

SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN NILA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*: TINJAUAN LITERATUR SISTEMATIS (*SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*)

Arnold Pakpahan¹, Regina Sirait², Elferida Hutajulu³, Yunni Rianawati⁴

^{1,4}Akademi Teknik Deli Serdang, ^{2,3} Politeknik Negeri Medan

Email: reginasirait@polmed.ac.id

ABSTRAK

Kualitas air merupakan faktor penentu keberhasilan budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*), khususnya parameter suhu, derajat keasaman (pH), dan kekeruhan air. Pemantauan parameter tersebut secara manual oleh pembudidaya cenderung kurang efisien dan rawan keterlambatan penanganan ketika terjadi penurunan kualitas air secara mendadak. Penelitian ini bertujuan mengkaji secara sistematis perkembangan sistem monitoring kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) pada budidaya ikan air tawar, mengidentifikasi kesenjangan (gap) dari studi-studi terdahulu, serta mengusulkan konsep rancangan sistem yang lebih sederhana dari sisi perangkat keras namun lebih lengkap dari sisi parameter yang dipantau. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan pendekatan PRISMA, melalui tahap identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan penetapan studi yang relevan dari basis data jurnal nasional. Hasil kajian terhadap sepuluh studi terpilih menunjukkan bahwa sebagian besar sistem yang ada masih menggunakan dua perangkat mikrokontroler terpisah (Arduino dan modul Wi-Fi tambahan), hanya memantau satu hingga dua parameter sekaligus, serta memanfaatkan aplikasi Android yang dibangun khusus sehingga menambah kompleksitas pengembangan. Kajian juga menemukan bahwa meskipun beberapa studi telah menasar ikan nila secara khusus, belum ada studi yang memantau ketiga parameter (pH, suhu, dan kekeruhan) secara bersamaan untuk objek ikan nila menggunakan satu modul dan aplikasi siap pakai. Berdasarkan temuan tersebut, diusulkan konsep sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan nila yang menggunakan satu modul NodeMCU ESP8266 untuk membaca tiga parameter sekaligus (pH, suhu, dan kekeruhan) serta menampilkan hasilnya melalui aplikasi Blynk yang sudah tersedia, sehingga proses pemantauan menjadi lebih ringkas, hemat biaya pengembangan, dan tetap informatif bagi pembudidaya.

Kata Kunci: Internet Of Things, Kualitas Air Laut, Ikan Nila, *Nodemcu*, *Systematic Literature Review*

1. PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas budidaya air tawar yang banyak dikembangkan di Indonesia karena pertumbuhannya relatif cepat dan permintaan pasarnya stabil. Keberhasilan budidaya ikan nila sangat dipengaruhi oleh kondisi kualitas air kolam, terutama suhu, derajat keasaman (pH), dan tingkat kekeruhan air [1]. Suhu air yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menurunkan metabolisme dan daya tahan ikan terhadap penyakit, sementara kekeruhan yang tinggi dapat mengganggu sistem pernapasan dan kemampuan ikan untuk mencari makan.

Pemeriksaan parameter kualitas air secara konvensional umumnya masih dilakukan secara manual menggunakan termometer, pH meter genggam, atau kertas indikator, sehingga pembudidaya harus hadir secara langsung di lokasi kolam untuk memperoleh data terbaru. Pendekatan ini menyulitkan pembudidaya yang memiliki banyak kolam atau yang tidak dapat memantau kolam setiap saat. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk memantau parameter kualitas air kolam secara jarak jauh melalui jaringan internet, sehingga data dapat diakses kapan pun melalui perangkat bergerak.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis mikrokontroler untuk budidaya ikan, baik pada ikan lele maupun ikan nila. Sebagian sistem masih menggunakan dua perangkat keras terpisah, yaitu mikrokontroler utama (misalnya Arduino Uno) [2] dan modul tambahan untuk koneksi internet (misalnya ESP8266), serta umumnya hanya memantau satu atau dua parameter sekaligus, misalnya pH dengan kekeruhan, atau suhu dengan pH saja, tanpa menggabungkan ketiganya secara bersamaan. Penggunaan dua perangkat keras tersebut menambah jumlah komponen, kompleksitas pengawatan, dan biaya pengembangan. Selain itu, sebagian sistem masih bergantung pada aplikasi Android yang dibangun khusus, yang memerlukan waktu pengembangan tambahan dibandingkan memanfaatkan aplikasi siap pakai yang sudah tersedia di pasaran.

Berdasarkan permasalahan tersebut, artikel ini menyusun sebuah tinjauan literatur sistematis (Systematic Literature Review/SLR) terhadap studi-studi sejenis untuk memetakan arsitektur perangkat keras, parameter yang dipantau, dan platform yang digunakan, sekaligus mengidentifikasi kesenjangan penelitian. Hasil pemetaan tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengusulkan konsep rancangan sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan nila yang lebih sederhana dari sisi jumlah perangkat keras namun lebih lengkap dari sisi parameter yang dipantau, yaitu mencakup pH, suhu, dan kekeruhan secara bersamaan menggunakan satu modul NodeMCU ESP8266.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) yang mengacu pada pedoman [3] serta kerangka pelaporan Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) yang dikembangkan oleh [4]. SLR dipilih karena penelitian ini tidak melibatkan pengambilan data lapangan baru, melainkan menelaah, membandingkan, dan menyintesis temuan dari penelitian-penelitian terdahulu yang sejenis untuk menjawab pertanyaan penelitian secara sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan.

Pertanyaan penelitian (*research question*) yang diajukan adalah: (1) bagaimana arsitektur perangkat keras yang umum digunakan pada sistem monitoring kualitas air budidaya ikan berbasis IoT; (2) parameter kualitas air apa yang paling sering dipantau; dan (3) platform apa yang digunakan untuk menampilkan data kepada pembudidaya. Proses seleksi studi dilakukan melalui empat tahap PRISMA sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses Studi tahapan PRISMA

Tahap PRISMA	Aktivitas	Hasil
Identifikasi	Pencarian artikel pada Google Scholar, Garuda, dan portal jurnal nasional menggunakan kata kunci “sistem monitoring kualitas air ikan IoT”, “pH suhu kekeruhan Arduino NodeMCU”, “monitoring kualitas air ikan nila IoT”, dan “IoT budidaya ikan air tawar”	47 artikel awal teridentifikasi
Penyaringan (Screening)	Penyaringan judul dan abstrak; artikel yang tidak membahas mikrokontroler atau kualitas air budidaya ikan dikeluarkan	26 artikel lolos penyaringan
Penilaian Kelayakan (Eligibility)	Pemeriksaan teks penuh/abstrak rinci; artikel tanpa keterangan parameter, mikrokontroler, atau platform pemantauan yang jelas dikeluarkan	14 artikel memenuhi syarat
Studi Terpilih (Included)	Artikel akhir yang relevan langsung dengan IoT untuk monitoring kualitas air budidaya ikan air tawar dan dapat ditelusuri sumbernya	10 studi dianalisis pada Tabel 1

Kriteria inklusi yang digunakan adalah: (a) artikel membahas sistem monitoring atau kontrol kualitas air pada budidaya ikan air tawar; (b) artikel menyebutkan jenis mikrokontroler dan/atau platform pemantauan yang digunakan; (c) artikel diterbitkan pada rentang tahun 2014-2024; dan (d) teks lengkap dapat ditelusuri. Kriteria eksklusi meliputi artikel yang hanya membahas teori kualitas air tanpa implementasi alat, serta artikel yang tidak dapat diakses teks lengkapnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Studi Terpilih

Tabel 2 menyajikan ringkasan sepuluh studi yang memenuhi kriteria inklusi, meliputi objek budidaya, parameter yang dipantau, jenis mikrokontroler, platform pemantauan, dan temuan kunci dari masing-masing studi. Studi-studi tersebut mencakup objek ikan lele, ikan nila, akuaponik, dan budidaya ikan air tawar secara umum, sehingga memberikan gambaran yang cukup representatif mengenai perkembangan teknologi IoT pada sektor ini.

Tabel 2. Studi Terdahulu

No	Penulis (Tahun)	Objek Budidaya	Parameter Dipantau	Mikrokontroler	Platform Pemantauan	Temuan Kunci
1	Skripsi acuan: Pemantauan pH dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele (Arduino Uno)	Ikan lele	pH, suhu	Arduino Uno + modul Wi-Fi ESP8266 (2 perangkat)	Aplikasi Android khusus (Basic4Android)	Akurasi suhu sekitar 97,6%; akurasi pH sekitar 94,9%; memerlukan dua perangkat keras terpisah
2	Al Qalit, Fardian, & Rahman (2017)	Lele Sangkuriang	pH, suhu, + pakan otomatis	Arduino Uno R3 + Ethernet shield	IoT Cloud	Berhasil mengotomasi pemberian pakan, namun koneksi internet masih berbasis kabel (Ethernet), bukan Wi-Fi
3	Indartono, Kusuma, & Putra (2020)	Ikan air tawar (umum)	Kualitas air (pH, suhu)	Mikrokontroler berbasis IoT	Aplikasi pemantauan jarak jauh	Sistem pemantau generik untuk ikan air tawar, belum spesifik pada satu jenis ikan tertentu
4	Pulungan, Putra, Hamdani, & Hastuti (2020)	Ikan nila	Kekeruhan, pH	Sistem kendali embedded	Tidak disebutkan sebagai aplikasi mobile	Berfokus pada kendali otomatis kekeruhan dan pH, belum mencakup parameter suhu
5	Maulana, Kusnadi, & Asfi (2021)	Ikan lele	Kualitas air + pakan otomatis	NodeMCU (satu chip)	Telegram	Penggunaan metode fuzzy dan satu chip NodeMCU mengurangi kompleksitas perangkat
6	Priambodo, Andrianto, & Swasono (2022)	Akuaponik ikan nila & cabai rawit	Kualitas air (kendali fuzzy logic)	Embedded system	Tidak disebutkan sebagai aplikasi mobile	Sistem dikembangkan untuk akuaponik (gabungan ikan & tanaman), bukan kolam budidaya nila tunggal
7	Nursobah, Salmon, Lailiyah, & Sari (2022)	Ikan nila	Suhu, pH (telemetri)	Mikrokontroler berbasis IoT	Telemetri/IoT umum	Berupa prototipe telemetri dua parameter; kekeruhan air belum dipantau
8	Maryam, Musyrifah, & Mansyur (2023)	Ikan nila	Suhu (untuk kontrol pakan)	Mikrokontroler berbasis IoT	Aplikasi pemantauan IoT	Studi nila ini hanya memanfaatkan satu parameter (suhu) sebagai pemicu jadwal pemberian

						pakan
9	Pane & Andriyani (2024)	Ikan air tawar (umum)	pH, kekeruhan	Mikrokontroler IoT (metode waterfall)	Aplikasi berbasis web/Android	Korelasi pH dan kekeruhan ditemukan sangat lemah ($r = 0,203$); error sensor pH 1,44%–3,78%
10	Nurhidayah, Ulfah, & Jamal (2024)	Ikan lele	pH, suhu, kekeruhan, level pakan	NodeMCU ESP32 (satu chip)	Blynk	Error sensor suhu 0,455% (akurasi 99,54%) dan pH 0,068% (akurasi 99,93%); tiga parameter dipantau sekaligus, tetapi pada objek lele

Studi acuan utama dalam kajian ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama yang dipasangkan dengan modul ESP8266 sebagai penghubung ke internet, serta aplikasi Android yang dibangun khusus menggunakan Basic4Android untuk menampilkan hasil pengukuran pH dan suhu. Pola serupa juga ditemukan pada penelitian [5] yang menggunakan Arduino Uno R3 dengan Ethernet shield, meskipun koneksinya masih berbasis kabel sehingga kurang fleksibel untuk penempatan kolam di lokasi yang jauh dari jaringan kabel. Sebaliknya, beberapa studi yang lebih baru seperti [6] serta [7] telah beralih ke satu modul NodeMCU yang memiliki kemampuan Wi-Fi terintegrasi.

b. Parameter Kualitas Air yang Dipantau

Sebagian besar studi yang ditelaah baru memantau satu hingga dua parameter sekaligus, sementara kombinasi tiga parameter (pH, suhu, dan kekeruhan) secara bersamaan masih jarang ditemukan. [8] misalnya, mengembangkan sistem kendali kekeruhan dan pH air kolam ikan nila, namun belum melibatkan parameter suhu. Sebaliknya, [9] membangun prototipe telemetri yang memantau suhu dan pH air kolam ikan nila berbasis IoT, namun belum mencakup parameter kekeruhan. Studi [7] merupakan satu di antara sedikit studi yang memantau tiga parameter sekaligus (pH, suhu, dan kekeruhan) menggunakan satu modul NodeMCU ESP32, dengan tingkat akurasi sensor suhu dan pH yang dilaporkan berada di atas 99%, namun studi ini diterapkan pada budidaya ikan lele, bukan ikan nila. Sementara itu, [10] yang memantau pH dan kekeruhan pada ikan air tawar secara umum menemukan bahwa korelasi antara kedua parameter tersebut tergolong sangat lemah, yang menunjukkan bahwa pH dan kekeruhan perlu dipantau secara independen dan tidak dapat saling mewakili satu sama lain.

Pada konteks ikan nila secara khusus, ditemukan beberapa pendekatan yang saling melengkapi namun belum digabungkan dalam satu sistem. Penelitian [11] menerapkan IoT pada budidaya ikan nila dengan hanya memanfaatkan satu parameter, yaitu suhu, sebagai pemicu jadwal pemberian pakan otomatis. Penelitian [12] mengembangkan kendali kualitas air berbasis fuzzy logic untuk sistem akuaponik gabungan ikan nila dan cabai rawit, sehingga fokusnya bukan pada kolam budidaya ikan nila tunggal. Dengan demikian, walaupun penelitian IoT pada ikan nila sudah cukup beragam, belum ditemukan studi yang secara spesifik memantau pH, suhu, dan kekeruhan secara bersamaan pada satu kolam budidaya ikan nila menggunakan satu modul mikrokontroler

dan aplikasi pemantauan siap pakai. Inilah kesenjangan utama yang menjadi dasar usulan konsep pada bagian 3.5.

c. Arsitektur Perangkat Keras

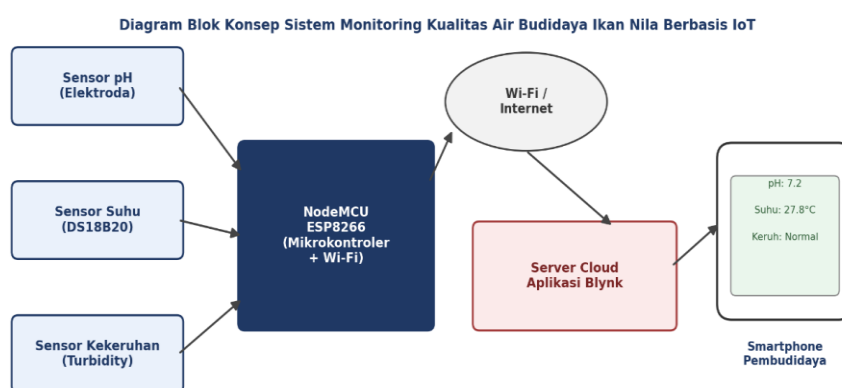
Temuan penting dari kajian ini adalah masih banyaknya sistem yang menggunakan dua perangkat keras terpisah, yaitu mikrokontroler utama (umumnya Arduino Uno) dan modul tambahan untuk koneksi internet (umumnya ESP8266), seperti pada studi acuan dan studi [5]. Pendekatan ini menambah jumlah kabel, titik sambungan, dan kebutuhan regulator tegangan, sehingga meningkatkan risiko kegagalan perangkat keras. Sebaliknya, studi [6] serta [7] menunjukkan bahwa penggunaan satu modul NodeMCU, yang sudah memiliki kemampuan Wi-Fi terintegrasi, dapat menggantikan fungsi dua perangkat tersebut tanpa mengurangi akurasi pembacaan sensor.

d. Platform Pemantauan

Dari sisi platform yang digunakan untuk menampilkan data kepada pembudidaya, studi acuan dan beberapa studi lain membangun aplikasi Android khusus, yang memerlukan proses pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan aplikasi tersendiri. Studi-studi yang lebih baru cenderung memanfaatkan platform siap pakai seperti Blynk [7] atau Telegram [6], yang memungkinkan tampilan data dan notifikasi ambang batas tanpa perlu membangun aplikasi dari awal. Pendekatan ini lebih efisien dari sisi waktu pengembangan, khususnya untuk penelitian skala kecil atau prototipe.

e. Usulan Konsep Rancangan Sistem

Berdasarkan sintesis temuan pada bagian 3.1–3.4, teridentifikasi tiga kesenjangan utama, yaitu: (1) penggunaan dua perangkat mikrokontroler yang dapat disederhanakan menjadi satu modul; (2) parameter kekeruhan yang masih jarang dipantau bersamaan dengan pH dan suhu, khususnya pada budidaya ikan nila; dan (3) ketergantungan pada aplikasi Android khusus yang menambah beban pengembangan. Gambar 1 menunjukkan diagram blok konsep rancangan sistem yang diusulkan, sedangkan Tabel 3 merangkum fungsi masing-masing komponennya.



Gambar 1. Diagram Blok Konsep Sistem Monitoring Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Berbasis IoT

Sensor pH, sensor suhu, dan sensor kekeruhan terhubung langsung ke pin analog/digital pada satu modul NodeMCU ESP8266, yang sekaligus berfungsi sebagai mikrokontroler dan modul Wi-Fi sehingga tidak diperlukan modul ESP8266 tambahan seperti pada sistem berbasis Arduino Uno. Data dari ketiga sensor dikirimkan melalui

jaringan Wi-Fi ke server cloud Aplikasi Blynk, kemudian ditampilkan secara real-time pada aplikasi Blynk di smartphone pembudidaya. Tabel 3 merangkum fungsi masing-masing komponen pada konsep rancangan ini.

Tabel 3. Komponen yang digunakan

Komponen	Fungsi dalam Konsep yang Diusulkan
NodeMCU ESP8266 (satu chip)	Berperan sekaligus sebagai mikrokontroler dan modul Wi-Fi sehingga tidak diperlukan modul ESP8266 tambahan seperti pada sistem berbasis Arduino Uno
Sensor pH (elektroda)	Membaca derajat keasaman air kolam dan mengirim nilai tegangan ke pin analog NodeMCU
Sensor suhu (DS18B20 tahan air)	Membaca suhu air kolam secara langsung di dalam air, menghindari kelemahan sensor suhu ruangan seperti LM35 yang disebutkan sebagai keterbatasan pada penelitian sebelumnya
Sensor kekeruhan (turbidity)	Membaca tingkat kekeruhan air sebagai parameter tambahan yang jarang dipantau bersamaan dengan pH dan suhu pada studi-studi terdahulu
Aplikasi Blynk	Menampilkan ketiga nilai parameter secara real-time di ponsel pembudidaya tanpa perlu membangun aplikasi Android khusus
Notifikasi ambang batas	Mengirim peringatan otomatis melalui aplikasi ketika nilai pH, suhu, atau kekeruhan berada di luar kisaran ideal budidaya ikan nila

Secara garis besar, konsep yang diusulkan bekerja dengan urutan sebagai berikut: sensor pH, sensor suhu, dan sensor kekeruhan membaca kondisi air kolam secara berkala; NodeMCU ESP8266 mengonversi sinyal analog dari ketiga sensor menjadi data digital; apabila modul berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi, data dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui internet; dan apabila salah satu nilai berada di luar kisaran ideal budidaya ikan nila, aplikasi mengirimkan notifikasi kepada pembudidaya sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan. Dibandingkan dengan studi acuan yang menggunakan dua perangkat keras dan aplikasi khusus untuk memantau dua parameter, konsep ini menyederhanakan sisi perangkat keras menjadi satu modul sekaligus menambah satu parameter pemantauan tambahan, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi kolam yang lebih lengkap dengan kompleksitas pengembangan yang lebih rendah.

4. KESIMPULAN

Kajian literatur sistematis terhadap sepuluh studi sistem monitoring kualitas air berbasis IoT pada budidaya ikan air tawar menunjukkan bahwa sebagian besar sistem masih menggunakan dua perangkat keras terpisah (mikrokontroler utama dan modul Wi-Fi tambahan), hanya memantau satu hingga dua parameter sekaligus, serta sebagian masih memanfaatkan aplikasi Android yang dibangun khusus. Penelitian yang secara spesifik membahas ikan nila cukup beragam, mulai dari kendali kekeruhan dan pH [8], telemetri suhu dan pH [9], hingga otomatisasi pakan berbasis suhu [11], namun belum ditemukan studi yang memantau pH, suhu, dan kekeruhan secara bersamaan pada satu kolam ikan nila menggunakan satu modul mikrokontroler dan aplikasi pemantauan siap pakai.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, diusulkan konsep rancangan sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan nila yang menggunakan satu modul NodeMCU ESP8266 untuk memantau tiga parameter sekaligus (pH, suhu, dan kekeruhan) dan menampilkan hasilnya melalui aplikasi Blynk yang sudah tersedia. Konsep ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian lanjutan yang ingin mengimplementasikan dan menguji rancangan tersebut secara langsung di lapangan, mengingat artikel ini masih bersifat tinjauan literatur dan belum melibatkan pengujian alat maupun pengambilan data lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Indartono, B. A. Kusuma, and A. P. Putra, "Perancangan Sistem Pemantau Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar," *Journal of Information System Management*, vol. 1(2), pp. 11–17, 2020.
- [2] S. Handayani, *Mudah Belajar Mikrokontroller dengan Arduino*. Jakarta: Widya Media, 2014.
- [3] B. Kitchenham and S. Charters, *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering (EBSE Technical Report EBSE-2007-01)*. Keele University and University of Durham, 2007.
- [4] A. Liberati *et al.*, "The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies that Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration.," *PLoS Med.*, vol. 6(7), 2009.
- [5] F. Al Qalit and A. Rahman, "Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Kadar pH dan Kontrol Suhu Serta Pemberian Pakan Otomatis pada Budidaya Ikan Lele Sangkuriang Berbasis IoT.," *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro (KITEKTRO)*, vol. 2(3), no. 8015, 2017.
- [6] R. Maulana, K. Kusnadi, and M. Asfi, "Sistem Monitoring dan Controlling Kualitas Air Serta Pemberian Pakan pada Budidaya Ikan Lele Menggunakan Metode Fuzzy, NodeMCU dan Telegram.," *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, vol. 2(9), pp. 3759–3766, 2021.
- [7] T. Nurhidayah, M. Ulfah, and N. Jamal, "Sistem Monitoring Kualitas Air dan Pakan Otomatis Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things," *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, vol. 9, no. 2, pp. 91–98, 2024.
- [8] A. B. Pulungan, A. M. Putra, H. Hamdani, and H. Hastuti, "Sistem Kendali Kekeruhan dan pH Air Kolam Budidaya Ikan Nila," *Elkha: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 2, p. 99, 2020.
- [9] N. Nursobah, S. Salmon, S. Lailiyah, and S. W. Sari, "Prototype Sistem Telemetry 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.
- [10] U. F. S. S. Pane and I. A. Andriyani, "Sistem Pendeteksi Kualitas Air pada Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. 7, no. 1, pp. 84–94, 2024.
- [11] M. Maryam, M. Musyriyah, and M. F. Mansyur, "Pemberian Pakan Ikan Nila Otomatis dan Mengecek Suhu Air Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11(3s1), 2023.
- [12] S. Priambodo, A. Andrianto, and D. I. Swasono, "Sistem Kontrol Kualitas Air pada Akuaponik Ikan Nila dan Cabai Rawit Berbasis Embedded System Menggunakan Fuzzy Logic," *INFORMAL: Informatics Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 230–237, 2022.