

Rancang Bangun Akuarium Pintar Berbasis Mikrokontroler ESP32 untuk Pengendalian Suhu dan pH Air Secara Real-Time

M. Yusuf Syamsudin

Program Studi Teknik Informatika

Universitas Bina Darma

email : myusufs68@gmail.com

Jl. A. Yani No. 12, Palembang 30624, Indonesia

Abstract

Maintaining ornamental fish in an aquarium requires stable water quality control, particularly in terms of temperature and acidity (potential of hydrogen or pH). Mismatches between these parameters can cause stress to the fish, weaken their immune systems, and potentially lead to death. This research aims to design and build a smart aquarium system based on an ESP32 microcontroller that is capable of automatically monitoring and controlling water temperature and pH in real time through Internet of Things (IoT) technology. The system uses a waterproof DS18B20 temperature sensor, a 4502C pH sensor, a relay module, a water heater, and pH buffer-up and buffer-down actuators. Measurement data are sent to the cloud and displayed on a web-based interface. The test results showed that the system was able to control water temperature within the range of 26–28 °C and water pH within the range of 6.5–7.2 automatically. All components functioned according to their design specifications, with data transmission delays influenced by internet network stability. Overall, the system is considered effective in supporting more efficient and controlled ornamental fish maintenance.

Kata kunci: Smart aquarium; ESP32; temperature sensor; pH sensor; Internet of Things.

Abstrak

Pemeliharaan ikan hias dalam akuarium memerlukan pengendalian kualitas air yang stabil, khususnya suhu dan derajat keasaman (potential of hydrogen atau pH). Ketidaksesuaian kedua parameter tersebut dapat menyebabkan stres pada ikan, menurunkan daya tahan tubuh, bahkan berujung pada kematian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem akuarium pintar berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian suhu serta pH air secara otomatis dan real-time melalui teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor suhu DS18B20 bertipe waterproof, sensor pH 4502C, modul relay, pemanas air (heater), serta aktuator larutan pH buffer up dan buffer down. Data hasil pengukuran dikirimkan ke cloud dan ditampilkan pada antarmuka berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengontrol suhu air pada rentang 26–28 °C dan pH air pada kisaran 6,5–7,2 secara otomatis. Seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang, dengan waktu tunda pengiriman data yang dipengaruhi oleh kestabilan jaringan internet. Sistem ini dinilai efektif dalam membantu pemeliharaan ikan hias secara lebih efisien dan terkontrol.

Kata kunci: Akuarium pintar; ESP32; sensor suhu; sensor pH; Internet of Things.

1. PENDAHULUAN

Pemeliharaan ikan hias merupakan salah satu aktivitas rekreatif yang banyak diminati masyarakat karena memberikan ketenangan psikologis, kepuasan visual, serta nilai estetika pada suatu ruangan. Akuarium tidak hanya berfungsi sebagai wadah hidup ikan, tetapi juga sebagai elemen dekoratif yang mampu meningkatkan kualitas lingkungan interior (Pratama & Hidayat, 2019). Salah satu konsep akuarium yang berkembang pesat adalah aquascape, yaitu seni menata pemandangan bawah air dengan memadukan tanaman air, bebatuan, kayu apung, dan substrat tertentu sehingga membentuk tampilan yang menyerupai ekosistem alami (Rizal & Kurniawan, 2020). Konsep ini menuntut kestabilan parameter lingkungan air agar keindahan visual dan kesehatan organisme di dalamnya tetap terjaga.

Keberhasilan pemeliharaan ikan hias sangat ditentukan oleh kualitas air, terutama suhu dan derajat keasaman (pH). Setiap jenis ikan memiliki rentang suhu dan pH optimal yang berbeda sesuai dengan habitat alaminya. Suhu dan pH yang tidak sesuai dapat menyebabkan ikan mengalami stres, menurunnya nafsu makan, gangguan metabolisme, hingga meningkatkan risiko serangan penyakit (Sutanto & Wibowo, 2018). Dalam jangka panjang, kondisi air yang tidak stabil dapat menurunkan tingkat kelangsungan hidup (survival rate) ikan hias serta merusak keseimbangan biologis dalam akuarium.

Pada praktiknya, pemantauan suhu dan pH air akuarium masih banyak dilakukan secara manual menggunakan termometer dan kertas indikator pH. Metode ini memiliki sejumlah keterbatasan, seperti ketidakpraktisan, keterlambatan dalam mendeteksi perubahan ekstrem, serta ketergantungan pada kehadiran pemilik akuarium. Akibatnya, perubahan lingkungan air sering terlambat diketahui, yang dapat berdampak fatal terhadap kondisi ikan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pemantauan yang mampu bekerja secara kontinu, otomatis, dan real-time (Yuliana et al., 2021).

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan Internet of Things (IoT) membuka peluang besar dalam membangun sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air yang lebih cerdas. IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet tanpa keterlibatan manusia secara langsung (Atzori, Iera, & Morabito, 2017). Dengan teknologi ini, berbagai parameter lingkungan akuarium dapat dipantau secara real-time melalui perangkat mobile, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi kondisi air kapan saja dan di mana saja.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT. Misalnya, penelitian oleh Suryawan et al. (2020) mengembangkan sistem pemantauan pH dan kekeruhan air akuarium berbasis web, sementara penelitian oleh Hidayat dan Lestari (2021) mengimplementasikan sistem monitoring kualitas air untuk budidaya udang menggunakan teknologi IoT. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan IoT mampu meningkatkan stabilitas kualitas air, mempercepat respons terhadap perubahan lingkungan, serta meningkatkan efisiensi dalam pemeliharaan organisme akuatik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi akuarium pintar berbasis mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan suhu dan pH air secara otomatis dengan dukungan teknologi IoT. Sistem ini diharapkan mampu memberikan solusi yang praktis, real-time, dan efisien dalam menjaga kualitas air akuarium, sekaligus meningkatkan kenyamanan pengguna dan kelangsungan hidup ikan hias. Selain itu, sistem ini juga diharapkan menjadi alternatif teknologi yang terjangkau bagi masyarakat dalam mengadopsi konsep smart aquarium.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi kepustakaan dan wawancara. Studi kepustakaan dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis yang berkaitan dengan mikrokontroler, sensor suhu, sensor pH, serta teknologi IoT. Wawancara dilakukan kepada pemilik toko ikan hias untuk mengetahui kisaran suhu dan pH air yang sesuai bagi ikan hias air tawar.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan rangkaian sistem, perakitan alat, pengujian alat, serta analisis hasil dan penarikan kesimpulan.

2.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan alur kerja serta struktur sistem yang akan dibangun. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, sensor suhu DS18B20 sebagai pengukur suhu air, dan sensor pH 4502C sebagai pengukur derajat keasaman air. Data dari sensor diproses oleh ESP32 untuk mengaktifkan aktuator berupa heater dan katup solenoida larutan pH buffer up dan buffer down. Data hasil pemantauan dikirimkan ke cloud IoT dan ditampilkan pada antarmuka berbasis web.

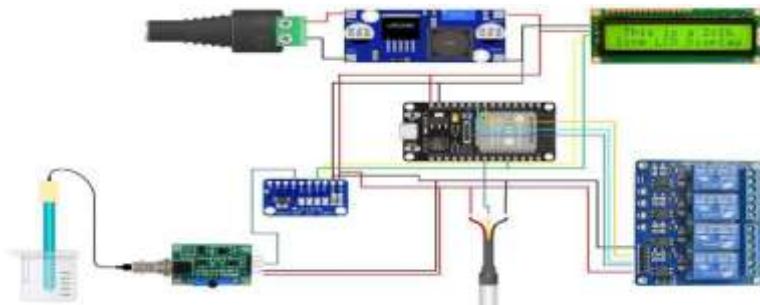
2.4 Prinsip Kerja Sistem

Sistem bekerja dengan cara membaca nilai suhu dan pH air melalui sensor. Apabila suhu berada di bawah batas yang telah ditentukan, maka heater akan aktif untuk menaikkan suhu. Sebaliknya, jika suhu melebihi batas atas, heater akan mati secara otomatis. Untuk pengendalian pH, apabila nilai pH berada di bawah batas minimum, maka larutan pH buffer up akan diinjeksi, sedangkan jika pH berada di atas batas maksimum, maka larutan pH buffer down akan diinjeksikan. Seluruh data pemantauan dikirimkan ke cloud untuk ditampilkan secara real-time.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi

Perangkat Keras Perangkat keras berhasil dirakit sesuai dengan perancangan yang telah ditentukan. Komponen utama yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor pH 4502C, modul relay, heater, serta katup solenoida pH. Seluruh komponen terintegrasi dengan baik dan mampu berkomunikasi dengan basis data melalui jaringan internet.



Gambar 1. Desain rancangan alat

3.2 Pengujian Katup Solenoida pH

Pengujian katup solenoida pH dilakukan dengan cara memberikan perintah melalui ESP32 berdasarkan pembacaan sensor pH. Hasil pengujian menunjukkan bahwa katup solenoida pH buffer up aktif ketika pH berada pada kisaran rendah (sekitar 3,24–3,58), sedangkan katup solenoida pH buffer down aktif ketika pH berada pada kisaran tinggi (sekitar 8,93–9,39). Seluruh pengujian menunjukkan hasil berhasil.

Tabel 1. Pengujian ph buffer down

No	Hasil deteksi sensor pH	Selenoid valve pH Down
1	9.35	✓
2	9.30	✓
3	9.30	✓
4	9.39	✓
5	9.38	✓
6	9.00	✓
7	8.93	✓
8	9.33	✓
9	9.35	✓
10	9.30	✓

Tabel 2. Pengujian ph buffer up

No	Hasil deteksi sensor pH	Selenoid valve pH UP
1	3.32	✓
2	3.38	✓
3	3.35	✓
4	3.24	✓
5	3.40	✓
6	3.58	✓
7	3.55	✓
8	3.43	✓
9	3.28	✓
10	3.31	✓

3.3 Pengujian Pemanas Air (Heater)

Pengujian heater dilakukan dengan mengamati respons sistem terhadap perubahan suhu air. Heater akan aktif ketika suhu berada di bawah 26 °C dan akan mati ketika suhu mencapai nilai yang telah ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa heater mampu bekerja secara otomatis dan mempertahankan suhu air dalam batas yang diinginkan.

Tabel 3. Pengujian heater

No	Hasil deteksi Suhu	Heater menyala
1	30.19	X
2	30.75	X
3	31.37	x
4	32.25	X
5	33.44	X
6	35	X
7	29.87	X

8	26.19	✓
9	23.84	✓
10	20.69	✓

3.4 Antarmuka Web

Antarmuka web menampilkan data suhu dan pH secara real-time. Selain itu, tersedia halaman histori yang menampilkan grafik perubahan suhu dan pH sebagai dokumentasi data hasil pemantauan sebelumnya.

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem akuarium pintar berbasis mikrokontroler ESP32 mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian kualitas air secara otomatis dengan tingkat kinerja yang baik. Sensor suhu DS18B20 dan sensor pH 4502C mampu memberikan data yang stabil dan konsisten untuk diproses oleh mikrokontroler. Sistem kendali bekerja secara responsif dengan mengaktifkan heater ketika suhu berada di bawah ambang batas serta mengatur injeksi larutan pH untuk mempertahankan pH air pada kisaran ideal. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi sensor dan aktuator dalam satu sistem tertanam (embedded system) mampu menggantikan proses pemantauan manual yang selama ini bergantung pada pengamatan visual dan pengukuran konvensional.

Keakuratan pembacaan sensor suhu DS18B20 terlihat stabil dalam rentang pengujian yang dilakukan. Sensor ini mampu mendeteksi perubahan suhu secara cepat sehingga sistem dapat segera mengambil tindakan korektif melalui aktivasi heater. Stabilitas suhu sangat penting karena fluktuasi suhu yang ekstrem dapat menyebabkan ikan mengalami stres dan menurunkan daya tahan tubuh. Sensor pH 4502C juga menunjukkan performa yang baik dalam memantau perubahan tingkat keasaman air. Dengan pengendalian pH yang otomatis, risiko ikan mengalami gangguan fisiologis akibat perubahan pH mendadak dapat diminimalkan. Hal ini sejalan dengan prinsip pemeliharaan ikan hias yang menuntut kestabilan parameter lingkungan secara berkelanjutan.

Kestabilan jaringan internet terbukti memengaruhi kecepatan transmisi data ke server dan tampilan informasi secara real-time pada antarmuka web. Pada kondisi jaringan yang stabil, waktu tunda (delay) pengiriman data berada pada kisaran 1–2 detik, yang masih tergolong sangat baik untuk sistem monitoring berbasis IoT. Sementara itu, pada kondisi jaringan yang tidak stabil, waktu tunda dapat meningkat hingga 5–7 detik. Meskipun demikian, keterlambatan ini tidak mengganggu fungsi utama pengendalian karena sistem dirancang mampu bekerja secara lokal (standalone) tanpa sepenuhnya bergantung pada koneksi internet. Dengan demikian, sistem tetap dapat menjaga suhu dan pH air walaupun terjadi gangguan jaringan.

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi pemeliharaan ikan hias. Pengguna tidak lagi harus melakukan pemantauan secara langsung dan berulang-ulang, melainkan cukup memantau kondisi akuarium melalui perangkat berbasis web atau ponsel pintar dari jarak jauh. Hal ini tidak hanya menghemat waktu dan tenaga, tetapi juga meminimalkan kesalahan manusia (human error) yang sering terjadi dalam pengukuran manual. Otomatisasi pengendalian suhu dan pH juga membantu menjaga kualitas lingkungan akuarium tetap berada pada kondisi optimal secara konsisten.

Dibandingkan dengan metode konvensional, sistem akuarium pintar ini memberikan keunggulan pada aspek responsivitas dan keberlanjutan pemantauan. Dalam sistem manual, perubahan suhu atau pH sering kali terlambat terdeteksi sehingga dapat berdampak buruk bagi ikan. Dengan sistem berbasis ESP32 dan IoT, setiap perubahan parameter lingkungan dapat langsung dipantau dan dikoreksi secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan

mikrokontroler dan jaringan internet mampu meningkatkan kualitas manajemen akuarium, baik untuk skala hobi maupun skala semi-profesional.

Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa sistem akuarium pintar berbasis ESP32 berhasil memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu menyediakan sistem pemantauan dan pengendalian suhu dan pH air secara otomatis, real-time, dan efisien. Sistem ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan parameter kualitas air lainnya, seperti kekeruhan, kadar oksigen terlarut, atau amonia. Dengan pengembangan tersebut, sistem diharapkan mampu menjadi solusi yang lebih komprehensif dalam pengelolaan akuarium berbasis teknologi IoT untuk menunjang keberhasilan pemeliharaan ikan hias secara berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem akuarium pintar berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk memantau serta mengendalikan suhu dan pH air secara otomatis berbasis IoT.
2. Sistem mampu menjaga suhu air pada rentang 26–28 °C dan pH air pada kisaran 6,5–7,2 sesuai dengan kebutuhan ikan hias air tawar.
3. Kinerja pengiriman data dan kendali jarak jauh dipengaruhi oleh kestabilan jaringan internet, khususnya pada waktu tunda (delay) pengiriman data.

Referensi

- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
- Hidayat, R., & Lestari, D. (2021). Sistem Monitoring Kualitas Air Budidaya Udang Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Perikanan*, 10(2), 101–110.
- Pratama, A., & Hidayat, T. (2019). Akuarium sebagai Elemen Estetika Interior. *Jurnal Desain Interior*, 4(1), 15–22.
- Rizal, M., & Kurniawan, D. (2020). Konsep Aquascape sebagai Representasi Ekosistem Alami dalam Akuarium. *Jurnal Seni dan Desain*, 8(2), 65–73.
- Suryawan, I. G., Putra, R. A., & Dharma, I. P. A. (2020). Perancangan Sistem Monitoring pH dan Kekkeruhan Air Akuarium Berbasis Web Menggunakan IoT. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(1), 45–54.
- Sutanto, A., & Wibowo, S. (2018). Pengaruh Suhu dan pH terhadap Kelangsungan Hidup Ikan Hias. *Jurnal Perikanan Tropis*, 6(1), 23–30.
- Yuliana, R., Handayani, S., & Prabowo, A. (2021). Monitoring Lingkungan Akuarium Berbasis Internet of Things. *Jurnal Sistem Tertanam*, 5(2), 89–98.