluan

Lobster air tawar yang secara ilmiah dikenal dengan nama *Cherax quadricarinatus* yakni satu di antara hewan air yang hidup di perairan tawar di Australia bagian utara dan daratan selatan Papua. Lobster dianggap sebagai produk udang kelas atas dilakukan perbandingan dengan udang konsumsi lain. Di samping dagingnya yang lezat dan beraroma, lobster air tawar juga kaya akan nutrisi penting, terkhusus protein. Guna mencukupi keperluan lobster air tawar di masyarakat, perlu dilakukan usaha budidaya yang ekstensif (Wijaya, 2022). Budidaya lobster air tawar yakni sektor yang menjanjikan bagi pengembangan perusahaan di bidang industri perikanan air tawar. Melihat data dari Badan Pusat Statistik di tahun 2019 menunjukkan bahwa selama triwulan I tahun 2014 hingga 2019, nilai ekspor komoditas lobster Indonesia mengalami rerata pertumbuhan tahunan sebesar 3,54%, namun volume eksportnya mengalami penurunan rata-rata tahunan sebesar 10,55%. Meskipun terjadi penurunan kuantitas ekspor, nilai moneter ekspor terus mengalami pertumbuhan yang signifikan (Saragih, 2022). Melihat kondisi ini memberikan peluang bagi individu untuk mendirikan usaha budidaya lobster. Sebagian besar perusahaan hortikultura masih baru dan sedang dalam proses menuju kedewasaan, namun secara konsisten menghasilkan pendapatan yang tidak menurun. Namun demikian, ekspansi usaha ini belum mampu mengimbangi tingkat permintaan, hal ini terlihat dari rendahnya produksi dan kualitas barang yang ditanam. Hal ini terlihat dari jumlah *output*

yang tidak mencukupi dan kualitas hasil panen yang di bawah standar (Widiantari & K.S., 2023). Ada hambatan dalam upaya peningkatan produksi lobster dikarenakan kematian yang disebabkan perbuatan kanibalisme. Kanibalisme diamati pada lobster remaja dan selama proses ganti kulit, karena lobster yang berganti kulit mengeluarkan aroma khas yang menarik lobster lain, sehingga menyebabkan predasi (Syahruddin, 2021). Kualitas air yakni satu di antara faktor yang memberi pengaruh taraf frekuensi *molting* serta kanibalisme (Lesmana & Fia, 2022). Pada penelitian sebelumnya dengan judul Sistem Pemantauan Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Menggunakan Teknologi IoT. Penelitian ini merancang alat yang bisa membantu pembudidaya untuk mengetahui kondisi suhu dan pH air kolam ikan lele (Fahmi & Shellya, 2020). Adapun penelitian lain dengan judul Sistem *Monitoring* Kualitas Air Kolam Udang Vaname di Kelurahan Dowora Berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan penelitian ini yaitu membuat alat supaya memudahkan petani tambak udang vaname untuk memantau kondisi pH air (Malagapi et al., 2023). Pada peneliti lainnya yang berjudul Penerapan *Internet of Things* (IoT) *Monitoring* dan *Controlling* Perawatan Anakan Ikan Koi Berbasis Website. Penelitian ini merancang alat dengan tujuan membantu pembudidaya anakan ikan koi bisa lebih mudah dalam hal perawatan (Nurdina et al., 2022). Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, mereka merancang alat berbasis IoT tanpa menambahkan algoritma di alat tersebut. Pada penelitian ini melakukan pembaharuan dengan menerapkan algoritma *fuzzy logic*. Logika fuzzy adalah salah satu sistem pendukung keputusan yang dapat diimplementasikan untuk memprediksi biaya pemakaian listrik. Alasan digunakan logika fuzzy adalah konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti, logika fuzzy sangat fleksibel, dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (Aenun & Mashuri, 2022). Berdasarkan permasalahan yang ada, peneliti menyadari bahwa pengawasan kualitas suhu air dan pH air memiliki peranan penting agar memberikan hasil optimal. Supaya kegiatan budidaya lobster air tawar menghasilkan panen yang baik, peneliti berusaha merancang dan membangun alat ukur kualitas suhu air dan pH air dengan algoritma *fuzzy logic*.

2. Landasan Teori

1. Budidaya Lobster Air Tawar dan Parameter Kualitas Air

Lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu dan pH air. Suhu optimal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup lobster berada pada rentang 24–30 °C, sedangkan pH optimal adalah 7,0–8,5. Penyimpangan dari rentang tersebut dapat menyebabkan stres fisiologis, penurunan nafsu makan, penurunan sistem imun, hingga kematian massal. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian suhu serta pH secara real-time dan otomatis menjadi kebutuhan penting dalam budidaya lobster intensif (Ferge et al., 2021).

2. Internet of Things (IoT) pada Sistem Akuakultur

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan perangkat sensor dan aktuator terhubung ke internet untuk melakukan pengumpulan data, pengolahan, dan pengendalian jarak jauh secara real-time. Dalam bidang akuakultur, arsitektur IoT umumnya terdiri dari tiga lapisan utama yaitu lapisan persepsi (sensor), lapisan jaringan (mikrokontroler + modul WiFi/ESP32), dan

lapisan aplikasi (dashboard web atau aplikasi mobile). Penerapan IoT terbukti dapat menurunkan biaya operasional dan meningkatkan respons waktu terhadap perubahan kualitas air (Hidayatullah et al., 2023).

3. Pengukuran Suhu dan pH Air secara Digital

Pengukuran suhu air umumnya menggunakan sensor DS18B20 yang memiliki akurasi $\pm 0,5$ °C pada rentang -10 °C hingga $+85$ °C dan bersifat digital one-wire sehingga mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Pengukuran pH air biasanya memanfaatkan probe pH analog (E-201-C atau modul pH4502C) yang memerlukan kalibrasi 2–3 titik untuk mencapai akurasi $\pm 0,1$ pH. Kedua sensor ini sering dipasangkan dengan mikrokontroler ESP32 karena memiliki ADC yang cukup baik dan mendukung koneksi WiFi secara native (Pratama et al., 2022).

4. Algoritma Fuzzy Logic untuk Pengendalian Kualitas Air

Logika fuzzy sangat sesuai digunakan pada sistem akuakultur karena sifat parameter kualitas air yang bersifat non-linear dan penuh ketidakpastian. Fuzzy logic bekerja dengan mengubah variabel linguistik (contoh: “dingin”, “normal”, “panas”) menjadi nilai numerik melalui proses fuzzifikasi, rule base, inferensi (biasanya metode Mamdani), dan defuzzifikasi. Hasil keluaran fuzzy kemudian digunakan untuk mengendalikan aktuator seperti heater, cooler, pompa aerasi, atau dosing pump penyesuaikan pH (Saptadi et al., 2020).

3. Metode Penelitian

1. Objek Penelitian

Objek penelitian yakni perihal yang jadi titik perhatian dari sebuah penelitian. Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian yakni kondisi air kolam di tempat budidaya lobster air tawar yang ada di Desa ujung blang Kec. Kuala Kab. Bireuen dengan mengukur parameter seperti suhu air dan pH air.

2. Peralatan Penelitian

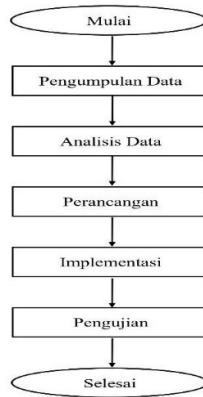
Pada penelitian ini memakai sejumlah komponen yang dipakai guna membangun alat yang terintegrasi secara otomatis bisa dilakukan pengamatan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen

No	Komponen	Keterangan
1	NodeMcu	Mikrokontroler
2	Sensor pH	Sensor yang mendeteksi pH air
3	Sensor Suhu	Sensor yang mendeteksi suhu air
4	LCD	Menampilkan informasi yang dihasilkan pada alat

3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang diselenggarakan pada penelitian ini bisa dilakukan pengamatan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data yakni satu di antara unsur krusial dalam proses melakukan penelitian (Saskia et al., 2023). Pendekatan observasi digunakan selama langkah pengumpulan data ini. Metode observasi merupakan strategi pengumpulan data yang meliputi pengamatan serta pencatatan secara sistematis terhadap keadaan atau perilaku objek sasaran (Hasibuan et al., 2023). Tujuan dari metode observasi ini yakni guna melakukan pengumpulan data atau informasi mengenai objek yang diamati yaitu fluktuasi kondisi air pada kolam budidaya lobster air tawar selama kurun waktu 24 jam.

2. Analisis Data

Teknik analisis ini terdiri dari tiga tahap berbeda: reduksi data, penyajian data, serta verifikasi data. Reduksi data berupaya melakukan penyederhanaan data yang kompleks jadi suatu gambaran yang ringkas serta komprehensif. Penyajian data adalah tindakan langsung menyajikan data dalam format penyajian naratif yang koheren. Verifikasi data mengacu pada proses menganalisis data yang telah diproses dan menarik kesimpulan darinya (Magdalena et al., 2021).

3. Perancangan

Tahap perancangan meliputi berbagai tahapan, antara lain pembuatan diagram blok, perancangan alat, perlengkapan, dan komponen elektronika, pengembangan sistem rangkaian elektronik skematis atau program diagram alir, dan pada akhirnya perancangan alat secara lengkap (Febriani et al., 2021).

4. Implementasi

Tahap penerapan penelitian ini mengikuti tahap desain, di mana tahapan penelitian dilaksanakan sesuai pendekatan yang direncanakan. Untuk melaksanakan tahap desain, kode komputer digunakan dan diuji untuk mengumpulkan informasi sesuai dengan tujuan (Pramono et al., 2020).

5. Pengujian

Pengujian adalah fase penting yang bertujuan memverifikasi berfungsinya fitur aplikasi (Hanafi & Fatah, 2021). Agar mengetahui nilai *error* yang ada pada sensor alat ini, maka perlu membandingkan nilai sensor alat dan nilai alat digital sebagai tahap pengujian. Mengetahui nilai *error* dapat dihitung dengan rumus 1 dan untuk

mengetahui nilai rata-rata pada rumus 2.

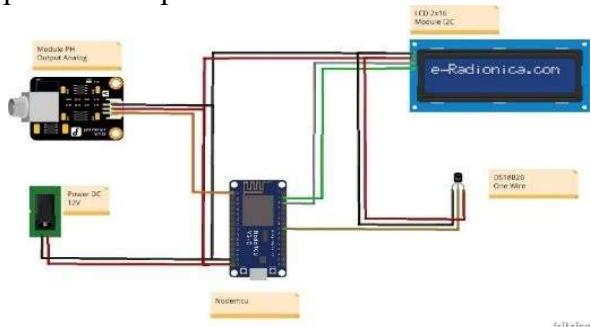
$$\text{nilai error} = \frac{(\text{nilai sensor} - \text{nilai alat digital})}{\text{nilai alat digital}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah semua data}}{\text{Banyaknya data}}, \quad (2)$$

4. Hasil Dan Pembahasan

Awal tahap rancangan dilaksanakan dengan membuat skema rangkaian perangkat terlebih dahulu. Skema rangkaian perangkat bisa dilihat pada Gambar 2 yang diketahui pada gambar tersebut masing-masing komponen sudah saling terhubung. Berikut penjelasan pin yang terhubung pada masing-masing komponen. Pin VIN pada NodeMCU terhubung dengan pin VCC pada LCD, pin GND pada NodeMCU terkoneksi dengan pin GND pada LCD, pin D1 pada NodeMCU terhubung dengan pin SCL pada LCD, Sedangkan pin D2 pada NodeMCU terhubung dengan pin SDA pada LCD. Pin VIN pada NodeMCU terkoneksi dengan pin VCC pada sensor suhu, pin GND pada NodeMCU terkoneksi dengan pin GND pada sensor suhu dan pin D5 pada NodeMCU terkoneksi dengan pin Out pada sensor suhu.

Pin GND pada NodeMCU terkoneksi dengan pin GND pada Sensor pH, pin VIN pada NodeMCU terkoneksi dengan pin VCC pada sensor pH dan terakhir pin A0 pada NodeMCU terhubung dengan pin P0 pada sensor pH.



Gambar 2. Skema Rangkaian Alat

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk menyiapkan kebutuhan aplikasi maupun rancangan desain tampilan layar aplikasi, nantinya akan digunakan untuk memantau kondisi air budidaya lobster. Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan Android studio dan hasilnya bisa dilakukan pengamatan pada Gambar 3.

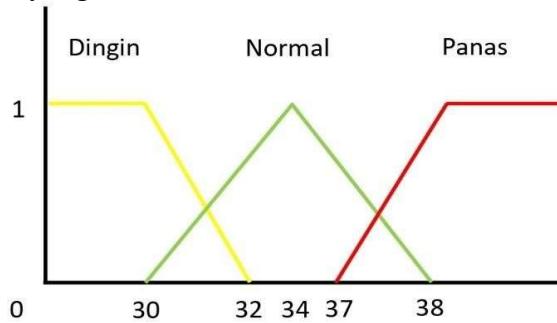


Gambar 3. Tampilan Perangkat Lunak

Software yang selesai dilakukan pembuatan pada penelitian ini akan menampilkan nilai suhu, nilai pH air, keterangan hasil *fuzzy* dari alat yang dirancang dan terdapat tombol sebagai kontrol kalibrasi untuk alat yang dirancang pada penelitian ini.

Implementasi Algoritma Fuzzy Logic

Penerapan algoritma *fuzzy* pada penelitian bertujuan untuk menghitung nilai suhu dan pH air yang diperoleh dari sistem. Fungsi keanggotaan suhu mempunyai 3 keadaan (panas, normal, dingin) sedangkan fungsi keanggotaan pada pH (asam, normal, basa). Berikut ialah batasan nilai guna tiap-tiap variabel yang sudah ditentukan.



Gambar 4. Keanggotaan Suhu

Pada gambar 4 dapat dilihat variabel keanggotaan suhu pada tahap ini dinyatakan nilai 0- 30 °C merupakan tingkat dingin, nilai 32-37 °C menjadi nilai batas dengan status normal, sedangkan nilai 38 °C sampai seterusnya menjadi nilai batas dengan status panas.

Gambar 5. Keanggotaan pH

Pada gambar 5 dapat dilihat variabel keanggotaan suhu pada tahap ini dinyatakan nilai 0- 6,5 merupakan tingkat asam, nilai 6,8-7,1 menjadi nilai batas dengan status normal, sedangkan nilai 7,5 sampai seterusnya menjadi nilai batas dengan status basa. Setelah menentukan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*, maka *rule base* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rule Base

No.	Suhu	pH	Hasil Fuzzy
1	Dingin	Asam	Aman
2	Normal	Normal	Perhatian
3	Panas	Basa	Bahaya
4	Dingin	Normal	Perhatian
5	Normal	Asam	Perhatian
6	Dingin	Basa	Bahaya
7	Panas	Asam	Bahaya
8	Normal	Basa	Perhatian
9	Panas	Normal	Bahaya

1. Pengujian Sensor Suhu

Uji sensor suhu bisa dilaksanakan percobaan dengan melakukan perbandingan di antara nilai termometer digital dan nilai sensor pada alat. Pengujian dilakukan dengan memasukkan termometer dan sensor alat di wadah yang sama dengan objek air dari

sumbernya yaitu air bor.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Suhu

No	Waktu	Sensor	Termometer	Selisih	Error
1	08.30	31,2	30,1	1,1	0,36%
2	09.00	31,4	30,1	1,3	0,43%
3	09.30	31,4	30,1	1,3	0,43%
4	10.00	30,4	30,2	1,2	0,39%
5	10.30	30,6	30,3	1,3	0,43%
6	11.00	30,7	30,4	1,3	0,43%
7	11.30	30,8	30,5	1,3	0,43%
8	12.00	30,6	30,5	1,1	0,36%
9	12.30	30,7	30,6	1,1	0,36%
10	13.00	30,8	30,6	1,2	0,39%
Rata-rata					0,40%

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 yang berisi data sebanyak 10 kali pengujian sensor dan dapat diketahui bahwa nilai yang dihasilkannya tidak selalu sama tetapi perbedaannya tidak terlalu jauh. Pada Tabel 2 dijelaskan hasil dari pengujian ini memperoleh nilai rerata *error* yaitu 0,40%, nilai didapatkan dari membandingkan hasil sensor suhu dan termometer digital.

2. Pengujian Sensor pH

Uji sensor pH yang dilaksanakan pada penelitian ini yakni menggunakan cara memasukkan pH meter digital serta sensor pH yang terpasang pada alat yang dirakit di dalam satu wadah yang sama. Wadah tersebut sudah diisi dengan air bersumber dari air bor.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Waktu	Sensor	pH Meter	Selisih	Error
1	08.30	7,5	6,0	1,5	0,25%
2	09.00	7,2	6,1	1,1	0,18%
3	09.30	7,2	6,1	1,1	0,18%
4	10.00	7,6	6,2	1,4	0,22%
5	10.30	7,6	6,2	1,4	0,22%
6	11.00	7,6	6,2	1,4	0,22%
7	11.30	7,8	6,3	1,5	0,23%
8	12.00	7,9	6,3	1,6	0,25%
9	12.30	7,9	6,3	1,6	0,25%
10	13.00	7,9	6,3	1,6	0,25%
Rata-rata					0,22%

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4 yang berisi data sebanyak 10 kali pengujian sensor dan dapat diketahui bahwa nilai yang dihasilkannya tidak selalu sama tetapi perbedaannya tidak terlalu jauh. Pada Tabel 2 dijelaskan hasil dari pengujian ini memperoleh nilai rata-rata *error* yaitu 0,22%, nilai didapatkan dari membandingkan hasil sensor pH dan pH meter digital.

3. Pengujian Sistem

Pengujian algoritma *fuzzy* ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari nilai himpunan *fuzzy* pada sistem. Hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem

No	Suhu	pH	Kodisi Suhu	Kondisi pH	Hasil Sistem	Rule Base	Keterangan
1	31,2	7,5	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
2	31,4	7,2	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
3	31,4	7,2	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
4	30,8	7,6	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
5	30,6	7,6	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
6	30,7	7,6	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
7	30,8	7,8	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
8	30,6	7,9	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
9	30,7	7,9	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
10	30,8	7,9	Normal	Basa	Perhatian	Perhatian	Sesuai
11	30,1	7,2	Dingin	Normal	Perhatian	Perhatian	Sesuai
12	39,9	6,9	Panas	Normal	Bahaya	Bahaya	Sesuai
13	37,4	6,9	Panas	Normal	Perhatian	Bahaya	Berbeda
14	35,2	7,0	Normal	Normal	Aman	Perhatian	Berbeda
15	20,9	6,9	Dingin	Normal	Perhatian	Perhatian	Sesuai
16	18,0	6,9	Dingin	Normal	Perhatian	Perhatian	Sesuai
17	43,6	7,4	Panas	Basa	Bahaya	Bahaya	Sesuai
18	40,4	7,4	Panas	Basa	Bahaya	Bahaya	Sesuai
19	38,3	7,4	Panas	Basa	Bahaya	Bahaya	Sesuai
20	27,1	7,4	Dingin	Basa	Bahaya	Bahaya	Sesuai
21	24,0	7,4	Dingin	Basa	Bahaya	Bahaya	Sesuai
22	24,2	7,4	Dingin	Basa	Bahaya	Bahaya	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang ada pada Tabel 5 sudah melakukan pengujian sebanyak 22 kali. Hasil pengujian sistem tersebut menampilkan kondisi awal hingga tahap sebelas menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda, setelah itu pada tahap ke-12 kondisi air sudah ditambahkan air panas hingga menghasilkan keluaran yang berbeda dengan sebelumnya. Pada tahap ke-14 memasukkan es batu ke dalam wadah hingga terjadi perubahan suhu air yang ada di dalam wadah, Pada tahap ke-17 kondisi air sudah berubah karena sudah ditambahkan air panas. Pada tahap ke-19 diketahui sensor suhu membaca 38°C berarti kondisi air masih panas, setelah itu mencoba lagi memasukkan es batu ke dalam wadah. Menunggu perubahan kondisi air selama 15 menit dan diketahui sensor suhu membaca kondisi yaitu 27,1°C.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa alat ukur suhu dan pH air budidaya lobster yang dirancang berfungsi dengan baik dan hasil bacaan dari sensor bisa dilihat dari LCD yang dipasang dan juga bisa dilihat melalui aplikasi.

Pengujian sensor suhu yang dilakukan dapat diketahui nilai *error* rata-rata pada sensor adalah sebesar 0,40%, sedangkan pengujian sensor pH yang dilakukan dapat diketahui nilai *error* rata-rata pada sensor adalah sebesar 0,22%. Hasil pengujian sistem sebanyak 22 kali, dapat diketahui keberhasilannya sebesar 90,9%.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya untuk pengembangan dapat dilakukan dengan menambahkan sensor *turbidity*, sebagai sensor yang membaca kondisi tingkat kekeruhan air. Penulis berharap penelitian ini dapat dijadikan sumber acuan atau sebagai bahan penelitian berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis memberi ucapan terima kasih pada seluruh pihak yang sudah memberi bimbingan, semangat dan dukungan secara langsung ataupun secara tidak langsung. Bantuan kalian menjadi satu diantara faktor krusial pada tahapan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- Aenun, E. J., & Mashuri, M. (2022). IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI PADA PREDIKSI BIAYA PEMAKAIAN LISTRIK. *UNNES Journal of Mathematics*, 11(2), 179–188.
- Fahmi, N., & Shellya, N. (2020). Sistem Pemantauan Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Menggunakan Teknologi IoT. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(4), 1243–1248.
- Febriani, F., Roinaldhi, P. M., Muhammad, B., & Purwono, P. (2021). Perancangan Alat Posisi pada Hewan Peliharaan. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, 2(1), 106–120.
- Ferge, R. Y., Widayartini, D. S., & Sudarsono, B. (2021). Optimalisasi parameter kualitas air pada budidaya lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) menggunakan sistem monitoring berbasis IoT. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 20(2), 145–156. <https://doi.org/10.19027/jai.20.2.145-156>
- Hanafi, A. A., & Fatah, Y. A. I. (2021). Game Edukasi Pengenalan Alat Transportasi Untuk Anak Tunagrahita. *Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 59–63.
- Hasibuan, M. P., Rezki, A., Dimas, B. A., & Sri, U. R. (2023). Analisis Pengukuran Temperatur Udara Dengan Metode Observasi. *Jurnal Garuda Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 150–165.
- Hidayatullah, R., Fauzi, A., & Pratama, I. (2023). Sistem monitoring dan pengendalian otomatis suhu serta pH air budidaya ikan nila menggunakan fuzzy logic berbasis IoT. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(2), 789–798. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/11234>
- Lesmana, D., & Fia, S. M. (2022). Tingkah Laku Puerulus Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) yang Dipelihara pada Warna Berbeda. *Jurnal Mina Sains*, 8(2), 107–113.
- Magdalena, I., Miftah, N. A., Gestiana, R., & Adinda, R. I. (2021). Analisis Penggunaan Teknik Pre-Test dan Post-Test pada Mata Pelajaran Matematika Dalam Keberhasilan Evaluasi Pembelajaran di SDN Bojong 04. *Jurnal Nusantara*, 3(2), 150–165.
- Malagapi, G. P., Sahriar, H., Junaidi, N., & Syaiful, A. (2023). Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Udang Vaname di Kelurahan Doworo Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal*

- Teknik*, 16(2), 26–31.
- Nurdina, A. K., Agung, P. S., & Nurlaily, V. (2022). Penerapan Internet of Things (IoT) Monitoring dan Controlling Perawatan Anakan Ikan Koi Berbasis Website. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 6(2), 1115–1122.
- Pramono, E., Maliah, A., & Jamaludin, I. (2020). Pengembangan Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Internet of Thing Menggunakan Perangkat Radio Frequency Identification Berbasis NodeMCU. *Jurnal Techno Explore*, 5(2), 41–48.
- Pratama, A. Y., Wicaksono, A., & Hidayat, R. (2022). Rancang bangun sistem monitoring suhu dan pH air tambak udang vaname berbasis IoT menggunakan ESP32. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 11(1), 23–32. <https://doi.org/10.35760/tekkom.2022.v11i1.5123>
- Saptadi, D., Santoso, B., & Wijaya, A. (2020). Pengendalian otomatis pH dan suhu air tambak udang windu menggunakan logika fuzzy mamdani berbasis Arduino. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(3), 178–186. <https://doi.org/10.17529/jre.v16i3.17892>
- Saragih, R. S. H. (2022). Analisis Kelayakan Usaha Budidaya Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*) di Wampu Crayfish Desa Stabat Lama Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(3), 198–204.
- Saskia, E. C., Tatang, R., & Santi, A. P. L. (2023). Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Pengairan Sawah Dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air Berbasis IoT. *Jurnal INFOTECH*, 4(1), 37–46.
- Syahruddin. (2021). Pengaruh Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO₃) Terhadap Kelangsungan Hidup Benih Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*). *Agrokopleks*, 21(2), 48–52.
- Widiantari, N. N., & K.S., I. (2023). Strategi Berwirausaha dengan Matriks IFE, EFE, IE Pada Budidaya Lobster Air Tawar di Kecamatan Sukasada. *Jurnal Jnana Satya Dharma*, 11(2), 132–140.
- Wijaya, S. M. (2022). *Pengaruh Pemberian Pakan Alami yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Juvenil Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*)*. Fakultas Pertanian, Universitas Islam Riau.