

Sistem Pemantauan Kualitas Air Kolam Berbasis *Internet of Things* (IoT) Untuk Mengurangi Kematian Ikan Nila Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani

Aristho Umbu Nggaba Kaho¹, Arini Aha Pekuwali², Leonard Marten Doni Ratu³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba

Jl. R. Soeprapto, No. 35 Waingapu, Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur 87113

Email: aristhoumbunggabakaho@gmail.com, arini.pekuwali@unkriswina.ac.id, leonard.ratu@unkriswina.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas air kolam ikan nila berbasis IoT dengan penerapan logika fuzzy Mamdani serta notifikasi Telegram *bot* untuk membantu peternak mengurangi potensi kematian ikan nila akibat penurunan kualitas air. Sistem menggunakan tiga parameter utama yaitu suhu, pH dan tingkat kekeruhan air yang diukur secara *real-time* melalui sensor DS18B20, pH-4502C dan sensor turbidity. Data hasil pengukuran akan diproses menggunakan logika fuzzy Mamdani untuk menentukan kelayakan air dan dikirim ke pengguna melalui Telegram. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca parameter air dengan baik, memproses data melalui logika fuzzy Mamdani secara akurat, serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna secara *real-time* ketika kondisi air terdeteksi tidak ideal. Sistem diharapkan dapat membantu peternak ikan nila, khususnya di SMK Negeri 3 Pahunga Lodu, dalam memantau kualitas air kolam dan mengambil langkah antisipatif untuk mengurangi potensi kematian ikan secara massal.

Kata Kunci: Iot, Fuzzy Mamdani, Kualitas Air, Ikan Nila, Telegram *Bot*.

ABSTRACT

This research aims to develop an IoT-based tilapia pond water quality monitoring system with the application of Mamdani fuzzy logic and Telegram bot notifications to help farmers reduce the potential for tilapia mortality due to decreased water quality. The system uses three primary parameters: temperature, pH and turbidity level of water measured in real-time through DS18B20, pH-4502C and turbidity sensors. The measurement data will be processed using Mamdani fuzzy logic to determine the feasibility of water and sent to the user via Telegram. Based on the test results, the system can read water parameters well, process data through Mamdani fuzzy logic accurately, and send notifications to users in real-time when water conditions are not ideal. The system is expected to help tilapia farmers, especially at SMK Negeri 3 Pahunga Lodu, monitor pond water quality and take rate-anticipatory measures to reduce the potential for mass fish mortality.

Keywords: Iot, Mamdani Fuzzy, Water Quality, Nila Fish, Telegram *Bot*.

Pendahuluan

Budidaya ikan air tawar menjadi salah satu sektor andalan dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat Kabupaten Sumba Timur. Beragam jenis ikan air tawar dibudidayakan, salah satunya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menjadi komoditas ikan yang paling banyak dibudidayakan [1]-[2]. Berdasarkan data yang dirilis oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) angka produksi ikan nila tahun 2023 di Kab. Sumba Timur mencapai 36,12 ton dengan nilai produksi sebesar Rp. 1,8 miliar [3]. Sementara itu, Badan Pusat Statistik Indonesia mencatat pada tahun 2024 angka konsumsi ikan nila per orang per minggu di Kab. Sumba Timur mencapai 2,41 kg [4]. Hal ini menegaskan bahwa budidaya ikan nila tidak hanya menjadi sumber pendapatan bagi peternak tetapi juga berperan penting dalam pemenuhan pangan masyarakat di Kab. Sumba Timur.

Meski memiliki potensi yang besar, kematian ikan masih menjadi tantangan sendiri bagi peternak ikan. Beberapa faktor menjadi penyebab kematian ikan nila seperti penyakit dan parasit, pemberian pakan yang tidak tepat, perubahan cuaca ekstrem, dan penurunan kualitas air kolam [5]-[6]. Dari beberapa faktor tersebut kualitas air kolam menjadi salah satu penyebab yang sering diabaikan oleh peternak ikan nila [7]-[8]-[9], mengingat Kab. Sumba Timur merupakan wilayah beriklim sabana tropis maka perubahan cuaca ekstrem seperti peningkatan suhu dan curah hujan secara tiba-tiba dapat menyebabkan penurunan kualitas air kolam.

Permasalahan ini juga ditemukan pada kegiatan budidaya ikan nila di SMK Negeri 3 Pahunga Lodu, salah satu sekolah kejuruan yang terletak di Desa Lambakara, Kec. Pahunga Lodu, Kab. Sumba Timur, NTT. Berdasarkan hasil

wawancara dengan pihak pengurus kolam, tercatat angka kematian ikan nila setiap bulan di setiap kolam mencapai 35-45 ekor. Penyebab utamanya adalah kualitas air kolam yang tidak terpantau dengan baik. Pemantauan dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan secara visual dan intuisi untuk menilai kualitas air kolam seperti warna dan bau [10]. Pendekatan ini seringkali tidak akurat dan lamban dalam mengidentifikasi masalah, sehingga tindakan seperti pergantian air atau penyesuaian kondisi kolam dilakukan setelah ikan mengalami stres bahkan mati. Dampaknya, hasil panen menurun dan pihak sekolah mengalami kerugian finansial cukup besar. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penerapan *Internet of Things* menjadi solusi inovatif dalam membantu pengurus kolam memantau kualitas air kolam secara *real-time* [11]. Dengan bantuan IoT, pengurus kolam tidak hanya dapat mengurangi kematian ikan nila secara massal, tetapi juga menghemat waktu, tenaga, serta memperbaiki hasil panen [12]-[13].

Dengan demikian, peneliti mengusulkan untuk mengembangkan prototipe sistem pemantauan kualitas air kolam berbasis IoT menggunakan logika fuzzy Mamdani untuk membantu pengurus kolam budidaya ikan nila di SMK Negeri 3 Pahunga Lodu memantau kualitas air kolam secara *real-time*. sistem menggunakan sensor DS18B20, pH-45032C, dan sensor turbidity untuk mengukur suhu, tingkat keasaman dan tingkat kekeruhan air kolam. Data hasil pengukuran akan diproses melalui logika Mamdani dan dikirimkan via Telegram *bot* sebagai media notifikasi bagi pengurus kolam. Sistem diharapkan dapat membantu peternak dalam menyelesaikan permasalahan kualitas air kolam serta mengurangi potensi kematian ikan nila.

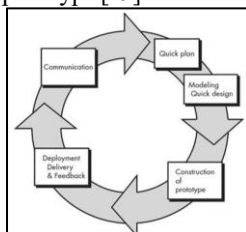
Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Judul	Variabel	Hasil Penelitian
1	Perancangan Alat Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis <i>Internet of Things</i> [14]	pH	Sensor mampu menghasilkan <i>output</i> Analog (voltage) yang dapat dikonversi menjadi nilai pH dan dikirimkan ke aplikasi Blynk sehingga peternak dapat memantau pH air kolam secara <i>real-time</i> melalui perangkat seperti <i>smartphone</i> atau laptop.
2	Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, pH, dan Kejernihan Air Pada Kolam Ikan Air Tawar Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) [15].	pH, suhu dan turbidity	Sistem mampu mengukur suhu, pH dan kejernihan air secara otomatis dengan bantuan Blynk untuk memantau kolam.
3	Prototipe Sistem Telemetry Suhu dan pH Air Kolam Budidaya Ikan Air Tawar (Ikan Nila) Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) [16].	pH dan suhu	Sistem mampu mengukur dan memantau pH dan suhu air kolam ikan nila secara <i>real-time</i> melalui LCD dan aplikasi Mycayenne.
4	Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Sistem Akuponik Berbasis IoT [17].	suhu, pH, dan TDS	Sistem pemantauan kualitas air berhasil memantau 3 variabel dan ditampilkan secara <i>real-time</i> dan dikirimkan ke web server.

Tabel 1 merangkum penelitian terdahulu sebagai acuan untuk membangun sistem pemantauan kualitas air kolam berbasis IoT. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air kolam. Adapun perbedaannya yaitu lokasi penelitian, metode yang digunakan fuzzy Mamdani dan Telegram *bot* untuk membantu peternak memantau kualitas air kolam secara *real-time*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode prototype dalam mengembangkan sistem pemantauan kualitas air kolam. Metode ini digunakan dengan tujuan untuk menghasilkan gambaran awal sistem yang akan dikembangkan, sehingga dapat dievaluasi secara langsung oleh pengguna. Hasil evaluasi akan dijadikan acuan untuk pengembangan sistem akhir yang siap digunakan [18]. Berikut tahap-tahap metode prototype [19]:



Gambar 1. Tahap-tahap metode prototype

Tahap Komunikasi

Komunikasi dilakukan melalui wawancara antara peneliti dan pengurus kolam ikan nila di SMK Negeri 3 Pahunga Lodu untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, tahap ini bertujuan untuk mengali informasi secara

menyeluruh terkait kendala yang dihadapi serta harapan dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas air kolam.

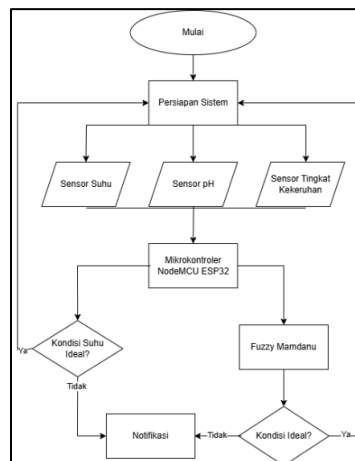
Tahap Perancangan Awal

Perancangan awal dilakukan dengan tujuan untuk menyusun rencana awal pengembangan sistem. Berdasarkan hasil wawancara antara peneliti dan pengurus kolam, disepakati bahwa teknologi IoT dan logika Mamdani dipilih untuk menyelesaikan permasalahan pemantauan kualitas air kolam. Parameter suhu, pH dan tingkat kekeruhan air digunakan untuk mengukur kelayakan air kolam serta Telegram *bot* sebagai media notifikasi untuk pengurus kolam.

Tahap Perancangan Awal

Perancangan cepat dilakukan untuk membuat gambaran awal sistem pemantauan kualitas air kolam sebelum dibangun secara menyeluruh. Tahap ini peneliti membuat alur kerja sistem, skematik sistem serta logika pemrosesan data sensor menggunakan pendekatan logika fuzzy Mamdani.

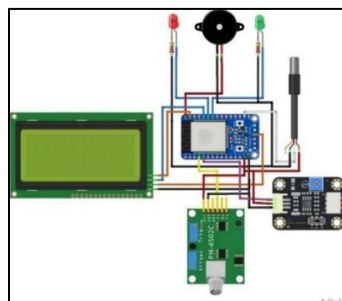
1. Alur kerja sistem



Gambar 2. Alur kerja sistem

Gambar 2 merupakan penjelasan alur kerja sistem yang dibangun. Tahap persiapan sistem adalah tahap awal, seluruh komponen seperti sensor suhu, pH, tingkat kekeruhan akan diaktifkan untuk mengukur kondisi air kolam secara *real-time*. Kemudian data hasil pembacaan ketiga sensor akan di kirim ke pusat pengolahan data yakni mikrokontroler NodeMCU ESP32. Data yang dihasilkan sensor suhu akan langsung diproses tanpa melalui tahap fuzzy Mamdani. Jika rentang suhu diluar kondisi ideal maka sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi kepada pengurus kolam. Untuk data pembacaan sensor pH dan sensor tingkat kekeruhan akan di kirimkan ke mikrokontroler dan diproses melalui logika fuzzy Mamdani untuk mendapatkan keputusan akhir terkait kelayakan air kolam. Jika hasil tersebut masih dalam rentang ideal maka sistem tidak akan mengirimkan notifikasi. Jika sebaliknya maka sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan kepada pengurus kolam untuk di tindak lanjuti.

2. Skematik sistem



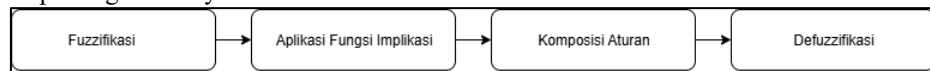
Gambar 3. Skematik sistem

Gambar 3 merupakan penjelasan posisi perangkat-perangkat yang digunakan peneliti sebagai acuan merancang sistem pemantauan kualitas air kolam. dari gambar tersebut terdapat mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor DS18B20, sensor pH-4502C, sensor turbidity, LCD 20x4, LED merah-hijau dan Buzzer. Berikut rangkaian skematik sistem:

Tabel 2. Koneksi pin

Komponen	Pin	ESP32 GPIO / Catatan
DS18B20	DATA	GPIO04 (resistor 4.7k VCC)
	VCC	3.3V
	GND	GND
pH-4502C	AOUT	GPIO34
	VCC	3.3V
	GND	GND
Turbidity	AOUT	GPIO35
	VCC	5V
	GND	GND
LCD 20x4	SDA	GPIO21
	SCL	GPIO22
	VCC	5V
	GND	GND
LED hijau	Anoda	GPIO12 (resistor 220 ohm)
	Katoda	GND
LED merah	Anoda	GPIO13 (resistor 220 ohm)
	Katoda	GND
Buzzer	Positif	GPIO14
	Negatif	GND

3. Penerapan logika fuzzy Mamdani



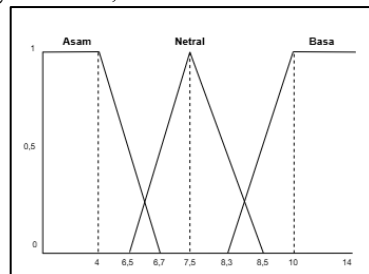
Gambar 4. Tahap-tahap fuzzy Mamdani

Logika fuzzy Mamdani diterapkan untuk membantu sistem dalam proses pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan semua nilai *input* yang diberikan [20]. Menurut [21] rentang ideal kualitas air budidaya ikan nila meliputi suhu berkisar 25-32°C, pH 6,5-8,5 dan kekeruhan air tidak melebihi 50 NTU. Rentang ini akan dijadikan acuan pada proses logika fuzzy Mamdani.

a) Fuzzifikasi

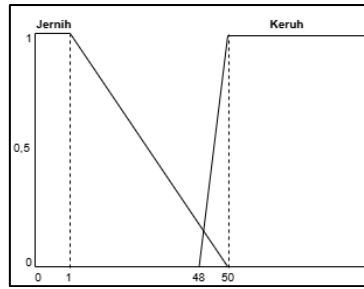
Fuzzifikasi merupakan tahap pertama dalam Mamdani. Tahap ini mengubah nilai yang diperoleh sensor pH dan sensor tingkat kekeruhan air menjadi bentuk himpunan linguistik yang menggambarkan kondisi tertentu.

- pH
pH dibagi menjadi 3 kondisi yaitu asam, netral dan basa.



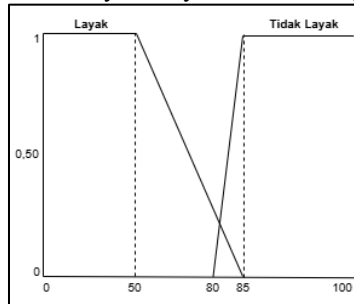
Gambar 5. Fungsi keanggotaan pH

- Tingkat kekeruhan
Tingkat kekeruhan dibagi menjadi 2 kondisi yaitu jernih dan keruh.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan tingkat kekeruhan

- *Output* kelayakan air
Kelayakan air dibagi menjadi 2 kondisi yaitu layak dan tidak layak



Gambar 7. Fungsi keanggotaan kelayakan air

b) Aplikasi fungsi implikasi

Aplikasi fungsi implikasi merupakan tahap kedua dalam Mamdani. Tahap ini adalah tahap pembentukan aturan-aturan fuzzy. Aturan-aturan yang dibuat mencerminkan logika atau pengetahuan mengenai bagaimana kombinasi kondisi variabel *input* mempengaruhi kelayakan air kolam. Aturan-aturan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pembentukan aturan-aturan fuzzy

Rule	pH	Tingkat Kekekruhan	Output Kelayakan Air
[R1]	Asam	Jernih	Tidak layak
[R2]	Netral	Jernih	Layak
[R3]	Basa	Jernih	Tidak layak
[R4]	Asam	Keruh	Tidak layak
[R5]	Netral	Keruh	Tidak layak
[R6]	Basa	Keruh	Tidak layak

c) Komposisi aturan

Komposisi aturan merupakan tahap ke tiga dalam Mamdani. Pada tahap ini, semua aturan yang terpenuhi akan menghasilkan *output* fuzzy. *Output* tersebut akan digabungkan menjadi satu himpunan fuzzy sebagai gambaran akhir.

d) Defuzzifikasi

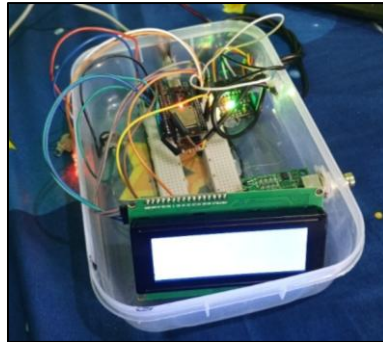
Defuzzifikasi merupakan tahap terakhir dalam Mamdani. Pada tahap ini output fuzzy akan diubah menjadi nilai tegas (*crisp*) menggunakan metode centroid. Nilai yang dihasilkan akan digunakan untuk menentukan kelayakan air kolam.

$$Z = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (1)$$

Tahap Pembangunan Prototype

Pembangunan prototype dilakukan untuk merancang sistem dalam bentuk nyata yang nantinya akan diuji coba dan diterapkan. Terdapat dua tahap dalam pembangunan prototype yaitu perakitan alat dan pengkode sistem.

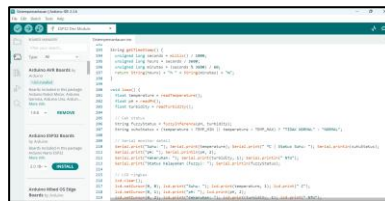
1. Perakitan alat



Gambar 8. Perakitan alat

Peneliti melakukan perakitan alat berdasarkan acuan skematik sistem yang sudah dirancang pada tahap perancangan awal.

2. Pengkodean sistem



Gambar 9. Pengkodean sistem

Peneliti menggunakan *software* Arduino IDE v2.3.6 dan bahasa pemrograman C++ untuk pengkodean sistem pemantauan kualitas air.

Tahap Penerapan dan Umpan Balik

Sistem akan diuji secara fungsional untuk mengevaluasi kinerja kerja sistem seperti pembacaan sensor, ketepatan pengambilan keputusan oleh logika fuzzy Mamdani serta kecepatan pengiriman notifikasi ke pengguna melalui Telegram.

Hasil Dan Pembahasan

Pengujian Sistem



Gambar 10. Pengujian sistem

Pengujian sistem dibagi menjadi tiga bagian yaitu uji pembacaan sensor, uji logika fuzzy Mamdani, dan uji kecepatan pengiriman notifikasi Telegram ke pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dan logika Mamdani bekerja sesuai yang diharapkan.

a. Uji 1 (Pembacaan sensor)

Pengujian ini dilakukan dengan membuat beberapa kondisi air ketiga parameter, kemudian hasil pembacaan akan dilihat keakuratannya melalui LCD dan dievaluasi.



Gambar 11. Uji sensor suhu dengan kondisi air panas dan dingin



Gambar 12. Uji pembacaan parameter pH digital dan sensor pH menggunakan buffer



Gambar 13. Uji sensor turbidity dengan kondisi air jernih dan keruh

b. Uji 2 (Logika Mamdani)

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sistem memproses data sensor sesuai aturan fuzzy dan menghasilkan *output*. Pada gambar 14, pembacaan sensor seharusnya pH netral dan tingkat kekeruhan dalam kondisi keruh.



Gambar 14. Uji logika Mamdani

c. Uji 3 (Kecepatan pengiriman notifikasi)

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur waktu dari deteksi kondisi air tidak ideal hingga notifikasi Telegram terkirim ke pengguna.

Hasil pengujian

a. Hasil uji 1



Gambar 15. Pengujian suhu kondisi dingin



Gambar 16. Pengujian suhu kondisi panas



Gambar 17. Pengujian pH kondisi asam



Gambar 18. Pengujian pH kondisi netral

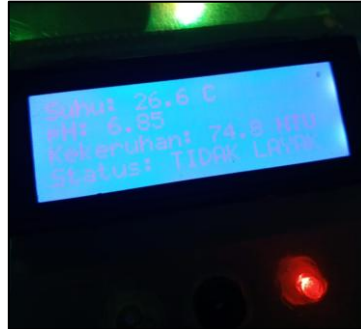


Gambar 19. Pengujian TK kondisi jernih



Gambar 20. Pengujian TK kondisi keruh

b. Hasil uji 2



Gambar 21. Pengujian logika Mamdani

c. Hasil uji 3



Gambar 22. Pengujian kecepatan notifikasi

Hasil pengujian 1,2, dan 3 menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja sesuai fungsi, seperti kemampuan sensor membaca parameter suhu, pH dan tingkat kekeruhan air secara akurat, pengambilan keputusan logika fuzzy Mamdani untuk menentukan kelayakan air, hingga waktu pengiriman notifikasi Telegram ke pengguna yang berlangsung cepat dan responsif saat kondisi air terdeteksi tidak ideal.

Simpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas air kolam berbasis IoT dengan penerapan logika fuzzy Mamdani. Sistem mampu membaca kondisi suhu, pH dan tingkat kekeruhan air kolam secara *real-time*, memproses data untuk pengambilan keputusan menggunakan logika fuzzy Mamdani, serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram secara cepat dan responsive. Dengan penerapan sistem ini, diharapkan kegiatan budidaya ikan nila menjadi lebih modern, efisien, produktif dan minim kerugian.

Daftar Pustaka

- [1] I. Kusumanti, A. P. Firdausi, D. E. Ramadhani, And C. E. Indriastuti, "Sosialisasi Potensi Bisnis Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Di Desa Nagrak, Kabupaten Cisaat, Sukabumi," *Agrokreatif J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy.*, Vol. 9, No. 2, Pp. 154–163, 2023, Doi: 10.29244/Agrokreatif.9.2.154-163.
- [2] N. P. A. Krisnati Dewi, I. W. Arthana, And G. R. A. Kartika, "Pola Kematian Ikan Nila Pada Proses Pendederan Dengan Sistem Resirkulasi Tertutup Di Sebatu, Bali," *J. Perikan. Unram*, Vol. 12, No. 3, Pp. 323–332, 2022, Doi: 10.29303/Jp.V12i3.323.
- [3] Kkp, "Produksi Perikanan." Accessed: Apr. 16, 2025. [Online]. Available: <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/prod-ikan/summary>
- [4] Bps, "Rata-Rata Konsumsi Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Ikan Per Kabupaten/Kota (Satuan Komoditas), 2024." Accessed: Apr. 16, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/mja5nimy/rata-rata-konsumsi-perkapita-secepat-menurut-komunikasi-ikan-per-kabupaten-kota.html>
- [5] P. Suharsono Sulaiman, P. Fitri Rachmawati, R. Puspasari, And N. N. Wiadnyana, "The Efforts On Prevention And Countermeasures Of Fish Mass Mortality In Lakes And Reservoirs," *J. Kebijak. Perikan. Indones.*, Vol. 12, No. 2, Pp. 59–73, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.15578/jkpi.12.1.2020.59-73>tersediaonlinedi: <http://ejournal->

- Balitbang.Kkp.Go.Id/Index.Php/Jkpi
- [6] Z. N. A. Nissa And S. Suadi, "Indeks Kerentanan Penghidupan Pembudidaya Ikan Nila Keramba Jaring Apung Di Waduk Gajah Mungkur, Kabupaten Wonogiri," *J. Sos. Ekon. Kelaut. Dan Perikan.*, Vol. 17, No. 1, P. 35, 2022, Doi: 10.15578/Jsekp.V17i1.10024.
 - [7] N. Fitriana, A. A. Darmawan, And M. F. Rahmawati, "Internet Of Things Untuk Monitoring Kondisi Air Budidaya Ikan Kelompok ' Tutut Jaya ' K Ota Malang," Vol. 6, No. 2, 2024.
 - [8] A. Heirina *Et AL.*, "Harvest Failure Prevention Strategies In Tilapia Cultivation (*Oreochromis Niloticus*) Case Study Of Tugumulyo District, Musi Rawas District," *J. Perikan. Unram*, Vol. 12, No. 4, Pp. 555–564, 2022.
 - [9] A. N. Tompunu* *Et AL.*, "The Implementation Of Iot To Monitor Water Quality In Snakehead (*Channa Striata*) Bio Floc In Desa Marta Jaya, Kabupaten Ogan Komering Ulu," *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 391–397, 2024, Doi: 10.31849/Dinamisia.V8i2.16930.
 - [10] D. G. Anggagana, Charis Fathul Hadi, And Ratna Mustika Yasi, "Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Koi Dan Kontrol Berbasis Iot," *J. Zetroem*, Vol. 7, No. 1, Pp. 32–38, 2025, Doi: 10.36526/Ztr.V7i1.5003.
 - [11] Achmad Isya Alfassa, Ayla Zhafira, Rahma Yulia Sifa, Ervina Kartika Sari, Novisca Indriani, And Nurul Hidayah, "Literature Review: Pemanfaatan Internet Of Things (Iot) Di Sektor Pertanian, Peternakan, Dan Perikanan," *J. Perangkat Lunak*, Vol. 7, No. 2, Pp. 198–209, 2025, Doi: 10.32520/Jupel.V7i2.4237.
 - [12] J. Robiyanti, W. Kasor, K. Wanti, And P. Widiarini, "Implementasi Teknologi Aquatech Iot Harmony Control Dalam Pengelolaan Ph Air Kolam Lele," Vol. 9, No. November, Pp. 809–816, 2024.
 - [13] M. R. Nur *Et AL.*, "Sistem Pakan Tertakar Otomatis Untuk Budidaya Ikan Nila Merah Berbasis Iot," *J. Internet Softw. Eng.*, Vol. 1, No. 4, P. 9, 2024, Doi: 10.47134/Pjise.V1i4.2779.
 - [14] D. A. Susilo, J. Maulindar, And M. E. Yuliana, "Perancangan Alat Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis Internet Of Things," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 4703–4711, 2023, [Online]. Available: <https://J-Innovative.Org/Index.Php/Innovative/Article/View/628>
 - [15] A. Bachri, M. I. K. Adzim, I. Javanas, And ..., "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, Ph Dan Kejernihan Air Pada Kolam Ikan Air Tawar Berbasis Internet Of Things (Iot)," ... *Tek. Elektro Dan ...*, 2022, [Online]. Available: <https://Journal.Trunojoyo.Ac.Id/Triac/Article/View/15167%0ahttps://Journal.Trunojoyo.Ac.Id/Triac/Article/Download/15167/7168>
 - [16] 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.
 - [17] R. Alfia, A. Widodo, N. Kholis, And Nurhayati, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Sistem Akuaponik Berbasis Iot," *J. Tek. Elektro*, Vol. 10, No. 3, Pp. 707–714, 2021.
 - [18] B. Sudradjat, "Penerapan Metode Prototype Sistem Informasi Peminjaman Ruang Meeting," *Remik*, Vol. 5, No. 2, Pp. 11–15, 2021, Doi: 10.33395/Remik.V5i2.10873.
 - [19] R. Pramudita And K. Setyawan, "Sistem Smart Class Berbasis Internet Of Things Dengan Menggunakan Metode Prototype," *Smartics J.*, Vol. 8, No. 1, Pp. 28–34, 2022.
 - [20] I. Karima And A. Rahman, "Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Rekomendasi Jumlah Produksi," Vol. 1, No. 1, Pp. 24–34, 2024.
 - [21] Bsn, "Produksi Ikan Nila Kelas Pembesaran Di Kolam Air Tenang," [Online]. Available: <https://Akses-Sni.Bsn.Go.Id/Viewsni/Baca/4016>