

Rancang Bangun Sistem Pakan Ikan Mas Koki Otomatis Dan Pemantauan Suhu Air Serta Ketersediaan Pakan Berbasis Internet Of Things

Andika Panca Avanzi^{1*)}, Endah Fitriani²

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma, Jalan Jendral Ahmad Yani No.3, 9/10 Ulu, Seberang, 9 Ulu, Seberang Ulu I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30264, Indonesia

*Penulis Korespondensi, e-mail: Andikaavanzi20@gmail.com

Received:21/07/2026

Revised:24/08/2026

Accepted:21/09/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang prototipe pemberi pakan ikan mas koki otomatis dengan pemantauan suhu air dan ketersediaan pakan berbasis Internet of Things. Pendekatan yang digunakan adalah perancangan rekayasa dan pengujian eksperimental prototipe. Sistem memadukan ESP32, Arduino Uno, DS18B20, HC-SR04, servo, LCD, buzzer, dan Telegram. Evaluasi mencakup lima pembacaan tegangan per kelompok titik ukur, lima pasangan data suhu-buzzer, rekap jadwal tujuh hari, serta dua seri keluaran pakan pada lima parameter durasi servo. Rata-rata tegangan modul LM2596 adalah 4,960 V dan titik ukur ESP32 4,892 V. Buzzer tercatat OFF pada 30,2–31,3 °C dan ON pada 33,5–40,4 °C; hasil ini menunjukkan konsistensi respons pada titik pengamatan, bukan akurasi sensor. Rekap jadwal 07.00 dan 17.00 selama tujuh hari memuat 14 kesempatan terjadwal dengan laporan keberhasilan harian 100%, tetapi log waktu aktual belum tersedia. Keluaran pakan meningkat seiring parameter durasi, namun akurasi takaran belum dapat ditetapkan karena satuan dan arti kedua kolom belum terkonfirmasi. Hasil mendukung evaluasi fungsional awal prototipe. Validasi akurasi sensor, keandalan NTP dan Telegram, serta kesesuaian kebutuhan biologis ikan masih memerlukan pengujian tambahan.

Kata kunci: pakan otomatis, ESP32, pemantauan suhu, ketersediaan pakan, IoT.

ABSTRACT

This study aims to design an automatic goldfish feeder prototype with Internet of Things based monitoring of water temperature and feed availability. Engineering design and experimental prototype testing were used. The system integrates an ESP32, an Arduino Uno, a DS18B20, an HC-SR04, a servo, an LCD, a buzzer, and Telegram. The evaluation includes five voltage readings per measurement group, five temperature-buzzer observations, seven days of feeding schedule records, and two feed-output series at five servo-duration settings. The mean voltage was 4.960 V at the LM2596 module and 4.892 V at the ESP32 measurement point. The buzzer was OFF at 30.2–31.3 °C and ON at 33.5–40.4 °C, indicating consistent responses at the observed points rather than sensor accuracy. Records for 07:00 and 17:00 over seven days contain 14 scheduled opportunities and a reported daily success rate of 100%, but actual event timestamps are unavailable. Feed output increased with the duration setting; however, dosing accuracy cannot be established until the units and meanings of the two data columns are confirmed. The results support a preliminary functional evaluation. Sensor accuracy, NTP and Telegram reliability, and suitability for the biological requirements of goldfish require additional validation.

Keywords: automatic feeding, ESP32, temperature monitoring, feed availability, IoT.

1. PENDAHULUAN

Pemberian pakan otomatis merupakan salah satu penerapan rekayasa untuk membantu keteraturan pengeluaran pakan. Pengembangan perangkat perlu memperhatikan hubungan antara jadwal, mekanisme

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

penyaluran, dan jumlah pakan yang dikeluarkan [1]. Sistem pemberian pakan terjadwal berbasis IoT umumnya menggabungkan pengendali, sumber waktu, aktuator servo, dan pemantauan jarak jauh untuk memastikan eksekusi pemberian pakan dapat ditelusuri [6], [7]. Dalam konteks pemeliharaan ikan mas koki, fungsi elektronik tersebut juga perlu dibedakan dari kesesuaian kebutuhan biologis ikan. Keberhasilan servo beroperasi belum dengan sendirinya menunjukkan bahwa takaran pakan telah memenuhi kebutuhan ikan.

Sistem berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan fungsi pemberian pakan diintegrasikan dengan pemantauan kondisi air. Setiawan dkk. [2] membahas integrasi pemberian pakan otomatis dan pemantauan kualitas air. Kajian smart aquaculture menunjukkan bahwa kombinasi sensor, komunikasi jaringan, pemantauan kondisi air, dan otomasi pemberian pakan merupakan pola arsitektur yang telah banyak digunakan dalam sistem akuakultur berbasis IoT [8]–[10]. Dengan demikian, integrasi kedua fungsi tersebut telah menjadi bagian penelitian terdahulu dan tidak cukup digunakan sebagai satu-satunya dasar kebaruan.

Indrawati dkk. [3] mengembangkan pemberi pakan berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller yang menggunakan suhu, pH, dan kekeruhan sebagai masukan penentuan keluaran pakan. Pendekatan tersebut menunjukkan perbedaan antara penjadwalan tetap dan penyesuaian keluaran berdasarkan kondisi air. Pada prototipe dalam penelitian ini, suhu digunakan untuk pemantauan dan peringatan; tidak tersedia bukti bahwa suhu mengubah takaran pakan secara adaptif.

Ariandi dan Karua [4] mengembangkan pemberi pakan ikan lele dengan sensor ultrasonik, LCD keypad shield, RTC, servo, dan pemantauan melalui Blynk. Penelitian lain juga menunjukkan penerapan sensor ultrasonik untuk memantau ketersediaan pakan serta servo untuk membuka mekanisme penyaluran pada sistem pemberian pakan otomatis [6], [7]. Oleh karena itu, penggunaan sensor ultrasonik atau tombol pengaturan takaran tidak dinyatakan sebagai komponen yang baru secara ilmiah.

Kebutuhan rekayasa yang ditangani dalam penelitian ini adalah penyatuan jadwal pemberian pakan, informasi suhu air, dan informasi persediaan pakan dalam prototipe dengan tampilan lokal serta notifikasi Telegram. Rancangan menggunakan ESP32 dan Arduino Uno, dengan NTP sebagai sumber sinkronisasi waktu yang disebutkan dalam rancangan. Pada sistem akuakultur IoT, konektivitas internet, kehilangan data, kegagalan perangkat, dan ketahanan komunikasi merupakan bagian penting dari validasi sistem [9], [10]. Karena itu, keberhasilan integrasi perlu dinilai melalui pengujian setiap fungsi, bukan hanya keberadaan komponen.

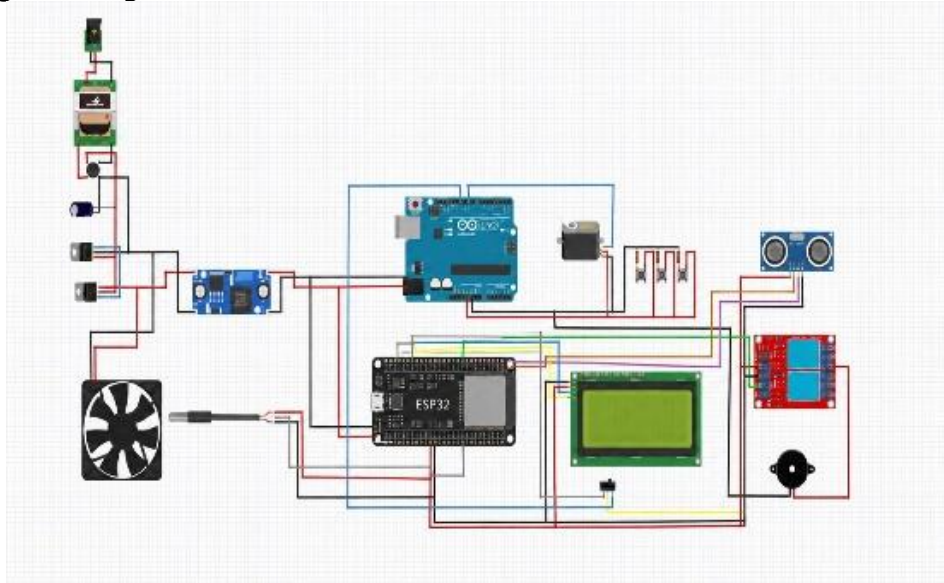
Kontribusi penelitian dibatasi pada perancangan dan evaluasi awal prototipe, mencakup variasi tegangan pada titik ukur, respons peringatan suhu, catatan jadwal selama tujuh hari, dan hubungan parameter pembukaan servo dengan keluaran pakan. Perbedaan konfigurasi dari penelitian terdahulu merupakan kontribusi implementasi. Tujuan penelitian adalah membangun prototipe pemberi pakan otomatis berbasis IoT dan mengevaluasi fungsi yang dapat ditelusuri dari data pengujian. Pembahasan memisahkan hasil pengukuran, indikasi keberhasilan fungsional, dan aspek yang belum tervalidasi. Cakupan penelitian belum mencakup pertumbuhan ikan, rasio konversi pakan, atau penetapan kebutuhan pakan ikan mas koki.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan perancangan rekayasa dan pengujian eksperimental prototipe. Tahapan meliputi identifikasi kebutuhan fungsi, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan, serta pengujian subsistem. Objek penelitian adalah perangkat pemberi pakan ikan dengan pemantauan suhu air dan ketersediaan pakan. Evaluasi dilakukan terhadap data tegangan, respons buzzer terhadap pembacaan suhu, catatan jadwal pemberian pakan, dan keluaran pakan pada beberapa parameter durasi servo.



2.1 Perancangan Perangkat Keras

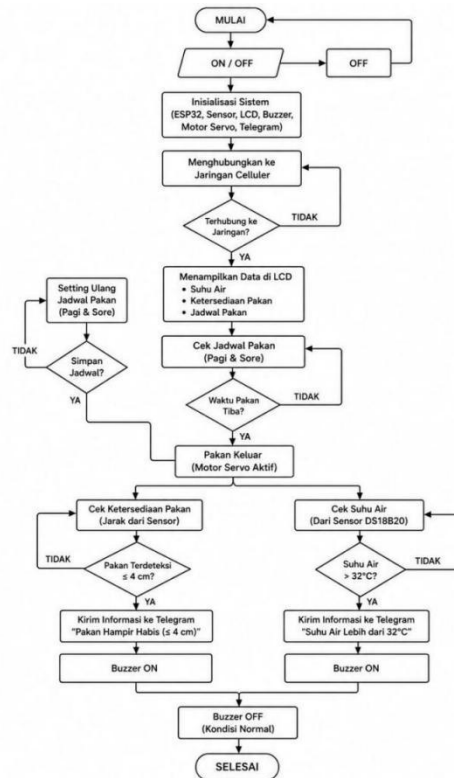


Gambar 1: Rangkaian perangkat pemberi pakan

Rangkaian pada Gambar 1 menggunakan ESP32, Arduino Uno, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, servo, LCD, tombol, buzzer, relay, dan catu daya. DS18B20 berfungsi membaca suhu air, sedangkan HC-SR04 digunakan dalam rancangan pemantauan persediaan pakan. Servo menggerakkan mekanisme keluarnya pakan. Kombinasi mikrokontroler, sensor ultrasonik, dan servo juga umum digunakan pada prototipe pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT [6], [7]. Rangkaian catu daya meliputi transformator, penyearah, kapasitor, IC 7812, TIP3055, dan modul LM2596 sebagaimana identitas titik ukur pada Tabel I.

2.2 Perancangan Perangkat Lunak

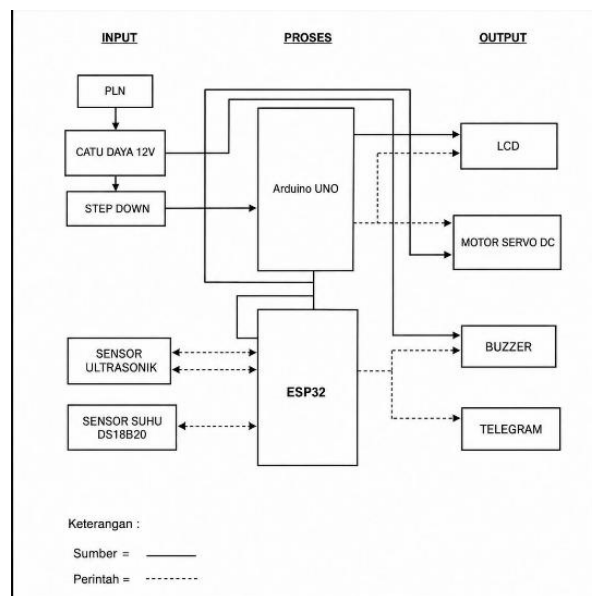
Gambar 2 memperlihatkan diagram alir awal perangkat: inisialisasi, koneksi jaringan, penampilan informasi, pemeriksaan jadwal, aktivasi servo, serta pemeriksaan suhu dan stok pakan. Jadwal yang dicatat adalah pukul 07.00 dan 17.00. Pemisahan antara fungsi penjadwalan, eksekusi aktuator, dan pemantauan penting karena sistem pemberi pakan otomatis sebelumnya juga mengevaluasi keberhasilan waktu pemberian dan status ketersediaan pakan sebagai fungsi yang berbeda [6].



Gambar 2: Diagram alir rancangan awal yang memerlukan verifikasi parameter

2.3 Arsitektur Sistem

Gambar 3 memperlihatkan pembagian fungsi pada rancangan awal. Arduino Uno dihubungkan dengan LCD dan servo, sedangkan ESP32 dihubungkan dengan sensor serta fungsi komunikasi.



Gambar 3: Pembagian fungsi pada blok diagram rancangan awal

2.4 Prosedur Evaluasi dan Batas Data

Pengukuran tegangan mencakup 19 kelompok pembacaan dengan lima angka per kelompok. TP16 dan TP17 dicatat bersama; TP10 memiliki dua kondisi. Respons suhu dievaluasi melalui lima pasangan pembacaan



dan status buzzer. Penjadwalan dicatat selama tujuh hari pada dua jadwal harian. Keluaran pakan dicatat pada lima parameter durasi dengan dua kolom data. Analisis dibatasi pada statistik dan hubungan yang dapat dihitung dari catatan tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil disajikan menurut subsistem agar pengukuran tegangan, respons peringatan, penjadwalan, dan keluaran pakan tidak ditafsirkan sebagai satu ukuran keberhasilan yang sama. Seluruh angka pengujian pada tabel berasal dari catatan naskah. Analisis tambahan berupa statistik deskriptif dihitung dari data tersebut; tidak dilakukan penambahan hasil eksperimen yang belum tersedia.

3.1 Pengukuran Tegangan

Tabel I memuat lima pembacaan pada setiap kelompok titik ukur. Rata-rata dan simpangan baku sampel (s) dihitung dengan $\bar{x} = (\sum x_i)/n$ dan $s = \sqrt{[\sum (x_i - \bar{x})^2]/(n - 1)}$, dengan $n = 5$. Pengulangan menggambarkan variasi pembacaan pada kondisi pengujian, tetapi tidak menetapkan akurasi alat ukur. Rata-rata dan s ditulis sampai tiga desimal untuk memperlihatkan hasil perhitungan, bukan untuk menyatakan resolusi instrumen yang lebih tinggi.

TABEL I : PEMBACAAN TEGANGAN DAN STATISTIK DESKRIPTIF PADA TITIK UKUR

Titik ukur	Satuan	1	2	3	4	5	Rata-rata	s
INPUT DARI PLN (TP1)	V AC	220	220	220	220	220	220,000	0,000
OUTPUT TRAFO (TP2)	V AC	13,48	13,48	13,48	13,49	13,49	13,484	0,005
OUTPUT DIODA (TP3)	V DC	11,40	11,41	11,42	11,42	11,41	11,412	0,008
KAPASITOR (TP4)	V DC	12,45	12,44	12,44	12,44	12,45	12,444	0,005
IC 7812 (TP5)	V DC	12,57	12,57	12,58	12,57	12,57	12,572	0,004
TIP 3055 (TP6)	V DC	10,34	10,34	10,34	10,32	10,33	10,334	0,009
INPUT KIPAS (TP7)	V DC	10,25	10,25	10,24	10,25	10,25	10,248	0,004
STEP DOWN LM2596 (TP8)	V DC	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,960	0,000
RELAY (TP9)	V DC	4,92	4,92	4,93	4,93	4,92	4,924	0,005
BUZZER (TP10) ON*	V DC	4,91	4,92	4,91	4,92	4,92	4,916	0,005
BUZZER (TP10) OFF	V DC	0	0	0	0	0	0,000	0,000
ESP32 (TP11)	V DC	4,89	4,89	4,90	4,89	4,89	4,892	0,004
MOTOR SERVO (TP12)	V DC	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,900	0,000
DS18B20 (TP13)	V DC	3,37	3,37	3,37	3,36	3,37	3,368	0,004
HC-SR04 (TP14)	V DC	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,570	0,000
ARDUINO (TP15)	V DC	4,90	4,91	4,91	4,91	4,90	4,906	0,005
LCD (TP16) PUSH BUTTON 1 (TP17)	V DC	4,87	4,86	4,87	4,87	4,87	4,868	0,004
PUSH BUTTON 2 (TP18)	V DC	4,86	4,87	4,86	4,87	4,86	4,864	0,005
PUSH BUTTON 3 (TP19)	V DC	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,870	0,000



Catatan: ON* menandai baris buzzer bertegangan sekitar 4,9 V; label awal "ON/OFF" masih perlu dikonfirmasi. TP16 dan TP17 tetap satu kelompok karena data awal tidak memisahkannya. Nilai $s = 0$ berarti kelima angka tercatat identik pada resolusi pelaporan, bukan tidak adanya variasi fisik.

Rata-rata TP8 sebesar 4,960 V dengan $s = 0,000$ V, sedangkan TP11 sebesar 4,892 V dengan $s = 0,004$ V. TP13 sebesar 3,368 V dengan $s = 0,004$ V berada dalam rentang catu DS18B20 3,0–5,5 V menurut lembar data [5], apabila TP13 memang merupakan pengukuran VDD terhadap ground. Kesesuaian tegangan catu ini tidak membuktikan akurasi pengukuran suhu.

Pada kelompok DC, rentang maksimum lima pembacaan adalah 0,02 V, antara lain pada TP3 dan TP6. Hal ini menunjukkan variasi kecil dalam angka yang dicatat, tetapi pengujian belum memuat ripple, perubahan beban saat servo aktif, arus, atau durasi observasi. Perbedaan TP8 sebesar 4,960 V dan TP12 sebesar 5,900 V perlu ditelusuri terhadap jalur catu. Nilai pada TP11 juga harus dijelaskan sebagai tegangan pin masukan papan atau rel internal; keduanya tidak boleh disamakan.

3.2 Respons Peringatan Suhu

Tabel II memuat pembacaan suhu dan status buzzer, sehingga pengujiannya dikategorikan sebagai uji respons peringatan suhu, bukan uji jarak ultrasonik. Tiga pembacaan, yaitu 31,1; 30,2; dan 31,3 °C, disertai status OFF, sedangkan 33,5 dan 40,4 °C disertai status ON.

TABEL II : RESPON BUZZER TERHADAP PEMBACAAN SUHU DS18B20

No.	Suhu DS18B20 (°C)	Status buzzer
1	31,1	OFF
2	30,2	OFF
3	31,3	OFF
4	33,5	ON
5	40,4	ON

Data terdekat yang tersedia adalah OFF pada 31,3 °C dan ON pada 33,5 °C. Celah 2,2 °C di antara kedua pembacaan membuat titik peralihan sebenarnya belum dapat ditentukan. Status pada tepat 32,0 °C, respons di sekitar ambang, dan histeresis belum diuji. Ambang 32 °C diperlakukan sebagai parameter program; belum tersedia landasan untuk menyatakannya sebagai batas biologis aman ikan mas koki.

Lembar data DS18B20 mencantumkan akurasi komponen $\pm 0,5$ °C pada -10 hingga $+85$ °C [5]. Spesifikasi tersebut tidak dapat dipindahkan menjadi hasil akurasi prototipe. Validasi memerlukan pengukuran serentak dengan termometer referensi, kondisi kesetimbangan suhu, dan pengulangan. Selisih absolut dalam °C lebih informatif daripada persentase terhadap suhu Celsius untuk menilai kesalahan dekat ambang.

3.3 Pengujian Jadwal Pemberian Pakan

Pengujian jadwal dicatat selama tujuh hari dengan dua jadwal per hari, yaitu pukul 07.00 dan 17.00. Kombinasi tersebut membentuk 14 kesempatan pemberian pakan yang dijadwalkan. Tabel III mempertahankan persentase harian yang dilaporkan pada catatan awal. Catatan awal menggunakan keluarnya pakan sesuai jadwal dan pemberitahuan pada LCD sebagai indikator keberhasilan. Penelitian pemberi pakan berbasis IoT sebelumnya juga menilai keberhasilan fungsi berdasarkan eksekusi pemberian pakan pada waktu yang telah ditentukan [6], [7]. Nilai 100% yang dilaporkan setiap hari menunjukkan laporan keberhasilan fungsional pada periode pengamatan. Namun, tanpa log setiap kejadian, nilai tersebut tidak dapat diperluas menjadi bukti ketepatan massa pakan, keberhasilan Telegram, atau reliabilitas operasi saat terjadi gangguan jaringan.



TABEL III : REKAP JADWAL DAN PERSENTASE KEBERHASILAN YANG DILAPORKAN

Hari	Jadwal pagi	Jadwal sore	Kebhasilan harian dilaporkan (%)
1	07.00	17.00	100
2	07.00	17.00	100
3	07.00	17.00	100
4	07.00	17.00	100
5	07.00	17.00	100
6	07.00	17.00	100
7	07.00	17.00	100

Dua jadwal per hari selama tujuh hari menghasilkan 14 kesempatan terjadwal, bukan dengan sendirinya 14 kejadian berhasil yang telah diverifikasi secara terpisah. Tanpa definisi toleransi keterlambatan dan catatan waktu aktual, akurasi penjadwalan dalam detik tidak dapat dinilai. Uji jaringan terputus, kegagalan NTP, restart, dan pemulihan catu daya juga belum dilaporkan. Keterbatasan semacam ini relevan karena literatur smart aquaculture mengidentifikasi konektivitas, kehilangan data, dan kegagalan infrastruktur sebagai sumber ketidakpastian pada sistem IoT [9], [10].

3.4 Evaluasi Keluaran Pakan

Tabel IV mempertahankan dua seri angka keluaran pakan pada parameter durasi 200, 400, 600, 800, dan 1000. Seri pertama meningkat dari 5 menjadi 25, sedangkan seri kedua dari 4 menjadi 23 ketika parameter durasi meningkat dari 200 menjadi 1000. Selisih antarkolom berturut-turut adalah 1, 1, 3, 0, dan 2, dengan rata-rata selisih 1,4 dalam satuan keluaran yang belum terkonfirmasi. Tren ini mendukung adanya hubungan antara pembukaan servo dan keluaran pakan pada data tercatat, tetapi belum menghasilkan kurva kalibrasi yang dapat digunakan untuk menentukan takaran.

TABEL IV : DATA KELUARAN PAKAN PADA PARAMETER DURASI SERVO YANG TERCATAT

No	Data pakan 1*	Data pakan 2*	Parameter durasi**	Selisih absolut*
1	5	4	200	1
2	9	10	400	1
3	15	18	600	3
4	20	20	800	0
5	25	23	1000	2

Rata-rata pengulangan, simpangan baku keluaran, dan MAE terhadap target tidak dihitung karena peran kedua kolom belum diketahui. Jika kedua kolom merupakan target dan aktual, diperlukan penetapan kolom referensi; jika keduanya pengulangan, diperlukan tambahan pengulangan pada setiap durasi. Pengujian berikutnya perlu mencatat massa dalam gram, durasi dalam satuan yang terverifikasi, jenis pelet, geometri lubang keluaran, serta tingkat isi wadah. Pendekatan precision fish farming menekankan perlunya pengukuran dan dokumentasi kuantitatif agar keputusan pemberian pakan dapat dikaitkan dengan keluaran yang nyata [11], sementara sistem pemberian pakan cerdas yang lebih lanjut menggunakan umpan balik untuk menyesuaikan keputusan pemberian pakan [12].



3.5 Pembahasan Integrasi dan Keterbatasan

Penelitian terdahulu telah menggabungkan pemberian pakan dengan pemantauan kualitas air [2], penentuan keluaran berbasis beberapa parameter air [3], serta pemantauan stok dan pengaturan jadwal [4]. Literatur smart aquaculture yang lebih luas juga menempatkan pemberian pakan, pemantauan kualitas air, komunikasi jaringan, dan pengambilan keputusan sebagai bagian dari ekosistem IoT akuakultur [8]–[10]. Prototipe ini diarahkan pada integrasi tampilan lokal dan Telegram untuk aplikasi ikan mas koki. Perbedaan platform dan sumber waktu tidak menunjukkan peningkatan kinerja tanpa perbandingan yang setara. Selain itu, kerangka precision fish farming menekankan bahwa otomasi sebaiknya dinilai berdasarkan kemampuan mengamati, menginterpretasikan, mengambil keputusan, dan mengendalikan proses secara terukur [11]. Bukti pada naskah ini terutama berupa respons fungsional dan statistik pembacaan tegangan.

4. KESIMPULAN

Prototipe pemberi pakan berbasis ESP32 dan Arduino Uno telah dirancang untuk mengintegrasikan penjadwalan, pemantauan suhu, pemantauan persediaan pakan, dan komunikasi Telegram. Pengolahan lima pembacaan tegangan menunjukkan rata-rata TP8 sebesar 4,960 V, TP11 sebesar 4,892 V, dan TP13 sebesar 3,368 V. Variasi pembacaan tersebut merupakan hasil deskriptif pada kondisi uji, bukan bukti kestabilan dinamis seluruh catu daya.

Pada lima pasangan data suhu dan buzzer, status OFF tercatat pada 30,2–31,3 °C dan ON pada 33,5–40,4 °C. Hasil ini mendukung konsistensi logika peringatan pada titik yang diamati, tetapi belum memvalidasi akurasi DS18B20 atau switching tepat pada 32 °C. Rekap tujuh hari memuat dua jadwal per hari dan persentase keberhasilan harian yang dilaporkan sebesar 100%; bukti ini dibatasi pada catatan pengujian fungsional yang tersedia.

Dua seri keluaran pakan meningkat seiring kenaikan parameter durasi servo, tetapi akurasi takaran belum dapat ditetapkan sebelum arti kolom, satuan, target massa, dan pengulangan diverifikasi. Klaim selisih HC-SR04 sebesar 0,1 cm, performa Telegram, serta reliabilitas NTP belum dapat dikonfirmasi dari data yang disajikan. Kesimpulan penelitian dibatasi pada evaluasi awal prototipe elektronik dan belum menyatakan kesesuaian biologis atau peningkatan pertumbuhan ikan mas koki.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Prijatna, H. Handarto, dan Y. Andreas, "Rancang Bangun Pemberi Pakan Ikan Otomatis," Teknotan, vol. 12, no. 1, 2018, doi: 10.24198/jt.vol12n1.3.
- [2] A. Setiawan dkk., "Alat Pemberian Pakan Ikan Otomatis dan Monitoring Kualitas Air Berbasis IoT," JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer), vol. 8, no. 1, hlm. 215–221, 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i1.1261.
- [3] E. M. Indrawati, B. Suprianto, dan U. T. Kartika, "Pemberi Pakan Ikan Otomatis berbasis IoT dengan FLC Berdasarkan Kualitas Air (Suhu, PH, Kekeruhan)," JST (Jurnal Sains dan Teknologi), vol. 13, no. 3, hlm. 383–394, 2024, doi: 10.23887/jstundiksha.v13i3.85982.
- [4] M. Ariandi dan I. Karua, "Penerapan dan Pemantauan Pakan Ikan Lele Otomatis Menggunakan Keypad Shield Berbasis IoT," Jurnal Media Informatika Budidarma, vol. 7, no. 4, hlm. 1655–1666, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i4.6807.
- [5] Maxim Integrated, "DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer," lembar data, revisi 6, Juli 2019. Tersedia: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf>.
- [6] T. C. Mahendra and Sunardi, "Automatic Feeding System in Pond Fish Farming Based on the Internet of Things," Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, vol. 5, no. 2, pp. 190–200, 2023, doi: 10.12928/biste.v5i2.5784.
- [7] M. A. R. Sugiarto, M. Muhtarom, and A. A. K. Asri, "Implementasi Sistem Pemberian Pakan Ikan Hias Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IoT (Internet of Things)," Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi, vol. 5, no. 3, pp. 2781–2791, 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i3.1008.
- [8] A. Yadav, M. T. Noori, A. Biswas, and B. Min, "A Concise Review on the Recent Developments in the Internet of Things (IoT)-Based Smart Aquaculture Practices," Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, vol. 31, no. 1, pp. 103–118, 2023, doi: 10.1080/23308249.2022.2090228.
- [9] H. Rastegari, F. Nadi, S. S. Lam, M. Ikhwanuddin, N. A. Kasan, R. F. Rahmat, and W. A. W. Mahari, "Internet of Things in aquaculture: A review of the challenges and potential solutions based on current and future trends," Smart Agricultural Technology, vol. 4, art. 100187, 2023, doi: 10.1016/j.atech.2023.100187.
- [10] A. F. Abdullah, H. Che Man, A. Mohammed, M. M. Abd Karim, S. U. Yunusa, and N. A. B. Mohd Jais, "Charting the aquaculture internet of things impact: Key applications, challenges, and future trend," Aquaculture Reports, vol. 39, art. 102358, 2024, doi: 10.1016/j.aqrep.2024.102358.



- [11] M. Føre et al., "Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture," *Biosystems Engineering*, vol. 173, pp. 176–193, 2018, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014.
- [12] W.-C. Hu, L.-B. Chen, B.-K. Huang, and H.-M. Lin, "A Computer Vision-Based Intelligent Fish Feeding System Using Deep Learning Techniques for Aquaculture," *IEEE Sensors Journal*, vol. 22, no. 7, pp. 7185–7194, 2022, doi: 10.1109/JSEN.2022.3151777.

