

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN IKAN OTOMATIS DAN MONITORING KUALITAS AIR BERBASIS IOT PADA BUDIDAYA IKAN NILA

Ridho Aldino Saputra¹, Atep Iman², Endi Permata³

Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan; Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Ciwaru Raya No. 25, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117, Telp/Fax: (0254) 280330 / (0254) 281254

Keywords:

Internet of Things (IoT), ESP32, automatic fish feeder, water quality monitoring.

Correspondent Email:

atepiman@untirta.ac.id

Abstrak. Kegiatan budidaya ikan nila merah di kolam usaha Bernila, Cimahi, selama ini masih ditangani secara manual, mulai dari pemberian pakan dua kali sehari tanpa jadwal tetap hingga pengecekan kualitas air yang hanya mengandalkan pengamatan visual dan sesekali alat TDS genggam. Cara kerja demikian rawan meleset baik dari sisi waktu pemberian pakan maupun ketelitian data air kolam sehingga berpotensi menurunkan hasil panen. Penelitian ini merancang sistem pemberi pakan otomatis sekaligus pemantau kualitas air berbasis Internet of Things dengan ESP32 sebagai pengendali utama. Pengembangan mengikuti model ADDIE, yaitu analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Perangkat keras meliputi sensor suhu DS18B20, sensor pH 4502C, sensor TDS SEN0244, modul RTC DS3231 untuk penjadwalan, serta motor servo SG90 sebagai pembuka wadah pakan, dengan data ditampilkan pada dashboard Node-RED secara real-time. Uji lapangan menunjukkan servo bekerja tanpa kendala pada setiap jadwal pakan, suhu air 23-27°C, pH 6,77-6,90, dan TDS 425-620 ppm, seluruhnya masih aman bagi ikan nila merah. Validasi terhadap water meter EZ-9908 menunjukkan akurasi sensor suhu rata-rata 98,89%, sensor TDS 98,12%, dan sensor pH 97,90%, dengan galat di bawah 3,2% pada sebagian besar pengukuran. Hasil ini menunjukkan sistem layak dipakai sebagai alternatif otomatisasi budidaya ikan nila skala kecil-menengah.

Abstract. Red tilapia farming at the Bernila pond in Cimahi has so far been handled manually, from feeding twice a day without a fixed schedule to checking water quality only through visual observation and an occasional handheld TDS meter. Such practice is prone to inconsistency in both feeding time and water data accuracy, which may reduce harvest yield. This study designs an automatic feeding system integrated with an IoT-based water quality monitoring system using ESP32 as the main controller. The development follows the ADDIE model, namely analysis, design, development, implementation, and evaluation. The hardware includes a DS18B20 temperature sensor, a pH-4502C sensor, a TDS SEN0244 sensor, an RTC DS3231 module for scheduling, and an SG90 servo motor as the feed-door actuator, with data displayed on a Node-RED dashboard in real time. Field testing shows the servo worked without failure at every feeding schedule, water temperature stayed at 23-27°C, pH at 6.77-6.90, and TDS at 425-620 ppm, all within safe limits for red tilapia. Validation against an EZ-9908 water meter shows an average temperature sensor accuracy of 98.89%, TDS sensor accuracy of 98.12%, and pH sensor accuracy of 97.90%, with error mostly below 3.2%. These results indicate that the system is feasible as an automation alternative for small to medium-scale tilapia farming.



Copyright © 2026 The Author(s),
Published by Jurnal Informatika dan
Teknik Elektro Terapan. This is an
open-access article distributed under
the terms of the Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License (CC BY-NC
4.0).

1. PENDAHULUAN

Para pembudidaya ikan skala rumahan pada umumnya masih mengandalkan rutinitas manual untuk dua pekerjaan yang justru paling menentukan hasil panen, yaitu pemberian pakan dan pengawasan kualitas air. Ketergantungan pada ingatan pemilik kolam membuat waktu pemberian pakan mudah maju-mundur, sementara pengecekan air yang hanya dilakukan sesekali membuat perubahan suhu, keasaman, maupun kadar padatan terlarut baru diketahui setelah kondisinya memburuk. Persoalan semacam ini banyak dijumpai pada usaha budidaya skala kecil-menengah, termasuk pada kolam ikan nila merah milik Bernila yang berlokasi di Jalan Kalasan VI, Melong, Cimahi Selatan.

Perkembangan Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk menutup celah tersebut. Konsep smart fisheries village yang diperkenalkan Al-Khayri dan Yatoo [1] menegaskan bahwa otomatisasi berbasis sensor dan konektivitas nirkabel mampu meningkatkan efisiensi serta produktivitas usaha perikanan tanpa harus menambah tenaga kerja. Definisi IoT sendiri, sebagaimana dirumuskan ITU-T [2], menempatkan jaringan sensor sebagai infrastruktur yang mengumpulkan data tanpa memerlukan interaksi aktif manusia, sedangkan konektivitas WiFi dipilih pada penelitian ini karena kecepatan transfer data yang tinggi dan ketersediaannya yang makin merata di lingkungan usaha kecil [3].

Sejumlah penelitian terdahulu sudah mengarah ke topik ini, namun masih menyisakan celah. Pramana [4] membangun sistem pemantauan suhu, salinitas, dan kesadahan air berbasis komputer, tetapi belum terhubung ke jaringan internet sehingga data hanya bisa dilihat di lokasi. Samura dkk. [5] memakai NI myRIO dengan kendali fuzzy logic yang secara teknis akurat, namun platform tersebut relatif mahal untuk diterapkan pada usaha budidaya skala kecil. Hakimi dkk. [6] sudah menerapkan IoT berbasis LoRa untuk memantau salinitas tambak, tetapi sistemnya belum dilengkapi mekanisme pemberian pakan otomatis. Kharim dkk. [7] mengembangkan kendali fuzzy Sugeno untuk kualitas air Reverse Osmosis yang konteksnya berbeda dari

budidaya ikan, sementara Multazam dan Hasanuddin [8] masih mengandalkan notifikasi SMS yang kurang praktis dibanding dashboard web real-time.

Dari uraian tersebut terlihat bahwa penelitian yang menggabungkan dua fungsi sekaligus, yaitu pemberian pakan terjadwal dan pemantauan kualitas air secara real-time dalam satu platform IoT yang terjangkau, masih jarang diterapkan langsung pada kasus lapangan seperti usaha budidaya ikan nila merah skala rumahan. Observasi awal di Bernila memperlihatkan tiga persoalan konkret: pemberian pakan masih dilakukan dua kali sehari tanpa jadwal tetap dan tanpa takaran yang konsisten, pemantauan kualitas air hanya berlangsung saat pemberian pakan berlangsung, dan pengukuran TDS masih memakai alat manual yang kurang presisi. Ketiga persoalan inilah yang menjadi dasar kebutuhan akan sistem otomatisasi yang terintegrasi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini merancang dan menguji sistem pemberi pakan ikan otomatis sekaligus monitoring kualitas air berbasis IoT dengan ESP32 sebagai pengendali utama, RTC DS3231 sebagai penjadwal pakan, serta sensor suhu, pH, dan TDS yang datanya ditampilkan secara real-time melalui dashboard Node-RED. Tujuan penelitian ini mencakup tiga hal, yaitu merancang sistem kendali pemberian pakan otomatis dan monitoring kualitas air kolam ikan nila merah, menguji tingkat akurasi sensor yang digunakan terhadap alat ukur standar, serta mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem dibandingkan metode manual yang selama ini diterapkan di lokasi penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem kendali dalam penelitian ini merujuk pada pengertian sistem sebagai kumpulan elemen yang saling terorganisasi untuk mencapai tujuan bersama [9], yang pada konteks ini diwujudkan melalui integrasi mikrokontroler, sensor, dan aktuator. Mikrokontroler yang dipakai adalah NodeMCU ESP32, papan pengembangan dengan prosesor dual-core berkecepatan hingga 240 MHz, modul WiFi dan Bluetooth bawaan, 34 pin GPIO, serta dukungan ADC 12-bit yang menjadikannya cocok untuk aplikasi pembacaan sensor dan pengendalian aktuator

pada sistem IoT berbiaya rendah [10].

Parameter suhu air diukur memakai sensor DS18B20 yang bekerja dengan komunikasi one-wire, mempunyai rentang ukur -55°C hingga 125°C dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, serta tahan terhadap kondisi basah sehingga sesuai dipasang langsung di dalam kolam [11]. Kadar padatan terlarut (TDS) dipantau memakai sensor SEN0244 yang mengukur konduktivitas listrik air sebagai representasi jumlah zat terlarut [12], sementara tingkat keasaman air dipantau memakai sensor pH 4502C yang bekerja berdasarkan elektroda kaca untuk mendeteksi konsentrasi ion H^+ dalam larutan [13]. Penjadwalan pemberian pakan dikendalikan oleh modul RTC DS3231 yang mempunyai penyimpangan waktu kurang dari dua menit per tahun dan dilengkapi baterai cadangan sehingga jadwal tidak hilang saat listrik padam [14], sedangkan pembuka wadah pakan digerakkan oleh motor servo SG90 yang dipilih karena ukurannya kecil dan kontrol posisinya presisi [15].

Acuan kelayakan air budidaya pada penelitian ini merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, yang menetapkan suhu ideal $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$, pH 6,5-9, dan TDS di bawah 1000 mg/L untuk kegiatan budidaya ikan [16]. Proses pengembangan sistem mengikuti model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) yang lazim dipakai pada penelitian rekayasa karena tahapannya runtut dan mudah diadaptasi, baik untuk perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak [17].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini memakai model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap. Tahap analisis dilakukan dengan observasi langsung ke kolam Bernila untuk memetakan kebiasaan pemberian pakan serta cara pengecekan air yang berjalan selama ini. Tahap perancangan mencakup penentuan komponen perangkat keras, skematik rangkaian, serta rancangan tampilan dashboard. Tahap pengembangan meliputi perakitan komponen dan penulisan program pada Arduino IDE. Tahap implementasi berupa pemasangan alat langsung di kolam budidaya,

sedangkan tahap evaluasi berupa pengambilan data lapangan selama beberapa hari untuk menilai ketepatan jadwal pakan dan akurasi sensor. Kelima tahap ini bersifat iteratif; apabila hasil pengujian belum sesuai target, proses kembali ke tahap perancangan sebelum diuji ulang.

3.2 Instrumen Penelitian dan Teknik Analisis Data

Data dikumpulkan memakai tiga instrumen. Lembar observasi dipakai untuk mencatat waktu pemberian pakan, hasil pembacaan sensor, kondisi visual air, serta status kerja motor servo pada setiap sesi pengujian. Tabel validasi dipakai untuk membandingkan pembacaan sensor dengan hasil pengukuran water meter EZ-9908 yang dipilih sebagai alat pembanding karena tingkat presisi dan akurasi yang memadai untuk pengukuran kualitas air [18]. Tabel uji akurasi dipakai untuk menghitung persentase galat dan akurasi masing-masing sensor memakai persamaan berikut.

$$\text{Error}(\%) = \frac{\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Standar}}{\text{Nilai Standar}} \times 100\%$$

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

Sistem dinyatakan layak apabila galat pembacaan sensor tidak melampaui 5%, deviasi waktu pemberian pakan tidak lebih dari 7 detik dari jadwal yang ditentukan, dan jeda pengiriman data ke dashboard tidak lebih dari satu menit. Data suhu, pH, dan TDS yang terekam selama pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan rentang nilai yang diperoleh terhadap baku mutu PP No. 82 Tahun 2001, sedangkan efisiensi sistem dinilai dengan membandingkan waktu kerja yang dibutuhkan pembudidaya sebelum dan sesudah memakai sistem otomatis.

3.3 Perancangan Perangkat Keras

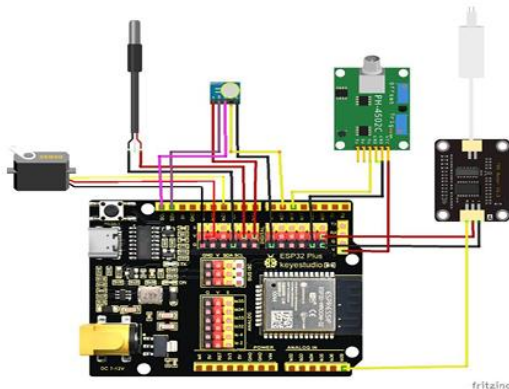
Perangkat keras sistem terdiri atas ESP32 sebagai pengendali pusat yang terhubung ke sensor DS18B20, sensor pH 4502C, sensor TDS SEN0244, modul RTC DS3231, dan motor servo SG90. Rangkaian diuji terlebih dahulu di atas breadboard sebelum dipindahkan

ke dalam hardcase kedap air.



Gambar 1. Perangkaian Komponen Sistem

Skematik lengkap sistem disusun memakai perangkat lunak Fritzing, mencakup jalur catu daya 5V hasil penurunan dan penyearahan tegangan AC 220V memakai transformator dan dioda 1N4002, regulator tegangan 7805, serta jalur sinyal masing-masing sensor menuju pin GPIO ESP32 (Gambar 2). Catu daya 5V melayani modul-modul sensor dan RTC, sedangkan ESP32 bekerja pada tegangan operasi 3,3V yang sudah diatur melalui regulator internal pada board.



Gambar 2. Skematik Rangkaian Sistem

Tabel 1. Spesifikasi komponen utama sistem

Komponen	Fungsi	Spesifikasi
NodeMCU ESP32	Pengendali utama & komunikasi WiFi	Dual-core 240 MHz; 34 GPIO
Sensor DS18B20	Pengukur suhu air	-55°C s.d. 125°C; akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Komponen	Fungsi	Spesifikasi
Sensor pH 4502C	Pengukur keasaman air	Elektroda kaca; keluaran analog
Sensor TDS SEN0244	Pengukur padatan terlarut	Rentang 0-1000 ppm
RTC DS3231	Penjadwal waktu pakan	Presisi ± 2 menit/tahun
Motor servo SG90	Aktuator pembuka wadah pakan	Sudut 0° - 180°

3.4 Perancangan Perangkat Lunak dan Antarmuka

Program pengendali ditulis pada Arduino IDE dengan bahasa C/C++, mencakup inisialisasi WiFi, pembacaan berkala data ketiga sensor, pengiriman data melalui protokol MQTT ke broker, serta logika pembanding waktu RTC terhadap jadwal pakan pukul 08.00 dan 17.00. Saat waktu aktual bertepatan dengan jadwal, ESP32 mengirim sinyal ke motor servo untuk membuka pintu wadah pakan selama dua detik sebelum menutup kembali. Data suhu, pH, dan TDS yang terkirim ditampilkan pada dashboard Node-RED dalam bentuk gauge dan grafik garis (Gambar 3) yang dapat diakses melalui jaringan lokal memakai laptop maupun ponsel, sehingga pembudidaya dapat memantau kondisi kolam tanpa harus berada di tepi kolam.



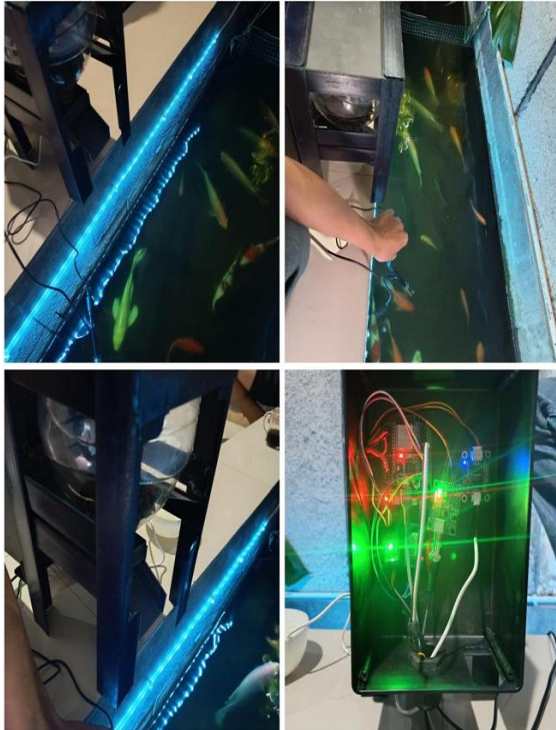
Gambar 3. Tampilan Dashboard Node-RED

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Perangkat Sistem

Sistem yang telah dirakit dipasang pada hardcase berukuran $15 \times 10 \times 5$ cm yang ditempatkan di tepi kolam (Gambar 4). Seluruh sensor terpasang langsung pada badan air kolam, sedangkan modul kendali, RTC, dan rangkaian catu daya ditempatkan pada bagian hardcase yang kedap air. Uji fungsi awal

menunjukkan seluruh sensor dan aktuator dapat menyala serta merespons perintah dari ESP32 tanpa kendala berarti.



Gambar 4. Purwarupa Alat Terpasang di Lokasi Pengujian

4.2 Hasil Pengujian Pemberian Pakan Otomatis

Pengujian pemberian pakan dilakukan selama tiga hari pada tanggal 11-13 Juli 2026 dengan dua jadwal per hari, yaitu pukul 08.00 dan 17.00. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Pemberian Pakan Otomatis

Tanggal	Pakan Pagi	Pakan Sore	Status Servo
11/07/2026	Berhasil	Berhasil	Berfungsi
12/07/2026	Berhasil	Berhasil	Berfungsi
13/07/2026	Berhasil	Berhasil	Berfungsi

Seluruh sesi pemberian pakan pada tiga hari pengujian berjalan sesuai jadwal tanpa keterlambatan yang berarti dan tanpa hambatan mekanis pada motor servo. Konsistensi ini menunjukkan sinkronisasi antara modul RTC, ESP32, dan aktuator servo berjalan sebagaimana direncanakan pada tahap perancangan, sekaligus menjawab persoalan pemberian pakan yang sebelumnya tidak terjadwal secara konsisten di lokasi penelitian.

4.3 Hasil Monitoring Kualitas Air

Data suhu, pH, dan TDS yang terekam pada dashboard selama tiga hari pengujian, masing-masing dua sesi pengamatan per hari, disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemantauan Kualitas Air Kolam

Waktu	Suhu (°C)	pH	TDS (ppm)	Kondisi
11/07 08.00	25	6,90	425	Jernih
11/07 17.00	27	6,90	454	Jernih
12/07 08.00	26	6,90	525	Sedikit keruh
12/07 17.00	27,1	6,77	540	Sedikit keruh
13/07 08.00	23,9	6,77	600	Sedikit keruh
13/07 17.00	26	6,87	620	Keruh

Data pada Tabel 3 menunjukkan suhu air berkisar 23,9-27,1°C dan pH berkisar 6,77-6,90, keduanya masih berada dalam rentang yang dipersyaratkan PP No. 82 Tahun 2001 untuk suhu (25-30°C, dengan sedikit variasi pada pengukuran pagi hari yang wajar terjadi akibat suhu lingkungan) dan pH (6,5-9). Nilai TDS meningkat bertahap dari 425 ppm pada awal pengujian menjadi 620 ppm pada akhir pengujian, sejalan dengan bertambahnya sisa pakan dan hasil metabolisme ikan yang terakumulasi di air, pola yang juga dilaporkan pada pemantauan kualitas air kolam ikan berbasis IoT di akuarium [19]. Kondisi ini memperlihatkan salah satu manfaat langsung dashboard real-time, yaitu peningkatan TDS dapat terpantau lebih dini dibandingkan metode manual yang sebelumnya hanya mengecek air saat pemberian pakan berlangsung.

4.4 Validasi dan Akurasi Sensor

Perbandingan pembacaan sensor terhadap water meter EZ-9908 memperlihatkan selisih sensor suhu DS18B20 sebesar 0,1-0,7°C, sensor pH sebesar 0,07-0,40, dan sensor TDS sebesar 5-15 ppm. Berdasarkan persamaan (1) dan (2), akurasi setiap sensor dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Validasi dan Akurasi Sensor Terhadap EZ-9908

Sensor	Rentang Selisih	Rentang Akurasi (%)	Rerata (%)	Rentang Galat (%)
Suhu DS18B20	0,1-0,7°C	97,49-99,60	98,89	0,40-2,51
TDS SEN0244	5-15 ppm	96,81-99,20	98,12	0,80-3,19
pH 4502C	0,07-0,40	93,85-98,97	97,90	1,03-6,15

Galat tertinggi pada sensor pH terjadi pada pengukuran tanggal 13 Juli pukul 08.00 yang mencapai 6,15%, sedikit melampaui galat sensor analog pada umumnya, kemungkinan dipengaruhi belum optimalnya kalibrasi ulang elektroda kaca setelah dipakai berturut-turut. Meski demikian, seluruh sensor tetap berada pada rentang akurasi di atas 93%, sejalan dengan hasil pengujian akurasi sensor suhu berbasis DS18B20 pada penelitian pemantauan kolam ikan lele yang melaporkan akurasi tinggi dan stabil untuk pemakaian jangka panjang [11].

4.5 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Tabel 5 membandingkan posisi penelitian ini terhadap sejumlah penelitian sejenis yang telah diuraikan pada bagian pendahuluan.

Tabel 5. Perbandingan dengan penelitian sejenis

Peneliti	Platform	Pakan Otomatis	Monitoring Real-time
Pramana	Sensor berbasis komputer	Tidak ada	Tidak (luring)
Samura dkk.	NI myRIO + fuzzy logic	Tidak ada	Ya (lokal)
Hakimi dkk.	ESP8266 + LoRa	Tidak ada	Ya (jaringan LoRa)
Penelitian ini	ESP32 + Node-RED	Ada (RTC terjadwal)	Ya (web/ponsel)

Perbandingan tersebut memperlihatkan bahwa kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan fungsi penjadwalan pakan otomatis dan pemantauan kualitas air dalam

satu platform IoT berbiaya relatif rendah, sesuatu yang pada penelitian-penelitian sebelumnya umumnya hanya menyentuh salah satu sisi saja. Dari sisi efisiensi operasional, sistem ini juga mengurangi rutinitas manual pembudidaya karena pemberian pakan tidak lagi bergantung pada ingatan maupun kehadiran fisik operator, sejalan dengan gagasan smart fisheries village yang diusulkan Al-Khayri dan Yatoo [1].

Kendati demikian, sistem ini masih memiliki keterbatasan. Pengiriman data ke dashboard sepenuhnya bergantung pada koneksi WiFi lokal sehingga apabila jaringan terputus, data monitoring tidak dapat diperbarui walaupun fungsi pemberian pakan tetap berjalan karena dikendalikan langsung oleh RTC. Sensor pH dan TDS juga memerlukan kalibrasi berkala agar akurasi tetap terjaga dalam pemakaian jangka panjang, sebuah catatan yang sejalan dengan studi tentang pengaruh jenis sensor terhadap besarnya galat pengukuran pada sistem berbasis mikrokontroler [20].

4.6 Efisiensi Waktu Operasional

Sebagai gambaran tambahan, dilakukan pencatatan kasar terhadap waktu kerja yang biasa dihabiskan pengelola Bernila untuk menabur pakan dan mengecek kondisi air secara manual, kemudian dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan setelah sistem otomatis berjalan. Perbandingan tersebut dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan waktu kerja manual dan otomatis

Aktivitas	Metode Manual	Setelah Otomatisasi
Menabur pakan (2x/hari)	sekitar 10 menit/hari	0 menit (otomatis)
Mengecek kondisi air	sekitar 15 menit/hari	sekitar 2 menit/hari (memantau dashboard)
Mencatat hasil pengamatan	sekitar 5 menit/hari	Tercatat otomatis pada Node-RED

Selisih waktu tersebut memang terlihat kecil dalam hitungan harian, tetapi terakumulasi menjadi cukup berarti dalam skala bulanan, terlebih pengelola tidak lagi harus hadir tepat pada pukul 08.00 dan 17.00 karena jadwal

sepenuhnya dipegang oleh RTC. Waktu yang tersisa dapat dialihkan pengelola untuk kegiatan lain seperti pemeliharaan kolam, pengecekan hama, atau pengelolaan pemasaran hasil panen. Selain aspek waktu, konsistensi takaran dan jadwal pakan yang terjaga oleh sistem otomatis juga berpotensi menekan risiko pemborosan pakan akibat penaburan berlebih, sekalipun pengukuran kuantitatif terhadap efisiensi pakan belum dilakukan secara khusus. Pada penelitian ini dan dapat menjadi bahan penelitian lanjutan.

5. KESIMPULAN

- Sistem pemberi pakan ikan otomatis dan monitoring kualitas air berbasis IoT dengan ESP32 sebagai pengendali utama berhasil dirancang, diuji, dan dianalisis, serta terbukti mampu bekerja secara terintegrasi antara sensor, RTC, motor servo, dan dashboard Node-RED.
- Pemberian pakan otomatis berjalan tepat waktu pada seluruh sesi pengujian tanpa hambatan mekanis pada motor servo, sedangkan monitoring suhu, pH, dan TDS berlangsung secara real-time dan seluruh nilainya berada dalam rentang aman menurut PP No. 82 Tahun 2001.
- Validasi terhadap water meter EZ-9908 menunjukkan akurasi rata-rata sensor suhu DS18B20 sebesar 98,89%, sensor TDS SEN0244 sebesar 98,12%, dan sensor pH 4502C sebesar 97,90%, dengan galat pengukuran keseluruhan tidak melebihi 6,15%.
- Dibandingkan metode manual yang sebelumnya diterapkan di Bernila, sistem ini mengurangi ketergantungan pada jadwal ingatan operator dan mempercepat deteksi perubahan kualitas air, sehingga layak dipertimbangkan sebagai solusi otomatisasi pada budidaya ikan nila merah skala kecil-menengah.
- Pengembangan lanjutan yang dapat dipertimbangkan antara lain penambahan modul pemantau jadwal kuras kolam untuk menekan risiko stres pada ikan akibat penumpukan sisa pakan, serta penggunaan panel surya sebagai catu daya cadangan agar sistem tetap

beroperasi saat pasokan listrik utama terganggu, mengingat lokasi kolam budidaya semacam Bernila umumnya berada di area terbuka dengan akses listrik yang tidak selalu stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik dan pengelola usaha budidaya Bernila di Cimahi atas izin pengambilan data lapangan, serta kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan selama proses perancangan hingga pengujian sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. Al-Khayri, A. M. Yattoo, S. M. Jain, and S. Penna, Eds., *Handbook of Agricultural Technologies*. Singapore: Springer Singapore, 2025.
- [2] International Telecommunication Union, *Overview of the Internet of Things*, ITU-T Recommendation Y.2060, Geneva: ITU-T, 2012.
- [3] M. Elkhodr, S. Shahrestani, and H. Cheung, "Emerging wireless technologies in the internet of things: A comparative study," *Int. J. Wireless Mobile Netw.*, vol. 8, no. 5, pp. 67-82, 2016.
- [4] R. Pramana, "Perancangan sistem kontrol dan monitoring kualitas air dan suhu air pada kolam budidaya ikan," *Sustainable: J. Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 13-23, 2018.
- [5] A. Samura, W. Kurniawan, and G. E. Setyawan, "Sistem kontrol dan monitoring kualitas air tambak udang windu dengan metode fuzzy logic control menggunakan mikrokontroler NI myRIO," *J. Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, pp. 2644-2653, 2018.
- [6] A. R. Hakimi, M. Rivai, and H. Pirngadi, "Sistem kontrol dan monitor kadar salinitas air tambak berbasis IoT LoRa," *J. Teknik ITS*, vol. 10, no. 1, pp. 9-14, 2021.
- [7] M. A. Kharim, T. Andrasto, A. F. Suni, and K. Fathoni, "Sistem kontrol dan monitoring kualitas air reverse osmosis (RO) menggunakan fuzzy logic metode Sugeno berbasis Internet of Things," *Innovative: J. Social Science Research*, vol. 5, no. 3, pp. 124-148, 2025.
- [8] A. E. Multazam and Z. B. Hasanuddin, "Sistem monitoring kualitas air tambak udang vaname," *J. IT*, vol. 8, no. 2, pp. 118-125, 2017.
- [9] H. Al Fatta, *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi untuk Keunggulan Bersaing*

- Perusahaan dan Organisasi Modern. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2007.
- [10] P. E. Broto, "Sistem monitoring suhu dan kelembaban portable berbasis IoT menggunakan Arduino Mega dan ESP32," J. INSYPRO (Information System and Processing), vol. 8, no. 1, 2023.
- [11] A. Suwardono, F. E. Prahesti, E. M. Indrawati, and M. A. J. Ashofa, "IoT based catfish farm monitoring with ESP32 microcontroller and DS18B20 sensor," JST (Jurnal Sains dan Teknologi), vol. 13, no. 3, 2024.
- [12] A. A. B. Sajiwo and Martiano, "Rancang bangun sistem monitoring kualitas air pada tambak ikan nila berbasis IoT menggunakan NodeMCU V3 dengan sensor TDS dan DS18B20," J. Sains, Teknologi & Komputer, vol. 2, no. 2, 2025.
- [13] W. R. A. Pratama, E. R. Dalimunthe, and N. U. Putri, "Implementasi sensor PH-4502C dan sensor suhu DS18B20 untuk pemantauan air kolam nila," Electrician: J. Rekayasa dan Teknologi Elektro, vol. 19, no. 2, pp. 129-137, 2025.
- [14] Y. Febryanto, T. Radillah, and K. Ameliza, "Perancangan alat pemberi pakan ikan otomatis dengan RTC DS3231 berbasis microcontroller Arduino Uno," The Indonesian J. Computer Science, vol. 11, no. 2, pp. 619-624, 2022.
- [15] R. Risman, R. Rachman, and T. Arifin, "Sistem monitoring dan kontrol pemberian pakan ikan berbasis IoT menggunakan Blynk," J. Responsif: Riset Sains dan Informatika, vol. 6, no. 2, 2024.
- [16] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta, 2001.
- [17] F. Hidayat and M. Nizar, "Model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) dalam pembelajaran pendidikan agama Islam," J. Inovasi Pendidikan Agama Islam (JIPAI), vol. 1, no. 1, pp. 28-38, 2021.
- [18] R. Akbar et al., "Analisis presisi dan akurasi sensor kualitas air pada sistem monitoring berbasis IoT," J. Produktif, vol. 8, no. 2, 2024.
- [19] A. Winarno, D. T. Wahyudi, and A. M. Ibad, "Rancang bangun pemberian pakan ikan otomatis dan pemantauan kualitas air pada akuarium berbasis Internet of Things (IoT)," JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan), vol. 13, no. 3, 2025.
- [20] W. R. Y. Pratama and Asrori, "Pengaruh jenis sensor terhadap persentase eror sensor parkir berbasis STM32," J. Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika, vol. 3, no. 3, 2024.