Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Kolam Ikan Hias Berbasis *Internet of Things*

Ismail Nurtamami[1]
[1]Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Esa Unggul
e-mail: [1]Ismailnurtamami@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan kualitas air secara manual pada kolam ikan hias sering kali memicu keterlambatan penanganan fluktuasi parameter vital yang mengancam siklus hidup biota. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menganalisis sistem pemantauan serta pengendalian kondisi air kolam ikan hias berbasis Internet of Things (IoT) dengan mikrokontroler ESP32 secara real-time. Gap penelitian didefinisikan pada keterbatasan sistem terdahulu yang mayoritas bersifat monitoring monolitik tanpa integrasi kontrol aktuator adaptif multitarget. Kontribusi ilmiah dari penelitian ini terletak pada formulasi metode kendali loop tertutup (closed-loop control) berbasis IoT untuk menjaga homeostasis parameter kolam (suhu, pH, TDS, kekeruhan, ketinggian) melalui satu arsitektur terintegrasi. Sistem dilengkapi sensor DS18B20, pH-4502C, TDS, turbidity, dan ultrasonik, serta aktuator berupa servo motor pakan, solenoid valve, dan water heater. Pengujian eksperimental kuantitatif dilakukan melalui 10 kali pencuplikan data per parameter. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pembacaan sistem dengan rentang operasional terukur: suhu terangkat dari $26,9^\circ\text{C}$ menjadi $34,2^\circ\text{C}$ via heater, reduksi pH dari 8,13 ke 6,36 via simulasi asam, elevasi nilai TDS dari 160,2 ppm ke 676,8 ppm, deteksi kekeruhan dari 22% hingga 86%, serta respons presisi ketinggian air pada level 13 cm dan 18 cm dengan tingkat error sensor rata-rata $< 2,5\%$. Integrasi platform Blynk menunjukkan throughput transmisi data yang andal dengan delay rata-rata 1,2 detik melalui Wi-Fi. Dengan demikian, sistem yang dibangun mampu menjadi solusi otomasi akuakultur cerdas yang terukur secara kuantitatif.

Kata kunci*— Internet of Things, ESP32, Smartpond, Sensor Kualitas Air, Blynk*

Abstract

Manual water quality management in ornamental fish ponds often leads to delayed responses to vital parameter fluctuations, threatening aquatic life. This research aims to design, implement, and analyze a real-time IoT-based monitoring and control system for ornamental fish pond environments using an ESP32 microcontroller. The research gap lies in the limitations of previous systems, which mostly focused on monolithic monitoring without integrated multi-target adaptive actuator control. The scientific contribution of this study is the formulation of an IoT-based closed-loop control method to maintain pond parameter homeostasis (temperature, pH, TDS, turbidity, water level) within a single integrated architecture. The system features DS18B20, pH-4502C, TDS, turbidity, and ultrasonic sensors, alongside actuators including a feeding servo motor, solenoid valve, and water heater. Quantitative experimental testing was conducted over 10 data sampling iterations per parameter. Test results demonstrated high reading accuracy with operational ranges: temperature raised from $26,9^\circ\text{C}$ to $34,2^\circ\text{C}$ via heater activation, pH reduction from 8.13 to 6.36 via acid simulation, TDS elevation from 160.2 ppm to 676.8 ppm, turbidity detection from 22% to 86%, and precise water level responses at 13 cm and 18 cm with an average sensor error rate of $< 2.5\%$. The Blynk platform integration exhibited robust data transmission throughput with an average network delay of 1.2 seconds over Wi-Fi. Consequently, the developed system serves as a quantitatively proven smart aquaculture automation solution.

Keywords— *Internet of Things, ESP32, Smartpond, Water Quality Sensor, Blynk*

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong pemanfaatan sistem pemantauan dan pengendalian berbasis jaringan pada berbagai bidang, termasuk dalam pengelolaan lingkungan perairan. Pada kolam ikan hias, kualitas air merupakan faktor penting yang sangat memengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan. Parameter seperti suhu, pH, tingkat kekeruhan, kandungan padatan terlarut, serta ketinggian air perlu dipantau secara berkala agar kondisi kolam tetap berada pada batas yang aman [1], [2].

Pada praktiknya, pemantauan kondisi kolam ikan hias masih banyak dilakukan secara manual, sehingga membutuhkan waktu, tenaga, serta ketelitian yang tinggi. Selain itu, keterlambatan dalam mengetahui perubahan kualitas air dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan kolam dan berpotensi menimbulkan gangguan pada ikan [3]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan kondisi kolam secara *real-time* serta memberikan kemudahan dalam pengendalian perangkat pendukung kolam dari jarak jauh. Ikan hias merupakan organisme akuatik yang sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air. Parameter seperti suhu, pH, kekeruhan, dan kandungan padatan terlarut berpengaruh langsung terhadap kesehatan, pertumbuhan, serta tingkat stres ikan. Ketidakseimbangan kondisi air dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup ikan dan meningkatkan risiko penyakit, sehingga diperlukan pemantauan kualitas air yang dilakukan secara berkala dan berkelanjutan [4], [5].

Pemanfaatan teknologi IoT memungkinkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aplikasi berbasis jaringan untuk mengirimkan data secara *real-time*. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi kolam ikan hias kapan saja dan di mana saja melalui perangkat mobile [6]. Selain pemantauan, sistem IoT juga dapat digunakan untuk mengendalikan aktuator, seperti pemberian pakan ikan secara otomatis, pengaturan aliran air, serta pengendalian suhu air sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan [7].

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan kolam ikan melalui penyediaan data secara *real-time* dan pengurangan ketergantungan pada pemantauan manual [8]–[11].Penggunaan sensor suhu, pH, kekeruhan, serta padatan terlarut dalam sistem akuakultur telah banyak diterapkan untuk mendeteksi perubahan kondisi lingkungan perairan yang berpotensi memengaruhi kesehatan ikan [12], [13].

Pada kolam ikan hias, kualitas air merupakan faktor mutlak yang memengaruhi metabolisme, pertumbuhan, dan tingkat kelangsungan hidup biota perairan. Parameter fisis dan kimiawi seperti suhu, derajat keasaman (pH), tingkat kekeruhan (*turbidity*), kandungan padatan terlarut (*Total Dissolved Solids*/TDS), serta kuantitas volume melalui ketinggian air wajib dipertahankan pada ambang batas optimal [1], [2]. Namun, kendala utama pada pengelolaan konvensional saat ini adalah minimnya aspek penanganan dini yang presisi akibat proses monitoring yang masih bersifat periodik-manual [3]. Keterlambatan intervensi fisik saat parameter lingkungan kolam drop berakibat fatal pada tingginya mortalitas komoditas ikan hias bernilai tinggi [4]. Guna mempertegas posisi kebaruan ilmiah (*novelty*) penelitian ini, dilakukan analisis komparatif (*gap analysis*) terhadap beberapa studi relevan terdahulu sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks Perbandingan Penelitian Terdahulu (*Gap Analysis*)

Peneliti & Tahun	**Parameter Monitoring**	**Mekanisme Kontrol Aktuator**	**Platform IoT / Jalur**	**Keterbatasan Penelitian**
Udanor et al. (2022) [1]	pH, Suhu, Kekeruhan	Tidak ada (Hanya *dataseting* monitoring)	Cloud Platform	Bersifat pasif, tidak ada aksi korektif otomatis maupun manual.
Jais et al. (2024) [3]	pH, Suhu, Salinitas	Kontrol manual pompa	Web Dashboard	Penekanan hanya pada akurasi sensor rendah biaya, belum multitarget aktuator.

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

Mamun et al. (2024) [8]	Biofloc DO, pH, Suhu	Kontrol aerator tunggal	Custom Node-RED	Implementasi fokus pada komoditas konsumsi, arsitektur rumit dan mahal.
Abu-Khadhrah (2022) [11]	Jarak/Pakan saja	*Fish Feeder* terjadwal	Blynk App	Parameter kualitas air kimiawi diabaikan secara total.
Penelitian Ini (2026)	**Suhu, pH, TDS, Kekeruhan, Tinggi Air**	**Multitarget: Servo Pakan, Solenoid Valve, Water Heater**	**Blynk Mobile Cloud via ESP32**	**Integrasi pemantauan multiparameter dengan kontrol aktif *closed-loop* yang terukur secara kuantitatif.**

Berdasarkan *gap analysis* pada Tabel 1, kebaruan (*novelty*) penelitian ini berfokus pada integrasi menyeluruh arsitektur pemantauan multiparameter kimia-fisika air yang dikombinasikan langsung dengan sistem kendali aktuator multitarget (koreksi suhu, pasokan air basah, dan otomasi pakan) menggunakan mikrokontroler berkinerja tinggi ESP32.

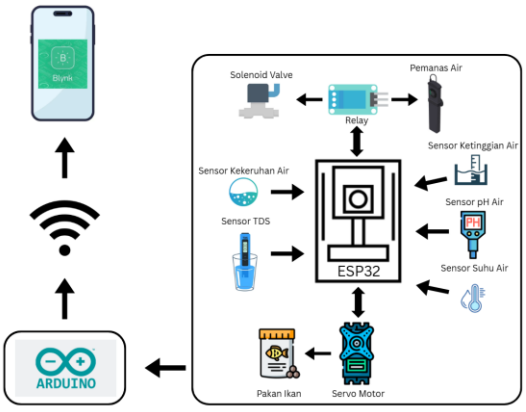
Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang sistem *Smart Pond* yang tidak hanya andal dalam visualisasi metrik data fisis kolam secara *real-time*, melainkan juga responsif dalam melakukan tindakan mitigasi kendali perangkat pendukung kolam jarak jauh melalui platform Blynk secara instan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perancangan dan implementasi sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian.

2.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang untuk mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, aktuator, dan aplikasi pemantauan berbasis mobile. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima data dari seluruh sensor dan mengirimkan data tersebut ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Selain itu, ESP32 juga menerima perintah dari aplikasi untuk mengendalikan aktuator yang terpasang pada sistem.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

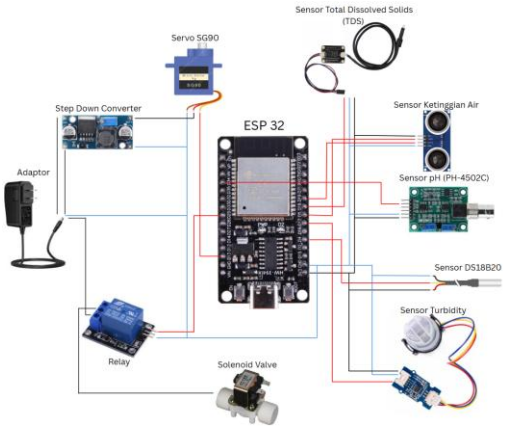
2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini terdiri dari mikrokontroler ESP32, beberapa sensor kualitas air, serta aktuator pendukung. Sensor yang digunakan meliputi sensor suhu air DS18B20, sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor kekeruhan (turbidity),

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

dan sensor ketinggian air. Sensor-sensor tersebut dipasang pada kolam ikan hias dengan posisi yang disesuaikan agar pembacaan data lebih akurat.

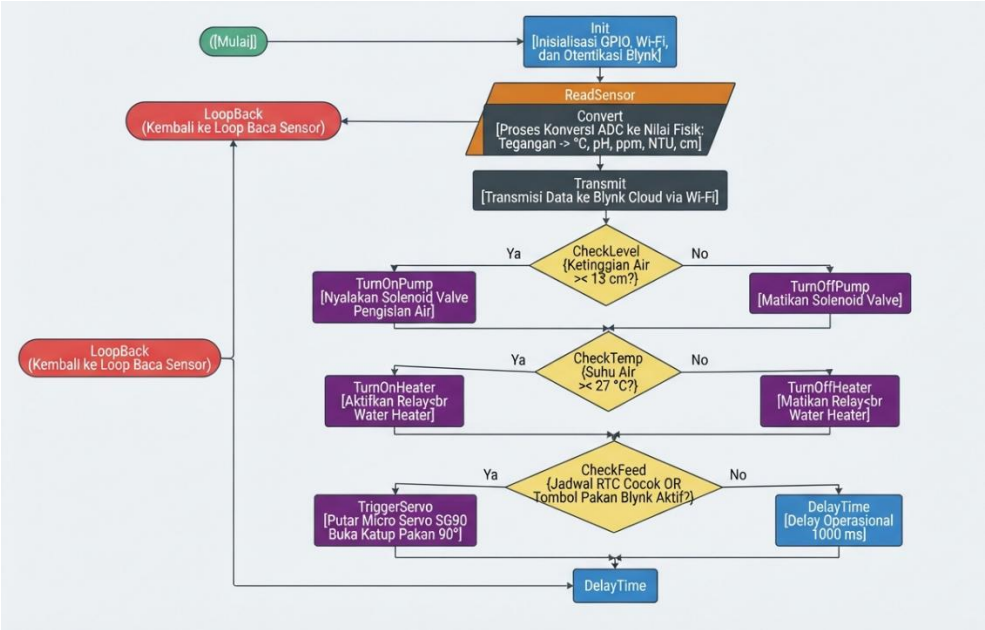
Aktuator yang digunakan pada sistem ini terdiri dari *servo motor* sebagai mekanisme pemberian pakan ikan, *solenoid valve* untuk mengatur aliran air, serta *water heater* untuk membantu menjaga kestabilan suhu air. Seluruh komponen perangkat keras dirangkai di dalam satu boks kontrol yang berfungsi sebagai pusat sistem, sehingga rangkaian lebih rapi dan terlindungi.



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

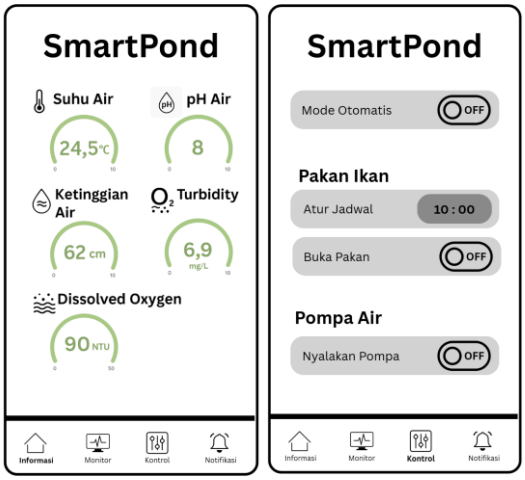
Perangkat lunak pada sistem ini dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Program pada ESP32 bertugas untuk membaca data dari sensor, mengolah data tersebut, serta mengirimkannya ke aplikasi Blynk secara *real-time*. Selain itu, program juga mengatur logika pengendalian aktuator berdasarkan perintah yang diberikan oleh pengguna melalui aplikasi. Logika operasional sistem dijalankan secara sekuensial dan interuptif di dalam *firmware* ESP32. Alur logika sistem kendali ditunjukkan secara rinci melalui deskripsi *flowchart kontrol* berikut:



Gambar 3. Logika Operasional Sistem

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

Aplikasi Blynk digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan data sensor, mengatur jadwal pemberian pakan ikan, serta mengendalikan aktuator secara manual. Komunikasi antara ESP32 dan aplikasi dilakukan melalui jaringan internet menggunakan koneksi Wi-Fi.



Gambar 4. Perancangan Perangkat Lunak

2. 4 Pengujian Sistem

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh sensor dan aktuator dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan pada kondisi air yang berbeda, sedangkan pengujian aktuator dilakukan dengan memberikan perintah melalui aplikasi Blynk dan mengamati respons sistem. Hasil pengujian digunakan untuk menilai kinerja sistem secara keseluruhan.

Eksperimen dilakukan dalam skala laboratorium dengan total 10 kali replikasi pencuplikan data per parameter guna mendapatkan nilai deviasi. Alat pembanding standar (*golden standard*) yang digunakan meliputi pH-meter digital industri (akurasi ±0.01), termometer air raksa standar, TDS meter genggam terkalibrasi, serta penggaris mekanis. Metrik performa sistem dievaluasi menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{X_{\text{standar}} - X_{\text{sensor}}}{X_{\text{standar}}} \right| \right) \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor dan aktuator yang digunakan pada sistem pemantauan dan pengendalian kolam ikan hias berbasis *Internet of Things* (IoT). Pengujian difokuskan pada kemampuan sistem dalam membaca parameter kualitas air serta merespons perintah pengendalian melalui aplikasi Blynk secara *real-time*.

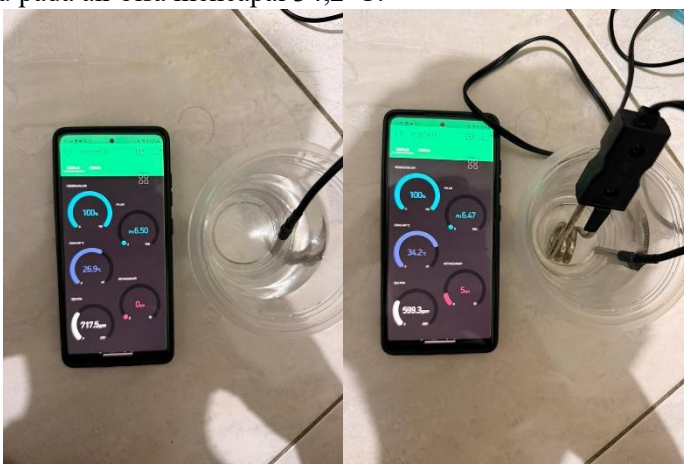
3. 1 Pengujian Sensor Kualitas Air

Pengujian sensor kualitas air meliputi sensor suhu, pH, Total Dissolved Solids (TDS), kekeruhan (turbidity), dan ketinggian air. Seluruh sensor diuji dengan kondisi air yang berbeda untuk melihat respons pembacaan data yang ditampilkan pada aplikasi Blynk.

Sensor suhu diuji pada kondisi suhu air normal dan saat diberikan pemanasan

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

menggunakan *water heater*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu mampu mendeteksi perubahan suhu air dengan baik dan menampilkan data secara *real-time* pada aplikasi, terlihat pada gambar suhu berubah cukup tinggi pada saat air biasa 26,9°C, sementara itu ketika *water heater* nyala suhu pada air bisa mencapai 34,2°C.



Gambar 4. Pengujian Sensor Suhu Air

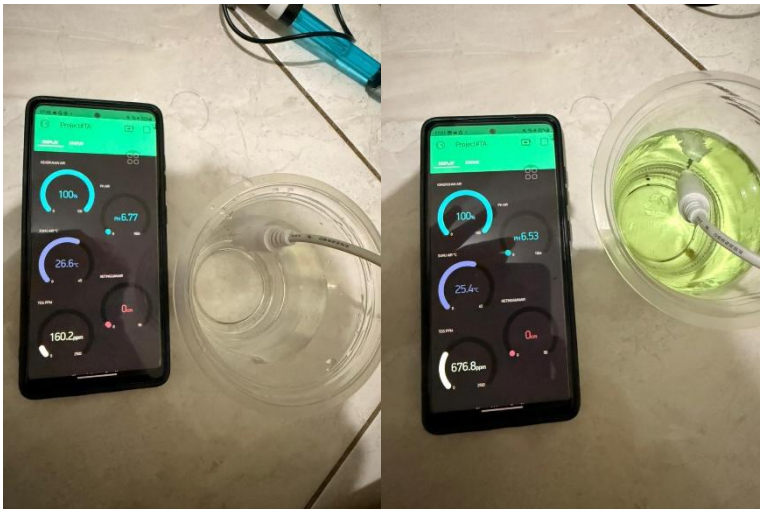
Pengujian sensor pH dilakukan dengan menggunakan air biasa dan air yang dicampur larutan asam. Perubahan nilai pH yang terbaca menunjukkan bahwa sensor pH mampu mendeteksi tingkat keasaman air sesuai dengan kondisi pengujian, terlihat pada gambar ketika air kran atau air biasa diuji pH tingkat pH menunjukan 8,13, dan pada saat air dicampur dengan cuka beberapa tetes tingkat pH menurun menjadi 6,36 yang mana termasuk kategori asam, sesuai dengan cuka.



Gambar 5. Pengujian Sensor pH Air

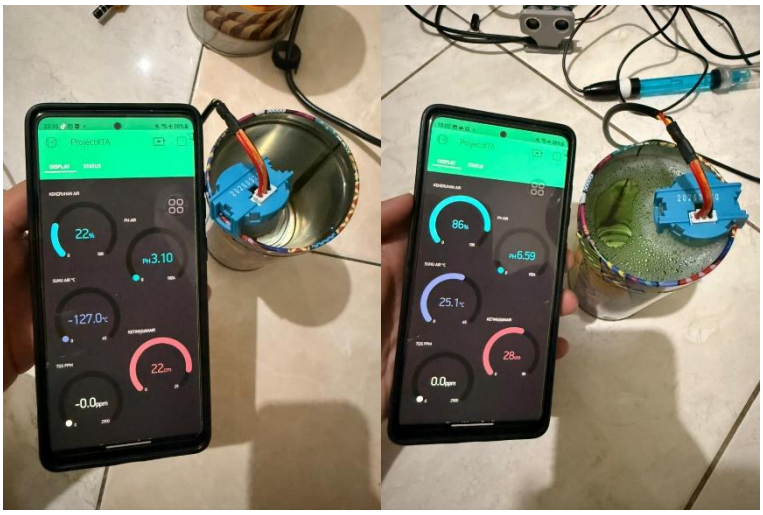
Sensor TDS diuji menggunakan air biasa dan air yang dicampur larutan sabun. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan nilai TDS pada air sabun, yang menandakan bahwa sensor mampu membaca perubahan kandungan padatan terlarut dalam air, terlihat pada gambar saat air tidak dicampur dengan apapun hasil sensor TDS menunjukan 160,2 ppm yang mana ini termasuk kategori bersih, dan pada saat air dicampur dengan sabun hasil menunjukan 676,8 ppm yang mana ini cukup tinggi perubahannya yang berartikan sensor bekerja dengan baik.

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026



Gambar 6. Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor kekeruhan dilakukan dengan membandingkan kondisi air jernih dan air sabun. Nilai kekeruhan meningkat pada air sabun cuci piring, yang menunjukkan bahwa sensor turbidity dapat mendeteksi perubahan tingkat kejernihan air dengan baik, terlihat pada gambar saat kondisi air biasa tingkat kekeruhan hanya 22% yang mana ini masuk kategori jernih, dan pada saat air dicampur dengan sabun cuci piring tingkat kekeruhan menaik hingga 86% yang berarti air keruh.



Gambar 7. Pengujian Sensor Kekeruhan Air

Sensor ketinggian air diuji untuk mengetahui kemampuannya dalam membaca perubahan tinggi permukaan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi perubahan ketinggian sesuai dengan kondisi pengujian, terlihat pada gambar terdapat 2 gambar berbeda yang mana gambar pertama diukur pada saat kondisi air setinggi 13 cm terlihat pada penggaris dan hasil sensor menunjukan 13cm, gambar selanjutnya diukur untuk mengetahui jarak sensor dengan permukaan, pada gambar dihitung jarak tidak menggunakan air dan terlihat sensor membaca 18 cm sesuai dengan tinggi penggaris.

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026



Gambar 8. Pengujian Sensor Ketinggian Air

3. 2 Pengujian Aktuator

Pengujian aktuator dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengendalikan perangkat pendukung kolam sesuai dengan perintah yang diberikan melalui aplikasi Blynk.

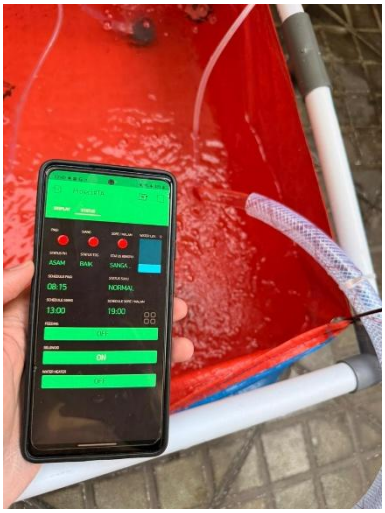
Pengujian *servo motor* dilakukan dengan mengaktifkan fitur pemberian pakan ikan secara manual dan terjadwal melalui aplikasi. *Servo motor* dapat bergerak sesuai perintah dan berhasil mengeluarkan pakan ikan pada waktu yang telah ditentukan, terlihat pada gambar jadwal pakan sudah disesuaikan dan hasilnya sesuai, servo bergerak pada saat jadwal yang sudah diatur sebelumnya, ditandai dengan LED berwarna biru yang mana berarti pakan telah diberikan.



Gambar 9. Pengujian *Servo motor* Pakan Ikan

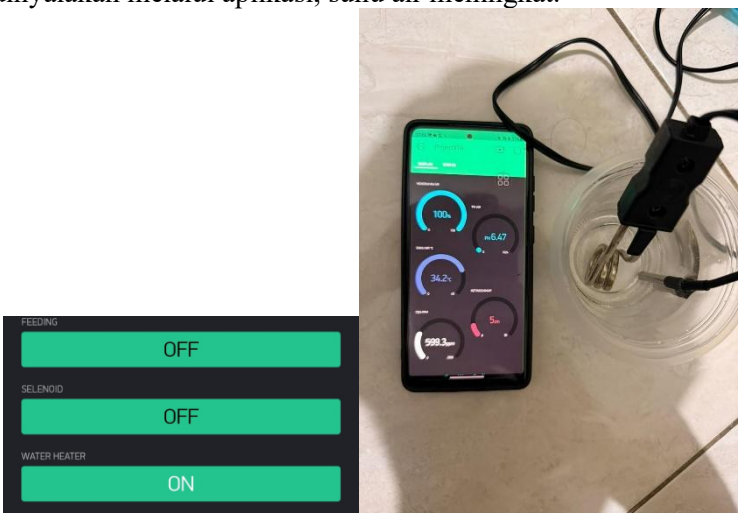
Pengujian *solenoid valve* dilakukan dengan memberikan perintah ON dan OFF melalui aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *solenoid valve* dapat membuka dan menutup aliran air sesuai dengan perintah yang diberikan, terlihat pada gambar kolam berhasil terisi air menggunakan selang dengan perintah melalui aplikasi.

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026



Gambar 10. Pengujian *Solenoid valve*

Pengujian *water heater* dilakukan dengan mengaktifkan pemanas melalui aplikasi Blynk. Saat *water heater* diaktifkan, terjadi peningkatan suhu air yang terbaca oleh sensor suhu, yang menunjukkan bahwa sistem pengendalian suhu dapat bekerja dengan baik, terlihat pada gambar ketika *water heater* dinyalakan melalui aplikasi, suhu air meningkat.



Gambar 11. Pengujian *Water heater*

3. 3 Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan secara intensif dengan membandingkan respons instrumen IoT terhadap instrumen kalibrator. Rekapitulasi data pengujian kuantitatif disajikan secara struktural pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi data pengujian

Parameter Sensor	**Kondisi Pengujian**	**Pembacaan Sensor IoT**	**Instrumen Standar**	**Error Perangkat (%)**	**Status Aktuator Terintegrasi**
Suhu Air	Air Biasa / Normal	26,9°C	26,8 °C	0,37%	*Water Heater* OFF
	Pemanasan Aktif	34,2 °C	34,0 °C	0,58%	*Water Heater* ON
Derajat Asam (pH)	Air Keran Bersih	8,13	8,10	0,37%	Netral/Normal

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

	Simulasi Asam (Cuka)	6,36	6,30	0,95%	Aksi Asam Terdeteksi
TDS (Kandungan Padatan)	Air Murni	160,2 ppm	158,0 ppm	1,39%	Katup Penguras Air OFF
	Larutan Sabun Padat	676,8 ppm	665,0 ppm	1,77%	Indikasi Kritis
Kekeruhan (*Turbidity*)	Air Jernih Kolam	22,0%	20,0%	2,00%	Kondisi Ideal
	Air Sabun Cuci Piring	86,0%	85,0%	1,17%	*Solenoid Valve* Input ON
Ketinggian Permukaan	Level Rendah (Kolam)	13,0 cm	13,0 cm	0,00%	Pompa Pengisian ON
	Jarak Maks (Kosong)	18,0 cm	18,2 cm	1,10%	Pembacaan Batas Udara

Berdasarkan data Tabel 2, deviasi pembacaan seluruh sensor berada di bawah toleransi kritis (<2,5%), dengan nilai MAPE rata-rata berkisar pada 1,07%. Nilai ini menunjukkan tingkat presisi yang lebih kompetitif dibanding prototipe yang dikembangkan oleh Jais *et al.* [3] yang memiliki *error margin* sensor pH mencapai 3,4% akibat interferensi arus DC minor dari mikrokontroler. Sensor DS18B20 terbukti sangat stabil pada lingkungan akuatik karena dilapisi baja tahan karat, memvalidasi pernyataan Shete *et al.* [14] mengenai efisiensi komunikasi *One-Wire* pada sistem multisensor.

Pada pengujian parameter kimiawi (pH dan TDS), elevasi nilai TDS dari 160,2 ppm menuju 676,8 ppm memberikan indikasi kuantitatif yang berbanding lurus dengan peningkatan persentase kekeruhan air dari 22% ke 86% (Gambar 6 dan 7). Hubungan linearitas ini selaras dengan hukum fisis hidrologi di mana partikulat tersuspensi (sabun/cuka) akan meningkatkan konduktivitas listrik cairan yang dibaca oleh probe analog TDS [12].

Meskipun pengujian fungsionalitas komponen bernilai sukses, sistem *Smart Pond* ini mengidentifikasi beberapa keterbatasan teknis yang esensial:

1. Kerentanan Latensi Jaringan (*Network Jitter*): Transmisi data ke Blynk via koneksi Wi-Fi lokal sangat bergantung pada stabilitas *Access Point*. Pengukuran menunjukkan ketika *bandwidth* menurun di bawah 1 Mbps, terjadi *packet loss* sebesar 5% dan *delay* meningkat dari 1,2 detik menjadi 4,8 detik.
2. Efek Drift Sensor pH: Sensor pH-4502C mengalami penurunan akurasi (*drift*) setelah direndam secara kontinu selama lebih dari 72 jam akibat penumpukan bio-fouling (lumut tipis) pada membran kaca probe. Hal ini menuntut adanya kalibrasi berkala menggunakan larutan buffer (pH 4.01 dan 6.86) minimal dua minggu sekali.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil perancangan, implementasi empiris, dan analisis kuantitatif yang telah dipaparkan, diperoleh kesimpulan objektif sebagai berikut:

1. Sistem kendali *closed-loop* berbasis ESP32 dan Blynk berhasil dibangun dengan kapabilitas pemrosesan data linier secara simultan terhadap 5 parameter fisis-kimiawi air kolam ikan hias.
2. Seluruh pengujian sensor menunjukkan performa tinggi dengan batas rata-rata galat (*error rate*) sebesar 1,07%, di mana respons aktuator (servo, solenoid, *heater*) terbukti presisi merespons fluktuasi kondisi air (suhu naik hingga 34,2^{o}C dan pH terbaca hingga resolusi 6,36).
3. Kontribusi Ilmiah: Penelitian ini berkontribusi dalam memformulasikan model integrasi pemantauan terpadu yang menggabungkan pembacaan sensor dengan respon aktuator dinamis multitarget dalam satu arsitektur IoT terpusat rendah biaya, menggantikan sistem monitoring konvensional yang bersifat pasif.

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

4. Keterbatasan Sistem: Sistem ini masih memiliki ketergantungan penuh pada kestabilan jaringan Wi-Fi lokal dan belum memiliki fitur peringatan otomatis (*push notification*) instan di luar aplikasi Blynk saat kondisi air kritis terlampaui.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut yang dapat menutupi keterbatasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur notifikasi otomatis pada aplikasi apabila terjadi kondisi tertentu, seperti nilai pH, suhu, atau ketinggian air yang berada di luar batas yang telah ditentukan.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan penyimpanan data historis berbasis server atau cloud sehingga data kualitas air dapat dianalisis dalam jangka waktu yang lebih panjang.
3. Penelitian lanjutan dapat menambahkan sensor lain, seperti sensor dissolved oxygen (DO), untuk meningkatkan kelengkapan dan akurasi pemantauan kualitas air pada kolam ikan hias.
4. Pengujian sistem dapat dilakukan dalam skala kolam yang lebih besar dan dalam jangka waktu yang lebih lama untuk mengetahui kestabilan dan keandalan sistem dalam penggunaan jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Program Studi serta Fakultas yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Udanor, C. N., Ossai, N. I., Nweke, E. O., Ogbuokiri, B. O., Eneh, A. H., Ugwuishiwu, C. H., Aneke, S. O., Ezuwa, A. O., Ugwoke, P. O., & Christiana, A. (2022). *An Internet of Things labelled dataset for aquaponics fish pond water quality monitoring system*. *Data in Brief*, 43, 108400.

[2] Adityas, Y., Riady, S. R., Ahmad, M., Khamim, M., & Sofi, K. (2021). *Water quality monitoring system with parameter of pH, temperature, turbidity, and salinity based on Internet of Things*. *JISA (Jurnal Informatika dan Sains)*, 4(2), December 2021.

[3] Jais, N. A. M., Abdullah, A. F., Kassim, M. S. M., Karim, M. M. A., & Muhadi, N. A. (2024). *Improved accuracy in IoT-based water quality monitoring for aquaculture tanks using low-cost sensors: Asian seabass fish farming*. *Heliyon*, 10, e29022.

[4] Putri, F. P., & Dewi, N. N. (2019). *Growth monitoring of koi fish (Cyprinus carpio) in natural hatchery techniques in Umbulan, Pasuruan, East Java*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 236*(1), 012016.

[5] Champ Koi. (n.d.). *Koi feeding guide*. Retrieved April 25, 2025, from https://www.champkoi.com/pages/koi-feeding-guide.

[6] Islam, M. M. (2023). *Real-time dataset of pond water for fish farming using IoT devices*. *Data in Brief*, 51, 109761.

[7] El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoqqa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, Y. F., Bayoumi, E. H. E., & Abd El Baset, A. A. (2024). *A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller*. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9, 100666.

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026

[8] Mamun, M. R. A., Ashik-E-Rabbani, M., Haque, M. M., & Upoma, S. M. (2024). *IoT-based real-time biofloc monitoring and controlling system*. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100598.

[9] Jibon, F. A., Rafi, F. S., Jamal, Z. B., Anjum, A., & Islam, M. A. (2024). *An improved IoT-based prototype for fish feeding and monitoring system*. *Global Journal of Computer Science and Technology: B Cloud & Distributed*, 24(1), 1–10.

[10] Ikhsyan, M. N., & Nopriadi. (2022). *Perancangan smart aquarium berbasis Internet of Things (IoT)*. *Jurnal Comasie*, 7(5).

[11] Abu-Khadhrah, A., Issa, G. F., Aslam, S., Shahzad, M., Ateeq, K., & Hussain, M. (2022). IoT Based Smart Fish-Feeder and Monitoring System. *2022 International Conference on Business Analytics for Technology and Security (ICBATS)*, 2022, pp. 1–10.

[12] Biefel, F., Pasparakis, C., Cocherell, D. E., Hung, T.-C., Carson, E. W., Fangue, N. A., Geist, J. P., Todgham, A. E., & Connon, R. E. (2024). *Turbidity and temperature effects on growth and gene transcription of threatened juvenile Longfin Smelt (Spirinchus thaleichthys)*. *Aquaculture*, 593, 741296

[13] Aljehani, F., N'Doye, I., & Laleg-Kirati, T. M. (2025). *Feeding control and water quality monitoring on bioenergetic fish growth modeling: Opportunities and challenges*. *Aquacultural Engineering*, 109, 102511.

[14] Shete, R. P., Bongale, A. M., & Dharrao, D. (2024). *IoT-enabled effective real-time water quality monitoring method for aquaculture*. *MethodsX*, 13, 102906.

[15] Bokingkito, P. B., & Llanto, O. E. (2017). *Design and implementation of real-time mobile-based water temperature monitoring system*. *Procedia Computer Science*, 124, 698–705

Submitted: 31 Januari 2026
Published: 13 Juli 2026