

Rancang bangun sistem monitoring kualitas air pada tambak ikan nila berbasis iot menggunakan nodemcu v3 dengan sensor tds dan ds18b20

Agiel Ananda Bagus Sajiwo¹, Martiano²

^{1,2}Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia
Email: agielananda79@gmail.com; martiano@umsu.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar dalam bidang budidaya perikanan, khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring kualitas air pada tambak ikan nila berbasis IoT menggunakan NodeMCU V3 yang dilengkapi sensor TDS untuk mengukur tingkat *Total Dissolved Solids* (TDS) serta sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi air secara *real-time* dan mengirimkan data ke platform IoT melalui koneksi Wi-Fi. Data yang diperoleh dapat diakses secara jarak jauh oleh pengguna melalui perangkat berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan data sensor secara akurat dan stabil, serta menyediakan informasi yang membantu pembudidaya dalam menjaga kualitas air tambak ikan nila agar tetap optimal. Dengan adanya sistem ini, diharapkan produktivitas budidaya dapat meningkat sekaligus meminimalkan risiko kerugian akibat kondisi kualitas air yang tidak terpantau.

Kata Kunci: Internet of Things; Monitoring Kualitas Air; TDS; DS18B20; NodeMCU

ABSTRACT

The development of Internet of Things (IoT) technology has opened up significant opportunities in the field of aquaculture, particularly in improving the efficiency and effectiveness of water quality management. This study aims to design and build an IoT-based water quality monitoring system for tilapia fish ponds using NodeMCU V3 equipped with a TDS sensor to measure Total Dissolved Solids (TDS) levels and a DS18B20 sensor to measure water temperature. This system is designed to monitor water conditions in real-time and transmit data to an IoT platform via a Wi-Fi connection. The data obtained can be accessed remotely by users through a web-based device. Test results show that the system is capable of accurately and stably reading sensor data, and providing information that helps farmers maintain optimal water quality in tilapia ponds. With this system, it is expected that cultivation productivity can increase while minimizing the risk of losses due to unmonitored water quality conditions.

Keyword: Internet of Things; Water Quality Monitoring; TDS; DS18B20; NodeMCU

Corresponding Author:

Agiel Ananda Bagus Sajiwo,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota
Medan, Sumatera Utara 20238, Indonesia
Email: agielananda79@gmail.com



1. PENDAHULUAN

Industri budidaya ikan nila di Indonesia terus berkembang pesat seiring dengan tingginya permintaan pasar. Produksi ikan nila pada tahun 2018 tercatat mencapai 1,12 juta ton dengan tingkat pertumbuhan sekitar 8–10% setiap tahunnya. Meskipun demikian, salah satu tantangan utama dalam budidaya ikan nila adalah pemantauan kualitas air kolam yang masih mengandalkan metode manual. Metode ini terbukti kurang efisien dan rentan terhadap kesalahan pengukuran, yang dapat berdampak negatif pada kesehatan ikan serta hasil panen.

Ketergantungan pada metode manual menjadi hambatan dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan kualitas air. Kesalahan pengukuran dapat menyebabkan pengambilan keputusan yang tidak tepat, sehingga berdampak pada kondisi lingkungan kolam. Hal tersebut berpotensi menurunkan tingkat kelangsungan hidup ikan, meningkatkan risiko stres, bahkan menyebabkan kematian massal yang merugikan pembudidaya.

Budidaya ikan nila merupakan salah satu sektor perikanan yang memiliki potensi besar di Indonesia, khususnya di wilayah Sumatera Utara, seperti di kawasan Danau Si Ombak. Ikan nila menjadi komoditas unggulan karena memiliki laju pertumbuhan yang cepat, toleransi tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, nilai jual yang relatif stabil, serta permintaan pasar yang terus meningkat. Namun, tantangan utama dalam budidaya ikan nila adalah menjaga kualitas air kolam atau perairan agar tetap optimal. Beberapa parameter kualitas air, seperti suhu, tingkat kekeruhan, dan total zat padat terlarut (*Total Dissolved Solids* / TDS), sangat memengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan. Ketidakstabilan kualitas air dapat menyebabkan stres pada ikan yang pada akhirnya menurunkan tingkat kelangsungan hidup dan menimbulkan kerugian signifikan bagi pembudidaya.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan pemantauan kualitas air secara *real-time* melalui integrasi sensor dengan platform digital. Salah satu perangkat yang dapat digunakan adalah NodeMCU V3 sebagai mikrokontroler yang mendukung sistem berbasis IoT. Dengan mengintegrasikan sensor suhu DS18B20 dan sensor TDS, sistem monitoring kualitas air dapat beroperasi secara efisien serta diakses melalui perangkat pintar. Sistem ini memungkinkan pembudidaya menerima notifikasi ketika kualitas air berada di luar ambang batas normal sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan.

Untuk memastikan efektivitas dan keandalan sistem, dilakukan pengambilan sampel dari lima kolam ikan nila dengan variasi kondisi suhu dan kadar TDS. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi akurasi sensor serta stabilitas sistem pada berbagai kondisi nyata di lapangan. Pendekatan tersebut diharapkan dapat meningkatkan validitas data sekaligus memberikan gambaran menyeluruh mengenai hubungan antara kualitas air dan pertumbuhan ikan nila.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring kualitas air berbasis IoT menggunakan NodeMCU V3 yang dilengkapi sensor DS18B20 dan sensor TDS. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis bagi pembudidaya ikan nila dalam menjaga kualitas air secara lebih efektif dan efisien. Selain itu, implementasi teknologi ini berpotensi meningkatkan produktivitas budidaya sekaligus mendukung proses digitalisasi sektor perikanan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa perangkat lunak dan sistem tertanam untuk merancang serta membangun sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) pada tambak ikan nila. Sistem dirancang menggunakan NodeMCU V3 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan sensor TDS untuk mengukur total padatan terlarut (*Total Dissolved Solids*) dan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara *real-time* ke platform IoT melalui koneksi Wi-Fi sehingga dapat diakses secara jarak jauh melalui perangkat berbasis web oleh pengguna.

A. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan standar kualitas air,
2. analisis kebutuhan sistem untuk menentukan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak,
3. pengambilan sampel air dari lima kolam ikan nila dengan variasi suhu dan kadar TDS.

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi akurasi pembacaan sensor serta stabilitas sistem dalam kondisi nyata di lapangan. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan alat ukur referensi dan standar kualitas air budidaya ikan nila guna memastikan keandalan sistem monitoring yang dikembangkan.

B. Bahan dan Perangkat Penelitian

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- NodeMCU V3 sebagai mikrokontroler IoT
- Sensor TDS untuk mengukur total padatan terlarut
- Sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu air
- Arduino IDE sebagai perangkat lunak pemrograman
- Platform IoT (misalnya Blynk) untuk monitoring data secara *real-time*

C. Perancangan Sistem

Sistem monitoring terdiri dari lima komponen utama yang terintegrasi:

- 1) NodeMCU V3 ESP8266
Berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang membaca data sensor, memproses data, menampilkan hasil pada layar OLED, serta mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi.
- 2) Sensor TDS dan Modul TDS Meter V1.0
Digunakan untuk mengukur konsentrasi padatan terlarut dalam air. Modul ini memberikan daya pada probe TDS, memperkuat sinyal analog, dan mengonversinya menjadi nilai TDS dalam satuan ppm.
- 3) Sensor Suhu DS18B20
Berfungsi untuk mengukur suhu air menggunakan protokol komunikasi 1-Wire dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
- 4) Layar OLED 0.96 inci
Digunakan untuk menampilkan data parameter TDS dan suhu secara visual dalam bentuk numerik secara *real-time*.
- 5) Resistor 4.7 k Ω
Digunakan sebagai resistor *pull-up* untuk menstabilkan sinyal komunikasi data pada sensor DS18B20.

D. Metode Pengujian Akurasi

Untuk memastikan keakuratan sensor TDS dan DS18B20, dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi. Pengukuran dilakukan secara berulang dengan beberapa sampel data, kemudian dihitung tingkat kesalahan dan akurasi berdasarkan selisih antara nilai sensor dan nilai referensi. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi performa sensor serta memastikan keandalan sistem dalam kondisi lapangan.

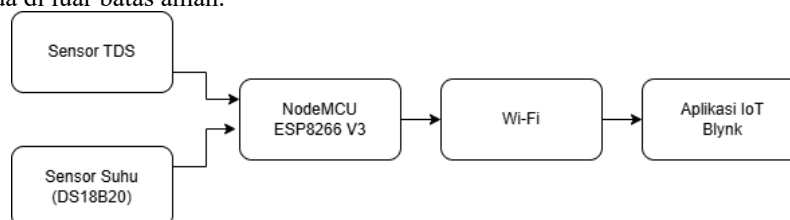
$$\text{Error Absolut} = |\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Referensi}| \quad (1)$$

$$\text{Error Relatif} = (\text{Error Absolut} / \text{Nilai Referensi}) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Error Relatif} \quad (3)$$

E. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menggambarkan alur kerja perangkat, mulai dari proses akuisisi data hingga penyajian informasi. Sensor TDS mengukur kadar zat terlarut dalam air, sedangkan sensor DS18B20 mengukur suhu air secara *real-time*. Data dari kedua sensor dikirimkan ke NodeMCU ESP8266 untuk diproses dan ditransmisikan melalui jaringan Wi-Fi ke platform IoT, seperti Blynk. Platform tersebut menampilkan data dalam bentuk angka atau grafik yang dapat diakses melalui smartphone maupun komputer. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi air tambak secara langsung dan menerima notifikasi apabila parameter kualitas air berada di luar batas aman.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Alat

Proses perancangan sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) menghasilkan sebuah perangkat yang terdiri atas komponen utama berupa mikrokontroler NodeMCU V3, sensor TDS untuk mengukur kadar total padatan terlarut dalam air, serta sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu air. Hasil perancangan mencakup dua aspek utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), yang terintegrasi untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas air secara *real-time*.

B. Hasil Pengujian Sistem Suhu (Sensor DS18B20)

Pengujian suhu air dilakukan pada lima kolam pada dua waktu berbeda, yaitu pagi dan siang hari. Secara umum, hasil pengukuran menunjukkan adanya kenaikan suhu pada siang hari di seluruh kolam. Suhu pagi berada pada rentang 26,8–29,0 $^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu siang berkisar antara 28,9–31,81 $^{\circ}\text{C}$. Kenaikan suhu ini menunjukkan pengaruh radiasi matahari terhadap kondisi air kolam.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Suhu (DS18B20)

Kolam	Waktu	Pembacaan Sensor DS18B20 ($^{\circ}\text{C}$)	EC (S/m)	Keterangan
Kolam 1	Pagi	27.3 $^{\circ}\text{C}$	1.90	Stabil pagi hari
Kolam 1	Siang	31.5 $^{\circ}\text{C}$	2.11	Suhu naik, siang hari
Kolam 2	Pagi	27.0 $^{\circ}\text{C}$	1.91	Stabil dan konsisten

Kolam	Waktu	Pembacaan Sensor DS18B20 (°C)	EC (S/m)	Keterangan
Kolam 2	Siang	31.19 °C	2.12	Kenaikan suhu cukup tinggi
Kolam 3	Pagi	26.8 °C	1.95	Stabil sedikit lebih dingin pagi
Kolam 3	Siang	31.25 °C	2.12	Suhu naik, siang hari
Kolam 4	Pagi	29.0 °C	2.00	Konsisten di pagi hari
Kolam 4	Siang	31.81 °C	2.1	Suhu naik, panas siang
Kolam 5	Pagi	27.6 (°C)	1.88	Stabil pagi hari
Kolam 5	Siang	28.9 (°C)	2.3	Stabil sore hari

Nilai *Electrical Conductivity* (EC) pada pagi hari berada pada kisaran 1,88–2,00 S/m yang menunjukkan kondisi relatif stabil. Sementara itu, pada siang hari terjadi peningkatan EC hingga mencapai 2,30 S/m, yang mengindikasikan adanya peningkatan kandungan zat terlarut dalam air akibat suhu, aktivitas tambak, atau pemberian pakan. Kolam 5 pada siang hari memiliki nilai EC tertinggi sehingga memerlukan perhatian khusus karena berpotensi menyebabkan stres pada ikan apabila berlangsung terus-menerus.

Kategori perubahan suhu diklasifikasikan sebagai berikut:

- ΔT 0–1,5°C → stabil (kondisi baik)
- ΔT 1,6–3,5°C → sedang (perlu pemantauan)
- ΔT >3,5°C → tinggi (berpotensi menyebabkan stres pada ikan)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kolam 1–3 mengalami kenaikan suhu yang lebih signifikan dibanding kolam 4 dan kolam 5, di mana kolam 5 menunjukkan stabilitas suhu paling baik. Hal ini menunjukkan perlunya strategi pengendalian suhu pada kolam dengan fluktuasi tinggi, misalnya penggunaan peneduh atau pengaturan sirkulasi air.

C. Hasil Pengujian Sistem TDS

Pengujian sensor TDS menunjukkan bahwa nilai TDS pada pagi hari berada pada kisaran 810–895 ppm, sedangkan pada siang hari meningkat menjadi 928–973 ppm. Peningkatan ini sejalan dengan kenaikan suhu air yang menyebabkan peningkatan konsentrasi zat terlarut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem TDS

Kolam	Waktu	Pembacaan Sensor TDS (ppm)	Suhu Air (°C)	EC	Keterangan
Kolam 1	Pagi	820 ppm	28.5 (°C)	1.64	Stabil pagi hari
Kolam 1	Siang	963 ppm	31.5 (°C)	2.11	TDS meningkat, siang hari
Kolam 2	Pagi	830 ppm	28.3 (°C)	1.66	Stabil dan cukup tinggi
Kolam 2	Siang	973 ppm	31.19 (°C)	2.12	TDS mendekati batas atas
Kolam 3	Pagi	895 ppm	29.9 (°C)	1.79	Cukup tinggi dipagi hari
Kolam 3	Siang	969 ppm	31.25 (°C)	2.12	TDS naik, siang hari
Kolam 4	Pagi	850 ppm	28.1 (°C)	1.70	Stabil dan tinggi
Kolam 4	Siang	956 ppm	31,75 (°C)	2.1	TDS naik, panas siang
Kolam 5	Pagi	810 ppm	27.9 (°C)	1.62	Cukup stabil dipagi hari
Kolam 5	Siang	928 ppm	30.3 (°C)	2.3	Tinggi di siang

Nilai EC pada pagi hari berkisar antara 1,62–1,79 S/m yang menunjukkan kondisi air relatif baik untuk budidaya ikan nila. Pada siang hari, nilai EC meningkat hingga 2,30 S/m, menandakan adanya peningkatan konsentrasi zat terlarut. Kondisi ini perlu dipantau secara berkala karena kadar zat terlarut yang terlalu tinggi dapat berdampak negatif terhadap kesehatan ikan.

D. Akurasi Data Sensor

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai referensi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat kesalahan (*error*) sensor suhu sebesar 0,50%, sedangkan sensor TDS memiliki tingkat kesalahan sebesar 2,2%. Nilai error tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dan masih berada dalam batas toleransi pengukuran sensor elektronik untuk aplikasi monitoring kualitas air.

E. Manfaat Sistem Monitoring terhadap Produktivitas Tambak

Implementasi sistem monitoring kualitas air berbasis sensor memberikan dampak positif terhadap pengelolaan tambak ikan nila. Data yang diperoleh secara *real-time* memungkinkan pembudidaya melakukan respons cepat terhadap perubahan kondisi air. Manfaat utama sistem meliputi:

- deteksi dini penurunan kualitas air,
- pengambilan keputusan berbasis data aktual,
- efisiensi biaya operasional,
- peningkatan produktivitas tambak.

Sistem ini membantu menjaga stabilitas lingkungan budidaya sehingga pertumbuhan ikan menjadi optimal dan risiko kerugian dapat diminimalkan.

F. Kendala dan Solusi Selama Pengujian Sistem

Selama proses pengujian, ditemukan beberapa kendala teknis yang memengaruhi kinerja sistem, baik yang berasal dari perangkat keras maupun faktor lingkungan. Beberapa masalah yang teridentifikasi meliputi fluktuasi nilai TDS akibat gangguan daya listrik, sensor suhu yang tidak terbaca karena konektor longgar atau korosi, gangguan koneksi jaringan yang menyebabkan data tidak tampil pada aplikasi, serta keterlambatan pengiriman data.

Solusi yang diterapkan antara lain penambahan regulator untuk menstabilkan daya, penggunaan konektor tahan air, pengaturan ulang koneksi Wi-Fi, kalibrasi ulang sensor, serta pengaturan interval pengiriman data menjadi 1–2 menit. Setelah penerapan solusi tersebut, seluruh kendala dapat diatasi dan sistem mampu bekerja dengan stabil.

Temuan ini menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor memiliki keandalan yang baik apabila didukung oleh kalibrasi yang tepat, konfigurasi perangkat keras yang optimal, serta konektivitas jaringan yang stabil. Penanganan kendala secara cepat dan sistematis juga berperan penting dalam meningkatkan performa sistem dalam jangka panjang.

Tabel 3. Kendala dan Solusi Selama Pengujian Sistem Monitoring

Kendala	Penyebab	Solusi yang Diterapkan	Status
Nilai TDS fluktuatif	Adanya gangguan sinyal listrik/arus tidak stabil	Menambahkan sistem stabilisasi power supply (regulator)	Teratasi
Sensor DS18B20 tidak terbaca	Konektor longgar/korosi karena kelembaban tinggi	Menggunakan konektor tahan air (waterproof)	Teratasi
Data tidak muncul di aplikasi	Masalah koneksi internet/wifi modul tidak stabil	Mengatur ulang koneksi dan menambahkan modul WiFi eksternal	Teratasi
TDS menunjukkan nilai terlalu tinggi	Kalibrasi belum tepat atau air keruh	Kalibrasi ulang sensor dan penyaringan air sebelum sensor	Teratasi
Data tidak real-time	Terlalu lama delay pengiriman data	Mengatur interval pengiriman data menjadi 1-2 menit	Teratasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pengambilan data dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kualitas air pada tambak ikan nila berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan NodeMCU V3, sensor TDS, dan sensor suhu DS18B20 mampu memantau kondisi air secara *real-time* serta memberikan notifikasi otomatis apabila terjadi perubahan kualitas air yang berada di luar kondisi optimal. Sistem yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang stabil dan akurat sehingga dapat digunakan sebagai alat pemantauan kualitas air secara berkelanjutan.

Selain itu, penerapan sistem monitoring ini meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pemantauan kualitas air dibandingkan metode manual. Dengan tersedianya data secara langsung, pembudidaya dapat mengambil tindakan korektif dengan cepat ketika terjadi perubahan parameter air. Implementasi teknologi ini berpotensi meningkatkan produktivitas budidaya ikan nila sekaligus mendukung pengelolaan tambak yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

REFERENSI

- Azhari, I., Sudibyo, M., & Amelia, P. (2025). Modifikasi kearifan tradisional rumah ikan (tuasan) untuk meningkatkan pendapatan nelayan miskin di Danau Siombak, Kota Medan. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 337–344. <https://doi.org/10.31004/cdj.v6i1.39945>
- Chuzaini, F., & Dzulkifli. (2022). IoT monitoring kualitas air dengan menggunakan sensor suhu, pH, dan total dissolved solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 46–56.
- Herlina, A., Syahbana, M. I., Gunawan, M. A., & Rizqi, M. M. (2022). Sistem kendali lampu berbasis IoT menggunakan aplikasi Blynk 2.0 dengan modul NodeMCU ESP8266. *INSANtek*, 3(2), 61–66. <https://doi.org/10.31294/instk.v3i2.1532>
- Husna, M. A., & Rosyani, P. (2021). Implementasi sistem monitoring jaringan dan server menggunakan Zabbix yang terintegrasi dengan Grafana dan Telegram. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 8(6), 247. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v8i6.3631>
- Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021). Pemanenan air hujan sebagai penyediaan air bersih pada era new normal di Kelurahan Susunan Baru. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4447>
- Melangi, S., Asri, M., & Hulukati, S. A. (2022). Sistem monitoring informasi kualitas dan kekeruhan air tambak berbasis internet of things. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 77–82. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.12061>
- Pane, U. F. S. S., & Andriyani, I. A. (2024). Sistem pendeteksi kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis internet of things (IoT). *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD)*, 7(1), 84. <https://doi.org/10.53513/jsk.v7i1.9562>

- Selay, A., Andigha, G. D., Alfarizi, A., Wahyudi, M. I. B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Internet of things. *Karimah Tauhid*, 1(6), 860–868. <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v1i6.7633>
- Sofyan, I., Rismayadi, A., & Solihin, P. (2020). *Komponen umum elektronika dasar*. Elektronika Dasar.
- Syaifudin, M., & Akbar, M. (2021). Rancang bangun monitoring sirkulasi air pada kolam ikan nila berbasis Arduino. *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5(2), 278–283. <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i2.3114>
- Wijaya, J., Syauqy, D., & Primananda, R. (2024). Sistem monitoring dan rekomendasi kualitas air budidaya bibit ikan nila menggunakan parameter kekeruhan, suhu, dan pH dengan algoritma random forest. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(3), 2548–2964.