

Implementasi Teknologi IoT pada Sistem Budidaya Ikan Nila/Mujair untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas pada Tambak/Bioflok

Roysihan¹

Universitas Esa Unggul

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem IoT berbasis sensor dan kamera waktu nyata untuk meningkatkan pemantauan kualitas air dan pemberian pakan pada budidaya ikan mujair. Permasalahan utama dalam budidaya ikan adalah pemantauan manual yang kurang efektif, menyebabkan keterlambatan dalam deteksi perubahan pH, suhu, dan pemberian pakan, yang berdampak pada produktivitas dan risiko kematian ikan. Dengan menerapkan metode Waterfall, penelitian ini merancang sistem yang terdiri dari sensor pH dan suhu yang mengirimkan data secara waktu nyata ke aplikasi pemantauan berbasis web maupun smartphone. Sistem ini juga dilengkapi dengan servo otomatis untuk menyesuaikan kadar pH, serta kamera waktu nyata yang memungkinkan pemilik tambak memantau kondisi kolam dari jarak jauh secara visual dan menerima notifikasi peringatan melalui email. Selain itu, sistem ini dapat membantu proses pengambilan keputusan terkait pemeliharaan kolam secara lebih cepat dan tepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pemantauan, mengoptimalkan pemberian pakan secara terjadwal, serta mengurangi risiko kematian ikan akibat perubahan lingkungan yang tidak terdeteksi lebih awal.

Kata Kunci: *IoT, Kualitas Air, Sensor pH, Notifikasi Email*

Abstract

This research develops an IoT-based system using real-time sensors and cameras to enhance water quality monitoring and feed distribution in tilapia fish farming. The main problem in fish farming is the inefficiency of manual monitoring, which often leads to delays in detecting changes in pH, temperature, and feeding schedules, resulting in decreased productivity and an increased risk of fish mortality. By applying the Waterfall method, this study designs a system consisting of pH and temperature sensors that transmit real-time data to a monitoring application accessible via web and smartphone. The system is also equipped with an automatic servo to adjust pH levels, as well as a real-time camera that allows pond owners to visually monitor pond conditions remotely and receive alert notifications via email. Additionally, the system helps improve decision-making processes related to pond maintenance in a faster and more accurate manner. Test results show that this system enhances monitoring efficiency, optimizes scheduled feed distribution, and reduces the risk of fish mortality caused by undetected environmental changes.

Keywords: *IoT, Water Quality, pH Sensor, Email Notification*

Copyright (c) 2025 Roysihan

Corresponding author : Dr. Budi Tjahjono, S.Kom, M.Kom

Email Address : budi.tjahjono@esaunggul.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang Internet of Things (IoT) telah mengalami kemajuan pesat, ditandai dengan munculnya berbagai inovasi seperti sustainable IoT yang berfokus pada efisiensi energi dan pengurangan limbah, AI-enhanced IoT yang mengintegrasikan kecerdasan buatan untuk prediksi dan personalisasi, serta kesiapan teknologi 6G yang mendukung kecepatan dan konektivitas tinggi antarperangkat. IoT sendiri merupakan sistem yang memungkinkan perangkat pintar saling terhubung dan bertukar data secara otomatis, seperti sistem pengatur suhu rumah, pemantauan kesehatan pasien secara real-time, hingga pemodelan digital twin dan integrasi blockchain untuk keamanan data (Lusita, 2023).

Dalam konteks budidaya ikan mujair di Indonesia, pemanfaatan teknologi IoT masih sangat terbatas, sementara permasalahan klasik seperti pemantauan kualitas air secara manual masih menjadi kendala utama. Peternak sering menghadapi kesulitan dalam mengontrol pH, suhu, dan kualitas air, padahal ketiga faktor ini sangat memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan (Chen et al., 2022). Ketergantungan pada metode pemeliharaan tradisional membuat proses pemantauan tidak efisien dan rawan keterlambatan dalam merespon perubahan lingkungan yang bisa menyebabkan penurunan produktivitas bahkan kematian ikan (Tsai et al., 2022). Selain itu, keterbatasan tenaga kerja dan tidak adanya sistem pemantauan daring yang dapat menjadwalkan pengawasan secara rutin, semakin memperbesar potensi risiko tersebut.

Lokasi penelitian ini dilakukan di area budidaya yang berlokasi di Pulogebang, di mana hasil wawancara menunjukkan bahwa keterbatasan akses terhadap teknologi modern menjadi hambatan utama dalam proses pemantauan tambak. Pemantauan manual tidak hanya menghabiskan waktu, tetapi juga rawan kesalahan, terutama dalam hal penyesuaian kadar pH. Fluktuasi cuaca yang ekstrem, seperti hujan yang menyebabkan peningkatan zat asam atau cuaca panas yang memicu kenaikan zat basa, membutuhkan penyesuaian pH yang cepat dan tepat. Proses manual yang mengandalkan pengecekan sebelum penambahan garam atau kapur dolomit kerap terlambat, sehingga meningkatkan risiko kematian ikan akibat perubahan pH yang tidak terdeteksi secara dini. Selain itu, dalam pengelolaan budidaya, pemilik tambak sering tidak mendapatkan informasi yang akurat dan real-time mengenai kondisi tambak, karena bergantung pada laporan pegawai yang tidak selalu konsisten dan tepat waktu.

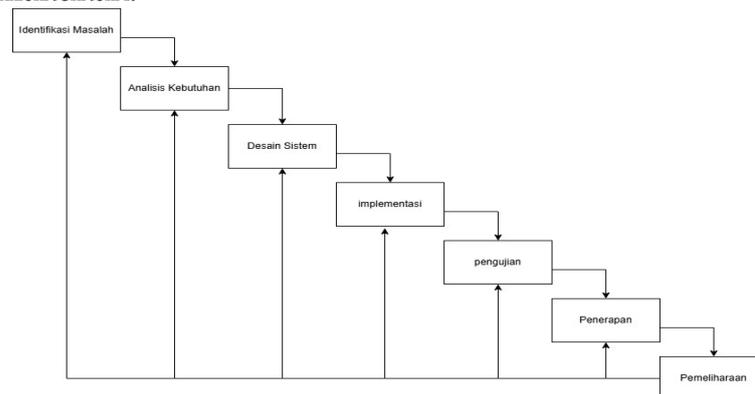
Studi-studi sebelumnya lebih banyak berfokus pada penerapan sistem Internet of Things (IoT) dalam tambak berskala besar dengan anggaran tinggi. Berbeda dari hal tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem IoT yang lebih terjangkau dan mudah digunakan untuk tambak skala kecil hingga menengah, serta dilengkapi dengan fitur analisis data yang dapat memberikan rekomendasi pemeliharaan secara otomatis (Hartono et al., 2019). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh (Zambrano et al., 2021), penerapan sistem IoT dalam pemberian pakan ikan dapat meningkatkan efisiensi hingga 20% dibandingkan metode tradisional yang sering kali menyebabkan kelalaian dalam pemantauan. Sistem IoT dapat melakukan pemberian pakan yang lebih terkontrol dan tepat waktu, sehingga pakan yang diberikan dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Sementara itu, metode tradisional hanya memiliki efisiensi sekitar 65%

karena kurangnya kontrol terhadap frekuensi dan jumlah pakan yang diberikan (Lusiana et al., 2021).

Penelitian ini mencoba mengatasi permasalahan tersebut dengan mengembangkan sistem IoT yang terjangkau dan mudah diterapkan, yang tidak hanya memantau kualitas air dan penyesuaian pH secara otomatis, tetapi juga dilengkapi dengan fitur kamera real-time untuk memantau aktivitas kolam secara visual, dan sistem pemberian pakan otomatis yang lebih efisien. Penggunaan sistem ini diharapkan mampu mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, meminimalkan kelalaian dalam pengawasan, dan meningkatkan responsivitas terhadap perubahan lingkungan secara real-time. Dengan penerapan sistem berbasis IoT ini, diharapkan pemantauan dan pengelolaan budidaya ikan mujair dapat berjalan lebih efektif, efisien, dan mendukung peningkatan produktivitas tambak secara berkelanjutan.

METODOLOGI

Alur penelitian ini disusun secara sistematis menggunakan metode Waterfall, di mana setiap tahap diselesaikan sebelum berlanjut ke tahap berikutnya. Pendekatan ini memastikan pengembangan sistem berjalan terstruktur, mulai dari identifikasi masalah, perancangan, implementasi, hingga pemeliharaan. Diagram berikut menggambarkan alur penelitian secara visual untuk memudahkan pemahaman tahapan yang dilakukan.



Gambar 1 Metode Waterfall

Berdasarkan gambar di atas, alur penelitian ini terdiri dari tujuh tahapan utama. Proses dimulai dari identifikasi masalah, yaitu mengenali kendala petambak seperti pemantauan kualitas air yang tidak efisien, pemberian garam manual, dan kurangnya notifikasi kondisi kolam kepada pemilik. Selanjutnya, pada tahap analisis kebutuhan, dikumpulkan data terkait kebutuhan pengguna, pemilihan sensor, mikrokontroler, dan parameter penting lainnya. Setelah itu, dilakukan desain sistem berupa rancangan skematik perangkat keras dan antarmuka pemantauan jarak jauh. Tahap implementasi meliputi perakitan perangkat, pemrograman sensor, dan integrasi ke platform IoT. Pengujian dilakukan untuk memastikan keakuratan data, stabilitas konektivitas, dan efektivitas sistem otomatisasi. Sistem kemudian diterapkan langsung di tambak ikan dan dilanjutkan dengan pelatihan pengguna. Terakhir, pemeliharaan dilakukan secara berkala untuk evaluasi kinerja, penggantian komponen yang rusak, dan pembaruan sistem agar tetap optimal.

1. Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Adapun perangkat keras (Hardware) yang dibutuhkan pada Perancangan Alat Montoring Dan Pengendalian Budidaya Ikan Nila Berbasi IoT sebagai berikut.

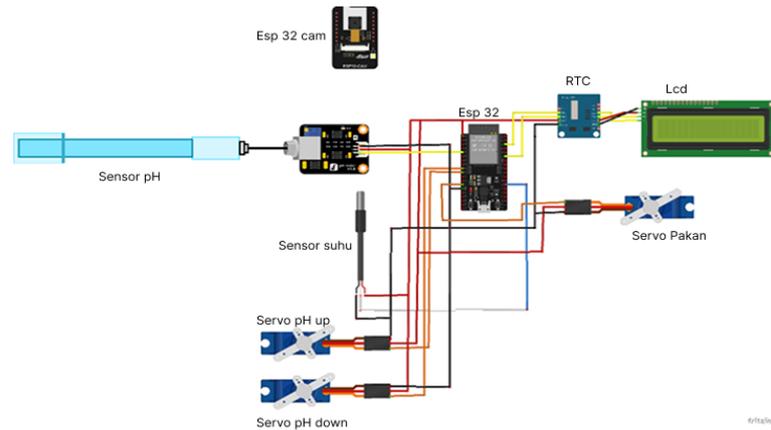
Tabel 1 Komponen Kebutuhan Pembuatan Alat

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga Komponen
1	Mikrokontroler esp 32	1	Rp. 66.900
2	LCD I2C	1	Rp. 22.900
3	Esp 32 cam	2	Rp 80.000
4	Stepdown 20A	1	Rp. 105.742
5	Sensor pH	2	Rp. 510.000
6	Sensor Suhu	1	Rp. 27.000
7	Servo	3	
8	Kabel Jumper	Secukupnya	160.000
9	RTC	1	Rp.33.900

Perangkat lunak (software) yang digunakan dalam perancangan alat monitoring dan pengendalian budidaya ikan nila berbasis IoT meliputi berbagai tools yang mendukung proses pengembangan sistem secara menyeluruh. Platform IoT seperti Blynk digunakan sebagai media monitoring untuk pemantauan data kualitas air secara real-time, sedangkan aplikasi berbasis web atau mobile menampilkan informasi kondisi kolam kepada pengguna. Selain itu, perangkat lunak pemrograman seperti Arduino IDE digunakan untuk mengontrol sensor dan aktuator pada mikrokontroler, sementara Fritzing dipakai untuk merancang skema rangkaian elektronik, dan Draw IO digunakan untuk membuat flowchart serta diagram sistem. Database juga diterapkan untuk menyimpan data historis pemantauan, sedangkan algoritma pemrosesan data digunakan untuk menganalisis perubahan kualitas air secara otomatis dan mengirimkan notifikasi kepada pemilik peternakan, sehingga sistem ini mampu berjalan secara efisien dan responsif dalam mendukung budidaya ikan nila.

2. Rangkaian Sistem

Gambar di bawah menunjukkan perancangan sistem secara keseluruhan, di mana ESP32 berperan sebagai pengendali utama yang terhubung dengan berbagai sensor, motor servo untuk pengatur pakan dan pH, RTC untuk mengatur waktu pemberian pakan otomatis sesuai jadwal, serta LCD I2C sebagai penampil nilai sensor secara langsung.

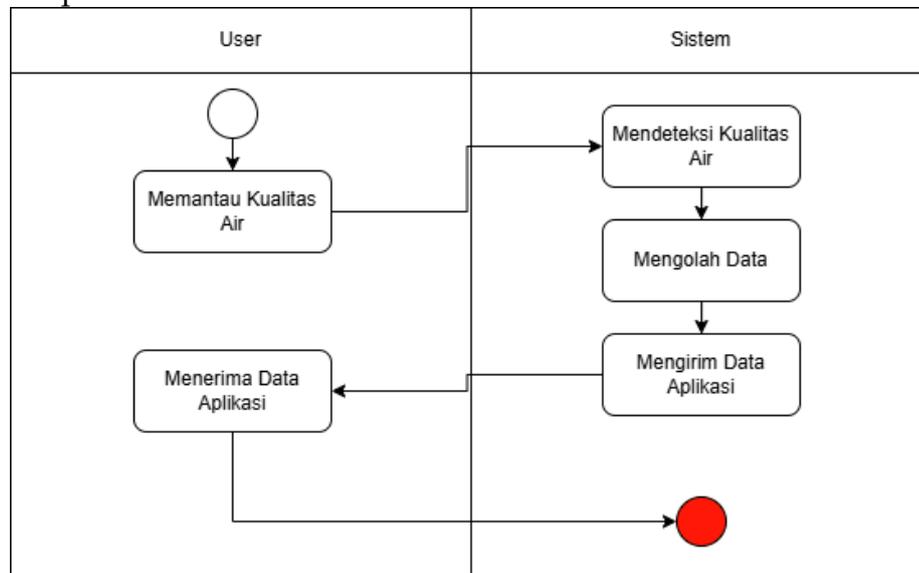


Gambar 2 Rangkaian Sistem

Seluruh perangkat yang telah dirancang, akan diintegrasikan dengan aplikasi Blynk. Blynk digunakan untuk mengoperasikan alat pemberian pakan, pergantian air, dan menampilkan data suhu serta pH. Sebelum digunakan, Blynk memerlukan pembuatan template dan penghubungan dengan mikrokontroler melalui token, nama template, dan ID, yang berfungsi sebagai kunci identifikasi agar perangkat dapat terhubung ke sistem.

3. Activity Diagram

Diagram aktivitas berikut menggambarkan alur kerja pemantauan kualitas air pada sistem berbasis IoT, yang menunjukkan interaksi antara pengguna dan sistem dalam proses pemantauan kualitas air secara otomatis.



Gambar 3 Activity Diagram

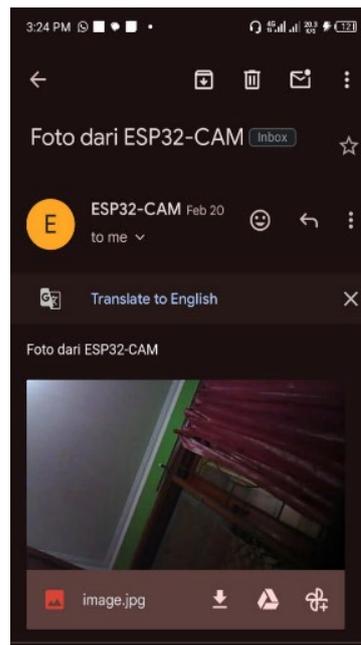
Diagram ini menggambarkan alur pemantauan kualitas air pada sistem IoT yang terbagi menjadi dua peran, yaitu User dan Sistem. User bertugas memantau kondisi air dan menerima data dari sistem melalui aplikasi, sementara Sistem mendeteksi kualitas air menggunakan sensor, mengolah data, dan mengirimkannya ke aplikasi. Proses ini menunjukkan bagaimana sistem IoT bekerja secara otomatis untuk mengumpulkan dan mengelola informasi tambak, sehingga pengguna dapat memantau kondisi air tanpa pengecekan manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian perangkat keras pada penelitian ini mencakup pengujian ESP32-CAM, RTC, servo pakan, sensor pH air, dan sensor suhu. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen dapat berfungsi dengan baik dan berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dalam penelitian ini.

1. Pengujian Kamere ESP32 Cam

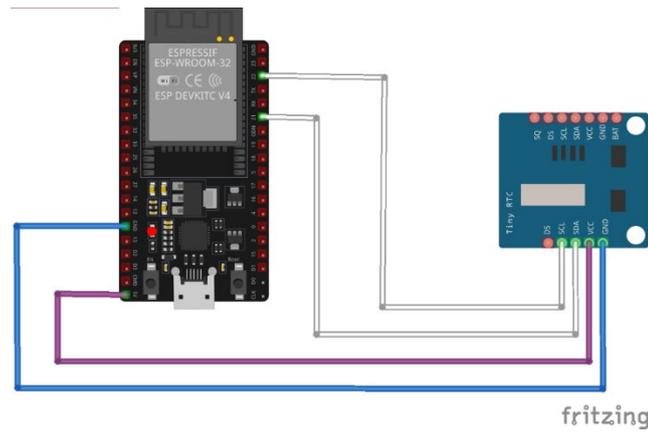
Berikut adalah hasil penangkapan gambar menggunakan ESP32-CAM, di mana perangkat ini mengambil gambar secara otomatis berdasarkan kondisi tertentu, seperti ketidakseimbangan pH, suhu ekstrem, atau saat pemberian pakan aktif. Proses pengambilan gambar dilakukan dengan menggunakan `esp_camera_fb_get()`, kemudian data gambar dikirim melalui fungsi `sendEmail()` atau diunggah ke server untuk pemantauan lebih lanjut. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tambak secara visual dan real-time melalui aplikasi, memastikan lingkungan tetap stabil, serta mengambil tindakan yang diperlukan dengan cepat jika terjadi anomali. Integrasi ini menjadikan ESP32CAM sebagai solusi efektif untuk pemantauan otomatis dalam sistem budidaya berbasis IoT.



Gambar 4 Hasil Tangkap Gambar ESP32CAM

2. Pengujian RTC

Modul RTC (Real-Time Clock) digunakan untuk menyimpan waktu secara akurat meskipun perangkat dimatikan, penting untuk aplikasi seperti pemantauan lingkungan dan penjadwalan otomatis. Dalam perancangan, pin SDA dan SCL pada modul dihubungkan ke pin yang sesuai pada mikrokontroler (ESP32), dengan VCC ke sumber daya dan GND ke ground agar modul RTC berfungsi sebagai sumber waktu.

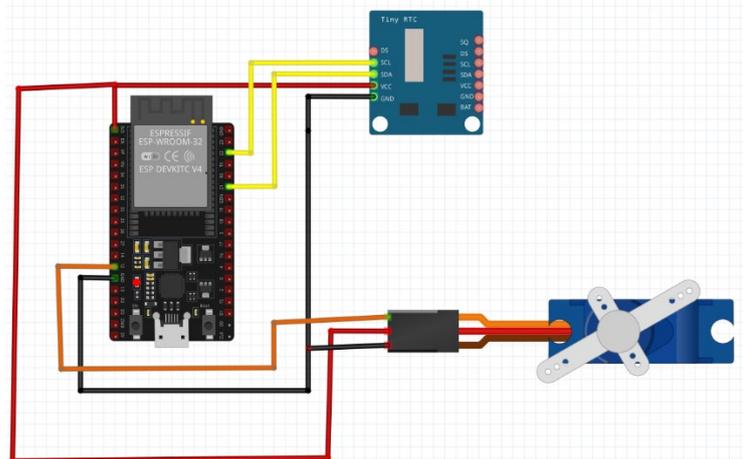


Gambar 5 ESP dengan RTC

Berdasarkan gambar di atas, pin SDA pada modul RTC dihubungkan ke GPIO 21 pada ESP32, pin SCL ke GPIO 22, pin VCC ke sumber daya, dan pin GND ke ground. Pengujian RTC DS1307 dilakukan dengan membandingkannya dengan jam digital pada laptop untuk menguji akurasi waktu pada pemberian pakan ikan otomatis. Setiap pengujian dilakukan dengan perbedaan waktu 10 menit, dan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel yang telah disediakan.

3. Pengujian Servo Pakan

Fungsi servo pakan otomatis adalah untuk membuka dan menutup penutup wadah pakan pada waktu yang telah ditentukan, memungkinkan pemberian pakan terjadwal dan konsisten tanpa interaksi manual. Gambar di bawah ini menunjukkan rangkaian ESP32, modul RTC Tiny RTC, dan servo motor. Modul RTC menjaga waktu dengan komunikasi I2C melalui SDA dan SCL, sementara servo motor dikendalikan melalui pin sinyal ESP32. Rangkaian ini digunakan untuk otomatisasi berbasis waktu.

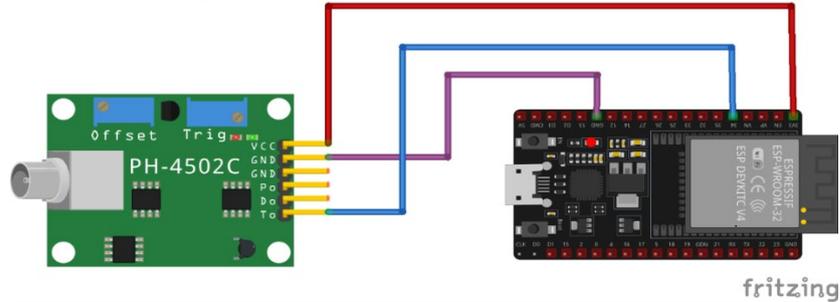


Gambar 6 Servo Pakan

Berdasarkan gambar di atas, pemasangan pin ESP32 dihubungkan ke servo dengan GND ke GND, 3.3V ke 3.3V, dan GPIO 12 ke pin sinyal servo. Selain itu, gambar juga menunjukkan antarmuka kontrol yang terdiri dari tiga tombol, yaitu up pH, pakan manual, dan down pH. Pada kondisi ditampilkan, tombol pakan manual berada dalam posisi OFF, yang menandakan bahwa pemberian pakan manual tidak aktif, namun pengguna tetap dapat mengaktifkannya sesuai kebutuhan untuk pengaturan pakan secara manual.

4. Pengujian Sensor Ph Air

Fungsi sensor pH adalah untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan dalam kolam ikan. Sensor ini digunakan untuk memantau dan mengontrol pH dalam pemantauan pengolahan air pada kolam ternak ikan mujair. Dengan data dari sensor pH, sistem dapat melakukan penyesuaian, seperti menambahkan larutan penyeimbang pH secara otomatis agar kondisi tetap optimal.

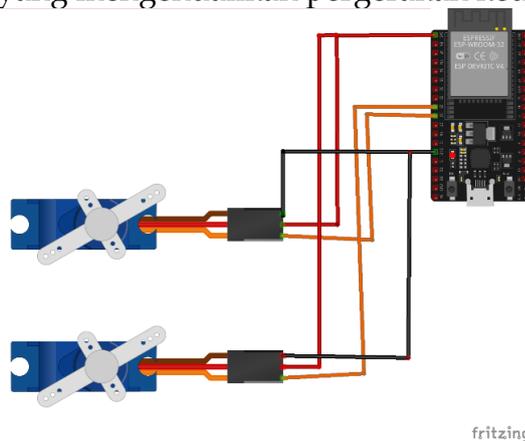


Gambar 7 Sensor pH Air

Sensor pH dirancang untuk terhubung dengan ESP32 guna memantau tingkat keasaman air kolam ikan, dengan pemasangan pin yaitu V pada ESP32 terhubung ke V+ sensor, G ke G, dan GPIO34 ke pin output (PO) sensor. Pengujian dilakukan untuk memastikan sensor berfungsi sesuai program yang telah dirancang. Sebelum digunakan, sensor dikalibrasi menggunakan metode regresi linear sederhana dengan pH buffer powder bernilai 4,01, 6,86, dan 9,18. Dari proses ini diperoleh nilai koefisien regresi dan variabel yang digunakan dalam persamaan untuk menghitung nilai pH. Nilai ADC diambil dengan mencelupkan sensor ke dalam larutan pH berbeda, di mana setiap larutan menghasilkan nilai ADC yang berbeda sebagai acuan pengukuran.

5. Pengujian Servo Pengatur Ph Air

Gambar di bawah ini menunjukkan rangkaian sistem yang menggunakan ESP32 untuk mengontrol dua servo motor. Sebelum menjelaskan gambar secara lebih rinci, penting untuk memahami bahwa servo motor adalah aktuator yang digunakan untuk mengontrol posisi dengan presisi tinggi. Dalam sistem ini, ESP32 berperan sebagai mikrokontroler yang mengendalikan pergerakan kedua servo motor.



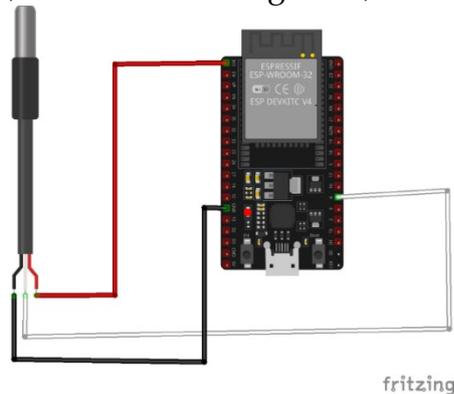
Gambar 8 Ph Air Up dan Down

ESP32 berperan sebagai pusat kendali untuk mengontrol dua servo motor yang terhubung melalui tiga kabel: merah (VCC 5V), hitam (GND), dan oranye (sinyal PWM). Kabel daya servo terhubung ke 5V dan GND, sedangkan kabel sinyal dihubungkan ke GPIO25 dan GPIO26 pada ESP32 untuk mengatur posisi servo pH up

dan down. Sistem ini memungkinkan ESP32 mengontrol kedua servo secara bersamaan menggunakan sinyal PWM, dan cocok diterapkan dalam proyek robotika atau kontrol otomatis.

6. Pengujian Sensor Suhu

Gambar di bawah ini menunjukkan rangkaian sederhana untuk membaca suhu menggunakan sensor DS18B20 yang terhubung ke ESP32. DS18B20 adalah sensor suhu digital yang menggunakan protokol 1-Wire, sehingga hanya memerlukan satu jalur data untuk komunikasi dengan mikrokontroler. Sensor ini sering digunakan dalam berbagai proyek IoT, sistem monitoring suhu, dan kontrol suhu otomatis.



Gambar 9 Skema Sensor Suhu

Setelah melihat gambar, dapat disimpulkan bahwa sistem ini memungkinkan ESP32 membaca suhu air menggunakan sensor DS18B20, yang tahan air sehingga aman ditempatkan di dalam kolam ikan. Nilai suhu yang diperoleh dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi atau sistem lain, sehingga cocok untuk pengendalian suhu pada kolam peternakan ikan mujair. Pada pemasangannya, pin 3.3V pada ESP32 dihubungkan ke VCC sensor, GPIO4 ke pin Data, dan GND ke GND.

7. Hasil Pengujian Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem terbukti stabil dan akurat dalam mengukur suhu, pH, mengatur servo untuk penyesuaian pH, serta melakukan pemberian pakan otomatis. Integrasi sensor DS18B20, sensor pH, servo motor, RTC, dan sinkronisasi NTP berjalan sinergis, menghasilkan sistem yang responsif dan andal di berbagai kondisi. Pada aplikasi Blynk, Virtual Pin digunakan untuk monitoring dan kontrol: V2 mengirim data suhu dari sensor DS18B20, V3 untuk nilai pH, V5 dan V6 menampilkan status servo pH Up dan Down (nilai 120 aktif, 0 non-aktif), serta V7 menunjukkan kondisi air normal. Pengujian juga dilakukan untuk memastikan semua komponen berfungsi, mulai dari RTC, servo pH up dan down, sensor suhu DS18B20, sensor pH, servo pakan, ESP32-CAM, hingga monitor LCD. Setiap komponen diuji sesuai skenario operasional, seperti validasi RTC dengan NTP, pengujian gerakan servo berdasarkan nilai pH, pengujian sensor suhu dengan pemanasan bertahap, kalibrasi sensor pH menggunakan larutan buffer, hingga uji pemberian pakan otomatis dan manual melalui Blynk. Semua pengujian menghasilkan status valid, menunjukkan sistem telah berjalan optimal, akurat, dan siap diterapkan dalam pengendalian kualitas air serta otomasi pakan ikan berbasis IoT.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem budidaya ikan nila atau mujair, dapat

disimpulkan bahwa penerapan IoT terbukti efektif dalam pemantauan kondisi lingkungan tambak secara real-time, di mana sensor-sensor yang terintegrasi mampu mengukur parameter penting seperti pH dan suhu dengan akurasi tinggi, sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap perubahan yang berpotensi mengganggu kestabilan ekosistem. Selain sebagai alat pemantauan, sistem IoT juga berfungsi sebagai mekanisme pengendalian, di mana sistem notifikasi dan respon otomatis memungkinkan pengambilan langkah mitigasi cepat, seperti penyesuaian dosis bahan penetral untuk menstabilkan pH, sehingga risiko kematian ikan akibat kondisi lingkungan yang tidak ideal dapat diminimalkan. Integrasi sistem notifikasi pada pemantauan kolam dan pengaturan pemberian pakan juga meningkatkan efisiensi pengelolaan tambak, mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat, dan berkontribusi pada peningkatan produktivitas usaha tambak secara keseluruhan..

Referensi :

- Chen, C. H., Wu, Y. C., Zhang, J. X., & Chen, Y. H. (2022). IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System. *Sensors*, 22(17). <https://doi.org/10.3390/s22176700>
- Hartono, R. W. T., Suwanda, F. H., Angraeni, S. P., Pratiwi, E., Adi, G. S., & Taufiqurrohman, D. (2019). E-Aquaponics: Aquaculture and Hydroponic Integration Using Electronical Control and Monitoring. *Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2019-July*. <https://doi.org/10.1109/ICEEI47359.2019.8988855>
- Lusiana, E. D., Musa, M., & Ramadhan, S. (2021). Determinants of Nile tilapia's (*Oreochromis niloticus*) growth in aquaculture pond in Batu, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(2). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220256>
- Lusita, A. (2023). *Apa itu Internet of Things? Pengertian, Cara Kerja, dan Contohnya*. Linknet.Id.
- Tsai, K. L., Chen, L. W., Yang, L. J., Shiu, H., & Chen, H. W. (2022). IoT based Smart Aquaculture System with Automatic Aerating and Water Quality Monitoring. *Journal of Internet Technology*, 23(1). <https://doi.org/10.53106/160792642022012301018>
- Zambrano, A. F., Giraldo, L. F., Quimbayo, J., Medina, B., & Castillo, E. (2021). Machine learning for manually-measured water quality prediction in fish farming. *PLoS ONE*, 16(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256380>