

Sistem Pemantauan Dan Pemberian Pakan Lele Berbasis Internet Of Things

Adam Bayu Anggoro¹, Lastoni Wibowo²

^{1,2}*Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe

E-mail: ¹adambayu700@gmail.com, ²lastoni.wibowo@gmail.com

Abstrak – Ikan lele ialah ikan budidaya yang biasa diminati karena nilai ekonomisnya yang tinggi dan pertumbuhannya yang cepat. Ketika tahapan budidaya, kerap kali pembudidaya lalai pada penyediaan pakan pada ikan dan kurang memperhatikan takaran serta ukuran pakan, padahal penanganan takaran, ukuran, dan jadwal pemberian pakan yang relevan terhadap umur ikan lele sekitar 3 bulan akan mampu meningkatkan keberhasilan budidaya. Pengendalian pemberian pakan bisa dilangsungkan melalui tahapan otomatis dan manual melalui perangkat IoT. Dalam tugas akhir ini dirancang prototype pemberi pakan ikan lele berbasis IoT. Prototype yang di bangun mempunyai dua bagian hardware dan software. Hardware di rancang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler dan RTC untuk memantau waktu secara real time. Prototype juga menggunakan motor servo sebagai pengendali dispenser pakan. Pada bagian software di rancang menggunakan aplikasi MIT App Inventor. Hasil pengujian menunjukan bahwa Prototype mampu memasukkan pakan ke dalam akuarium sesuai waktu yang ditentukan. Prototype dapat memberikan pakan sebesar 11 gram sesuai dengan standar Dinas Perikanan. Prototype juga mampu memberikan pakan tepat waktu pada jam 07.00 dan 17.00, yang bisa memudahkan pembudidaya merawat ikan tanpa mendatangi langsung lokasi fisik. Hasil pengujian parameter kelistrikan menunjukan bahwa prototype membutuhkan rata-rata tegangan 4,79 V dengan arus 0,00039 A agar berjalan dengan stabil, sehingga dapat di artikan prototype membutuhkan konsumsi energi yang sangat rendah yaitu sekitar $5,8 \times 10^{-8}$ Wh.

Kata Kunci — Pemberi pakan, Ikan lele, IoT, ESP 32, MIT App inventor

Abstract – Catfish are a commonly sought-after farmed fish due to their high economic value and rapid growth. During the cultivation stage, farmers often neglect the provision of feed to the fish and pay less attention to the dosage and size of the feed. However, handling the dosage, size, and feeding schedule relevant to the age of catfish around 3 months will be able to increase the success of cultivation. Feeding control can be carried out through automatic and manual stages using IoT devices. In this final project, a prototype of an IoT-based catfish feeder was designed. The prototype built has two parts, hardware and software. The hardware was designed using ESP32 as a microcontroller and RTC to monitor the time in real time. The prototype also uses a servo motor as a feed dispenser controller. The software part was designed using the MIT App Inventor application. Test results showed that the Prototype was able to insert feed into the aquarium at the specified time. The Prototype can provide feed of 11 grams according to the Fisheries Service standards. The Prototype is also able to provide feed on time at 7:00 and 17:00, which can make it easier for farmers to care for the fish without directly visiting the physical location. The results of electrical parameter testing show that the prototype requires an average voltage of 4.79 V with a current of 0.00039 A to run stably, so it can be interpreted that the prototype requires very low energy consumption, namely around 5.8×10^{-8} Wh.

Keywords — Feeder, Catfish, IoT, ESP 32, MIT App inventor

1. PENDAHULUAN

Negara tropis Indonesia merupakan rumah bagi keanekaragaman hayati, termasuk ikan yang dibudidayakan di sana, termasuk ikan lele. Budidaya ikan untuk pemanfaatan manusia memiliki potensi ekonomi yang luar biasa di Indonesia. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) melaporkan bahwa terdapat 3.567 spesies ikan laut, sementara spesies ikan air tawar berjumlah 1.226. Ikan lele termasuk jenis ikan ternak yang digemari masyarakat karena nilai ekonomis nya yang tinggi dan pertumbuhannya yang cepat [1]. Ketersediaan pakan yang optimal, pada aspek kuantitas ataupun kualitas, menjadi salah satu unsur penentu keberhasilan budidaya ikan lele. Hambatan umum dalam budidaya ikan lele yaitu terkait pengaturan pemberian makanan. Untuk mendapatkan hasil yang baik, makanan harus diberikan pada pagi dan sore hari. [2]. *Internet of Things* dimanfaatkan untuk membuat tempat makan ikan, baik otomatis maupun manual, sehingga dapat digunakan secara umum. [1]. Dengan memanfaatkan *IoT*, beberapa percobaan sebelumnya telah menciptakan sistem pemberian pakan ikan, di antaranya menggunakan ESP8266 [3], Arduino Uno [4], MQ-135 [5], bioflok [6], maupun integrasi *Firebase* dan aplikasi *Android* [1]. Namun, sebagian besar penelitian masih menghadapi keterbatasan akurasi porsi pakan dan konsumsi energi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe sistem pemantauan

dan pemberi pakan ikan lele berbasis *IoT* dengan ESP32, RTC, dan motor servo. Sistem dirancang agar dapat bekerja otomatis maupun manual melalui aplikasi *smartphone Android*.

2. METODE PENELITIAN

Subjek penelitian adalah prototipe sistem pemberi pakan ikan lele otomatis yang dirancang melalui pemanfaatan mikrokontroler ESP32, RTC DS3231, motor servo, dan aplikasi MIT App Inventor, sedangkan objek pengujian difokuskan pada pemberian pakan ikan lele usia ± 3 bulan sesuai standar Dinas Perikanan. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2025 di Laboratorium Teknik Elektro STT Ronggolawe Cepu dengan menggunakan akuarium berukuran $35 \times 21 \times 23$ cm sebagai simulasi kolam ikan.

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler merupakan chip IC berisi CPU, memori, serta input/output terintegrasi dalam satu rangkaian terpadu. Fungsi utama mikrokontroler adalah untuk mengontrol suatu sistem atau perangkat elektronik dengan cara memproses informasi, mengambil keputusan dan mengendalikan perangkat keras berdasarkan instruksi yang diberikan [7].

2.1.2 Motor Servo

Motor servo sebagai aktuator berputar dengan kontrol presisi sudut, kecepatan, dan akselerasi, motor servo cukup ekonomis dan mudah diakses untuk prototipe. Motor akan berhenti berputar dalam satu arah saat sumbu menyentuh titik yang ditentukan, jika tidak motor akan berputar ke arah lain [8].

2.1.3 RTC

RTC digunakan sebagai sistem penjadwalan otomatis untuk pemberian pakan ikan lele. Dengan adanya RTC, sistem dapat memberikan pakan secara otomatis dan konsisten tanpa perlu intervensi manual, sehingga meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam budidaya ikan lele [9].

2.1.4 MIT App Inventor

MIT App Inventor merupakan sebuah platform pengembangan aplikasi visual hasil pengembangan dari MIT (Massachusetts Institute of Technology). Platform ini menggunakan pendekatan *block-based programming*. Selain itu, MIT App Inventor menawarkan beragam modul dan fitur siap pakai seperti sensor, media, komunikasi jaringan dan banyak lagi [10].

2.1.5 Thingspeak

Untuk mengumpulkan, memproses, dan menampilkan informasi dari berbagai sensor yang saling berhubungan, seseorang dapat memanfaatkan *ThingSpeak*, sebuah platform sumber terbuka. Platform ini memungkinkan integrasi sensor dan perangkat untuk tujuan kontrol serta pemantauan jarak jauh sistem secara otomatis [11].

2.1.6 Arduino IDE

Mikrokontroler Arduino memungkinkan pemrogram untuk membuat dan mengunggah kode untuk perangkat tersebut. Agar sistem berfungsi sesuai dengan kode yang dimasukkan ke dalam Arduino, bahasa pemrograman C digunakan untuk menjalankan prosedur pemrograman [12].

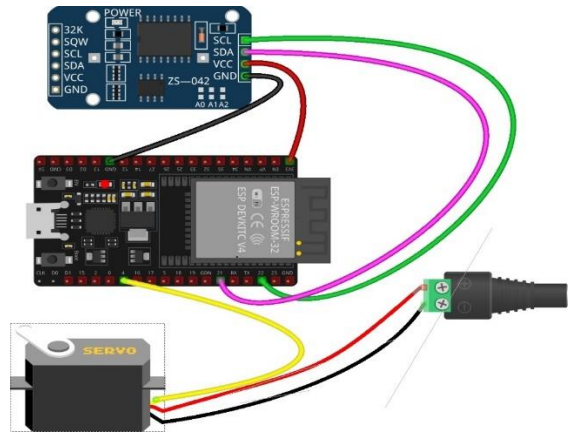
2.1.7 Firebase

Firebase Realtime Database adalah basis data ditempatkan pada cloud dengan penyimpanan data JSON yang tersinkron secara real-time ke seluruh klien. Ketika membangun aplikasi lintas platform menggunakan SDK *Android*, *iOS*, maupun *JavaScript*, setiap pengguna akan menggunakan Bersama *instance Realtime Database* yang sama dan memperoleh pembaruan informasi terkini diperbarui otomatis [13].

2.2 Perancangan dan Pengujian

2.2.1 Perancangan Hardware

Hardware meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, RTC DS3231 dan motor servo. Selain itu digunakan kabel jumper, *breadboard*, dan wadah pakan. Perancangan *hardware* dilakukan dengan menyesuaikan setiap pin pada komponen utama agar sistem berfungsi dengan baik. Desain rangkaian pakan lele ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Desain rangkaian pakan lele

2.2.2 Perancangan *Software*

Software yang digunakan yaitu *MIT App Inventor* yang berfungsi untuk mengontrol servo secara manual melalui koneksi *Wi-Fi*, serta menampilkan status sistem. Tampilan dari aplikasi *MIT App Inventor* terdapat di gambar 2.



Gambar 2. Tampilan aplikasi *MIT App Inventor*

2.3 Pengujian Sistem

Uji dilakukan dalam empat tahap :

- Pengujian waktu RTC terhadap jadwal pakan (07.00 dan 17.00).
- Pengujian kontrol manual melalui aplikasi.
- Pengujian konsumsi daya dan energi dengan pengambilan data 30 sampel.
- Pengujian konsistensi porsi pakan dengan 10 kali percobaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Alat

Uji dilakukan 17 kali setiap jam untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja secara relevan terhadap jadwal yang sudah ditetapkan, yakni pukul 07.00 dan 17.00, selama 2 menit serta dapat dijalankan secara manual. Tabel 1 merupakan hasil dari pengujian alat pakan ikan.

Tabel 1. Pengujian alat pakan ikan

Jam	Posisi servo sesuai program	Posisi servo pengujian	Keterangan
06.00	X	X	Berhasil
06.30	X	X	Berhasil
07.00	Y	Y	Berhasil
07.05	X	X	Berhasil
07.30	X	X	Berhasil
08.00	X	X	Berhasil
09.00	X	X	Berhasil
10.00	X	X	Berhasil
11.00	X	X	Berhasil
12.00	X	X	Berhasil
13.00	X	X	Berhasil
14.00	X	X	Berhasil
15.00	X	X	Berhasil
16.00	X	X	Berhasil
17.00	Y	Y	Berhasil
17.05	X	X	Berhasil
17.30	X	X	Berhasil

X : tidak mengeluarkan pakan

Y : mengeluarkan pakan

$$\begin{aligned}
 \text{persentase berhasil} &= \frac{\text{jumlah berhasil}}{\text{total pengujian}} \times 100\% \\
 &= \frac{17}{17} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Sistem ini bekerja sesuai program waktu yang sudah ditetapkan, yaitu hanya dua kali dalam sehari untuk mengeluarkan pakan, sedangkan pada waktu lainnya servo berada di posisi X sehingga pakan tidak keluar. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme kontrol servo sudah berjalan baik.

3.2 Hasil Pengujian Software

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan bahwa aplikasi *software* berjalan dengan baik dengan menyambungkan *wifi* ke esp32 untuk menjalankan aplikasi MIT App Inventor. Tabel 2 merupakan uji dari aplikasi tersebut.

Tabel 2. Pengujian aplikasi MIT App Inventor

Tombol On/Off	Posisi servo sesuai program	Posisi servo pengujian	keterangan
On	Y	Y	Berhasil
On	Y	Y	Berhasil
On	Y	Y	Berhasil
On	Y	Y	Berhasil
On	Y	Y	Berhasil
Off	X	X	Berhasil
Off	X	X	Berhasil
Off	X	X	Berhasil
Off	X	X	Berhasil
Off	X	X	Berhasil

X : tidak mengeluarkan pakan

Y : mengeluarkan pakan

$$\begin{aligned}
 \text{presentase berhasil} &= \frac{\text{jumlah berhasil}}{\text{total pengujian}} \times 100\% \\
 &= \frac{10}{10} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian dengan tombol *On/Off* sebanyak 10 kali, sistem berhasil mengeluarkan pakan sebanyak 5 kali (50%) ketika tombol dalam kondisi *On* dan servo berada pada posisi Y, sedangkan terjadi 5 kali berhasil (50%)

saat tombol dalam kondisi *Off* dan servo berada pada posisi X sehingga pakan tidak keluar; dengan demikian, sistem dapat dikatakan bekerja dengan baik karena tingkat keberhasilannya mencapai 100%.

3.3 Hasil Pengujian Energi pada *Hardware*

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali untuk memastikan bahwa data diterima dengan waktu dan nilai pengukuran oleh kedua platform konsisten dan sama. Tabel 3 merupakan hasil pengukuran arus dan tegangan servo.

Tabel 3. Pengukuran arus dan tegangan servo

NO	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (mW)	DAYA (W)
1	4,84	0,00036	0,00174	0,000001742
2	4,73	0,00041	0,00194	0,000001939
3	4,72	0,00043	0,00203	0,000002030
4	4,96	0,00041	0,00203	0,000002034
5	4,88	0,00031	0,00151	0,000001513
6	4,78	0,00037	0,00177	0,000001769
7	4,74	0,00041	0,00194	0,000001943
8	4,73	0,00042	0,00199	0,000001987
9	4,71	0,00044	0,00207	0,000002072
10	4,95	0,00032	0,00158	0,000001584
11	4,77	0,00031	0,00148	0,000001479
12	4,74	0,00038	0,00180	0,000001801
13	4,71	0,00042	0,00198	0,000001978
14	4,95	0,00043	0,00213	0,000002129
15	4,85	0,00035	0,00170	0,000001698
16	4,76	0,00034	0,00162	0,000001618
17	4,73	0,00037	0,00175	0,000001750
18	4,71	0,00041	0,00193	0,000001931
19	4,82	0,00043	0,00207	0,000002073
20	4,75	0,00043	0,00204	0,000002043
21	4,73	0,00038	0,00180	0,000001797
22	4,71	0,00035	0,00165	0,000001649
23	4,87	0,00036	0,00175	0,000001753
24	4,85	0,00041	0,00199	0,000001989
25	4,74	0,00043	0,00204	0,000002038
26	4,73	0,00038	0,00180	0,000001797
27	4,71	0,00035	0,00165	0,000001649
28	4,89	0,00038	0,00186	0,000001858
29	4,79	0,00042	0,00201	0,000002012
30	4,74	0,00039	0,00185	0,000001849
data tertinggi	4,96	0,00044	0,00218	0,000002182
data terendah	4,71	0,00031	0,00146	0,000001460
rata rata	4,79	0,000386667	0,00185	0,000001851

Hasil pengukuran sebanyak 30 kali menunjukkan tegangan berada pada kisaran 4,71–4,96 V dengan rata-rata 4,79 V yang cukup stabil. Energi yang digunakan sebesar 0,0000005807994192 Wh dalam waktu 2 menit, yang setara dengan 0,0333333 jam. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang diuji memiliki konsumsi daya sangat rendah dan stabil sehingga efisien serta cocok untuk diaplikasikan pada perangkat hemat energi.

3.4 Hasil Pengujian Porsi Pakan

Pengujian dilakukan dengan mengatur motor servo agar bergerak selama 2 menit, sehingga menghasilkan keluaran pakan sesuai kebutuhan. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan bahwa jumlah pakan yang dikeluarkan konsisten dan sesuai dengan porsi yang telah ditentukan. Tabel 4 merupakan hasil pengukuran pengujian porsi pakan ikan.

Tabel 4. Hasil pengujian Porsi pakan ikan

Waktu servo bergerak	Pakan yang keluar (gram)	Selisih (gram)	Keterangan
2 menit	11,2	0,2	Sesuai
2 menit	10,9	0,1	Sesuai
2 menit	11,0	0	Sesuai
2 menit	11,1	0,1	Sesuai
2 menit	10,8	0,1	Sesuai
2 menit	11,3	0,2	Sesuai
2 menit	11,0	0	Sesuai
2 menit	11,1	0,1	Sesuai
2 menit	10,9	0,1	Sesuai
2 menit	11,00	0	Sesuai

Merujuk pada tabel 4, di dapatkan hasil pengujian sebanyak 10 kali dengan waktu servo bergerak selama 2 menit, jumlah pakan yang keluar berada pada kisaran 10,8–11,3 gram dengan rata-rata sebesar 11,03 gram. Selisih dari target hanya berkisar antara 0–0,2 gram dengan rata-rata 0,09 gram, jika di bandingkan dengan ketentuan dari dinas perikanan sebesar 11 gram, maka masih memenuhi standar perikanan. Sehingga menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik. Semua hasil pengujian mendapatkan keterangan “Sesuai”, yang berarti sistem pemberian pakan otomatis mampu mengeluarkan pakan secara konsisten sesuai kebutuhan dengan deviasi yang sangat kecil dan dapat dikatakan andal.

4. KESIMPULAN

Dari hasil uji serta pengambilan data, bisa disimpulkan bahwa; dari temuan uji dan pengolahan data, bisa disimpulkan alat pemantauan dan pemberi pakan ikan lele berbasis *IoT* dengan mikrokontroller ESP32, RTC, dan motor servo mampu bekerja secara optimal sesuai rancangan. Alat bisa memberikan pakan secara otomatis setiap jam 07.00 dan 17.00 sesuai jadwal yang ditentukan, serta dapat dijalankan secara manual melalui tombol kontrol pada aplikasi yang dirancang menggunakan *MIT App Inventor*. Hasil pengujian porsi pakan menunjukkan rata-rata keluaran sebesar 11,03 gram dengan selisih yang sangat kecil (0–0,2 gram), sehingga masih sesuai dengan standar kebutuhan pakan ikan lele umur 3 bulan. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dan sesuai standar pakan perikanan. Hasil pengujian parameter kelistrikan menunjukan bahwa prototipe membutuhkan rata-rata tegangan 4,79 V dengan arus 0,00039 A agar berjalan dengan stabil, sehingga dapat di artikan prototipe membutuhkan konsumsi energi yang sangat rendah yaitu sekitar $5,8 \times 10^{-8}$ Wh.

5. SARAN

Adapun saran-saran yang penulis pertimbangkan dari hasil penelitian ini untuk pengembangan alat dan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut; Penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur notifikasi pada *smartphone* untuk memberikan informasi ketika pakan sudah dikeluarkan, sehingga pengguna lebih mudah melakukan pemantauan jarak jauh. Perlu dilakukan uji coba untuk periode yang lebih panjang, contohnya beberapa minggu, untuk memastikan keandalan alat pada penggunaan berkelanjutan. Penggunaan sumber daya alternatif Untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, sistem dapat dikombinasikan dengan panel surya atau power bank agar tetap berfungsi saat listrik padam. Integrasi sistem *IoT* lebih luas Pengiriman data ke *platform IoT* seperti *Blynk*, *Firestore*, atau *Thingspeak* dapat diperluas dengan fitur notifikasi otomatis ke *smartphone* pengguna. Uji coba skala lapangan disarankan melakukan pengujian di kolam budidaya ikan lele dengan kapasitas besar, sehingga kinerja alat lebih terukur pada kondisi sebenarnya, bukan hanya di aquarium uji coba.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. W. Aisyah, H. Pujiharsono, and M. A. Afandi, "Sistem Monitoring dan Kontrol Pakan Budidaya Ikan Lele menggunakan NodeMCU berbasis IoT," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.533.
- [2] A. Setiawan *et al.*, "Alat Pemberian Pakan Ikan Otomatis Dan Monitoring Kualitas Air Berbasis Iot," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 8, no. 1, p. 215, 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i1.1261.
- [3] R. Fernanda, T. Wellem, T. Informatika, F. T. Informasi, U. Kristen, and S. Wacana, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IoT 1,2," vol. 9, no. 2, pp. 1261–1274, 2022.
- [4] P. Sabni Gilang Permana, Muhammad Arifin, Abdul Nasar, Farell Muhammad Dava, "DESIGN SISTEM PAKAN IKAN OTOMATIS UNTUK KOLAM IKAN NILA BERBASIS ARDUINO UNO," *J. Humaniora, Sos. dan Bisnis*, vol. 3, no. 1, pp. 64–72, 2025.
- [5] S. Firmansyah, A. F. Setiawan, D. Rudhistiar, F. T. Industri, and I. Lele, "SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PENEBAR PAKAN IKAN LELE BERBASIS IOT," vol. 7, no. 1, pp. 865–872, 2023.
- [6] A. Kurniawan, E. Ferdianyah, L. Wahab, L. Sangkuriang, and P. Ikan, "PERANCANGAN SISTEM PEMBERIAN PAKAN IKAN OTOMATIS UNTUK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus*) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) PADA Design of Automatic Feeding System for Sangkuriang Catfish (*Clarias gariepinus*)," vol. 6, no. 1, pp. 22–32, 2025.
- [7] M. A. R. Sugianto, M. Muhtarom, and A. A. K. Asri, "Implementasi Sistem Pemberian Pakan Ikan Hias Otomatis Menggunakan Esp32 Berbasis IoT (Internet of Things)," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 5, no. 3, pp. 2781–2791, 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i3.1008.
- [8] M. Marwondo, S. Sarjono, and I. Ardiansyah, "Rancang Bangun Perangkat IoT untuk Pengendalian Pakan Pada Budidaya Ikan Hias Cupang (Betta Fish)," *J. Account. Inf. Syst.*, vol. 6, no. 2, pp. 149–161, 2023, doi: 10.32627/aims.v6i2.795.
- [9] S. Pranata, E. A., Fatimah, U., & Sitorus, "Implementasi Penjadwalan Pakan Ikan Air Tawar Otomatis Pada Kolam Menggunakan RTC," *J. Sist. Komput. Triguna Dharma*, vol. 3(4), pp. 139–149, 2024.
- [10] A. Yudamson, M. M. Ridho, and S. Alam, "Perancangan dan Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring Pemberian Pakan Ikan Otomatis Pada Keramba Jaring Apung Menggunakan Modul Komunikasi LoRa Design and Implementation of Control and Monitoring System for Automatic Fish Feeding in Floating Net Cage," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 79–86, 2024.
- [11] Y. Hutabarat, B. F., Peslinof, M., Afrianto, M. F., & Fendriani, "Sistem basis data pemantauan parameter air berbasis Internet of Things (IoT) dengan platform ThingSpeak," *J. Online Phys.*, vol. 8(2), pp. 42–50, 2023.
- [12] A. D. Ramadhani, N. Ningsih, A. Nurcahya, and N. Azizah, "Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.21107/triac.v10i1.17501.
- [13] S. P. Santoso and J. N. Sitohang, "Perancangan Alat Kendali Penabur Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ESP32 Firebase," *J. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 90–103, 2024.